



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUÍMICA

**DISEÑO y CONSTRUCCION  
DE UN DISPOSITIVO PARA  
MEDICION DE  
MAQUINABILIDAD DE  
METALES**

**T E S I S**

**INGENIERO QUIMICO METALURGICO**

**GERARDO LOPEZ PEÑA**

**MEXICO**

**1981**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Se ha llevado a cabo el diseño y construcción de un dispositivo que permite contar con los medios para estudiar el proceso de maquinado en torno de materiales metálicos. Los materiales experimentales fueron: duraluminio comercial, latón 70/30, cobre y acero 1018. Las pruebas se hicieron con un torno con velocidad variable de 90 a 1200 r.p.m.

La investigación fue enfocada a las diferencias presentadas por estos materiales cuando son sometidos a un proceso de corte, el cual es relacionado a la microestructura del material así como también a la relación con la velocidad de corte que fue la única variable.

La técnica empleada fue la observación y análisis de secciones del proceso de corte bajo el microscopio.

Los resultados de este trabajo muestran que el dispositivo cumplió su objetivo. Desde el punto de vista de los materiales se encontró que la velocidad de corte es un parámetro importante en el comportamiento de los materiales bajo las condiciones de trabajo empleadas.

	PAGINA
JUSTIFICACION -----	1
INTRODUCCION -----	2
GENERALIDADES DEL PROCESO -----	6
DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL DISPOSITIVO -----	12
MATERIALES EXPERIMENTALES Y PROCEDIMIENTO -----	14
RESULTADOS Y DISCUSION -----	16
A. DURALUMINIO COMERCIAL	
B. LATON 70/30	
C. COBRE	
D. ACERO 1018	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	21
REFERENCIAS -----	22

	PAGINA
TABLA 1. Velocidades de corte empleadas con los -- materiales experimentales _____	23
FIGURA 1. Diagrama de corte _____	24
2. Herramienta de corte _____	25
3. Diseño del dispositivo _____	26
4. Sección del proceso de corte. _____	27
5. Representación gráfica mostrando las prin cipales características del proceso de -- corte en presencia de un borde acumulado-	28
6. Sección del proceso de corte. Material de trabajo: Duraluminio _____	29
7. Transición de borde acumulado a zona de - flujo aumentando la velocidad de corte ___	30
8. Sección del proceso de corte. Material de trabajo: laton 70/30 _____	31
9. Sección del proceso de corte. Material de trabajo: laton 70/30 _____	32
10. Sección del proceso de corte. Material de trabajo: cobre _____	33
11. Sección del proceso de corte Material de trabajo: cobre _____	34
12. Sección del proceso de corte. Material de trabajo: acero 1018 _____	35
13. Sección del proceso de corte. Material de trabajo: acero 1018 _____	36

### JUSTIFICACION

El costo de operación de herramientas para maquinado en -  
torno es excesivamente alto, siendo esto la principal razón de  
la necesidad que existe para entender este proceso.

El diseño y construcción del dispositivo tienen como fina  
lidad el contar con los medios para poder observar el proceso\_  
de maquinado, en torno, basándonos en la evaluación metalúr---  
gica de este proceso.

## I N T R O D U C C I O N

En un amplio sentido existen dos diferentes clases de procesos de manufactura en el estado sólido: 1) procesos que producen la configuración requerida, con las propiedades mecánicas - necesarias, por medio de una deformación plástica en el cual el material es desplazado y su volumen es conservado y 2) procesos de maquinado que producen la forma final requerida al remover - áreas seleccionadas de la pieza de trabajo al tener un relativo movimiento de la herramienta y la pieza de trabajo aunque si -- bien, usualmente se suministra energía mecánica a los procesos de maquinado, algunos de los nuevos procesos emplean energías - química, eléctrica y/o térmica.

Generalmente el maquinado se usa para producir cierta configuración con buena tolerancia dimensional y acabado de superficie y, con frecuencia, con una geometría compleja. El maquinado es una operación secundaria de proceso, puesto que usualmente es llevado a cabo en una pieza que fue producida por un proceso primario como puede ser laminación en caliente, forja y/o fundición. Más del 80 por ciento de todas las piezas manufacturadas deben ser maquinadas antes de que sean terminadas. La variedad de procesos de maquinado y herramientas de maquinado - que pueden ser empleadas es muy grande. La facilidad con que un metal puede ser maquinado depende principalmente de dos factores:

- a) el proceso empleado y
- b) la microestructura del material por maquinarse.

El primero incluye características tales como el diseño de las herramientas y las condiciones en las que es efectuado el maquinado. Las características microestructurales del metal por maquinarse son determinadas por factores relacionados con la química del material, el proceso de fabricación que afecta las dimensiones, su solidificación, las características de superficie y la solidez de la pieza, los tratamientos que afectan la pureza del metal fundido, impurezas presentes, metálicas y no metálicas, es decir, por factores metalúrgicos por lo que el maquinado de piezas metálicas ha sido erróneamente, solo de interés para los ingenieros mecánicos.

El término maquinabilidad puede ser considerado para implicar que existe una propiedad en el material. Aunque de hecho no existe una clara definición del término, la maquinabilidad puede ser definida como el grado de dificultad de un material para ser maquinado; la maquinabilidad de un material de trabajo normalmente puede ser medida en términos del número de componentes producidos por hora y su costo por pieza o por la calidad del acabado en la superficie.

Un material puede tener buena maquinabilidad por un criterio pero mala por el otro: a) cuando varía el tipo de operación, b) cuando las condiciones de corte o las herramientas son cam--

biadas. Para tratar esta situación, el concepto de maquinabilidad es evaluado en términos de los siguientes cinco criterios - que actualmente se utilizan en la literatura y se intenta explicar el comportamiento del metal durante el maquinado en términos de la composición y microestructura.

#### 1. Desgaste de la herramienta.

Este es el término que regularmente está más relacionado con maquinabilidad. La rapidez con la cual la herramienta se desgasta, bajo ciertas condiciones de corte - (velocidad y profundidad de corte, etc.), determina la frecuencia con la cual son requeridos ajustes y/o reemplazo de ésta llevando asociado el tiempo necesario para la operación. La vida de la herramienta, como medida de maquinabilidad, es la cantidad de material removido por la herramienta, bajo condiciones regulares de corte, antes de que el comportamiento de la herramienta llegue a ser inaceptable, o sea que la herramienta este desgastada.

#### 2. Virutas.

La longitud de las virutas determinará la facilidad para ser removidas; ya que si estas son continuas, implica que existe una mayor área de contacto entre la viruta y la herramienta provocando fricción y por consecuencia un desgaste de la herramienta.

3. Acabado de superficie.

El acabado de superficie es el grado de tersura obtenido en una superficie después de ser maquinada; este acabado superficial está relacionado con el desgaste de la herramienta, la zona acumulada en la punta de corte y con el material por maquinar.

4. Zona acumulada en la punta de corte.

La tendencia del material de la pieza de trabajo a adherirse en la punta de corte de la herramienta (también - relacionado a ciertas condiciones de maquinado) afecta directamente la capacidad para tener un control dimensional y obtener un buen acabado superficial.

5. Requerimientos de trabajo de la máquina.

Las fuerzas generadas durante el maquinado afectan la vida de la herramienta y los requerimientos de potencia de la máquina-herramienta. Otra vez, los requerimientos de trabajo son afectados por las condiciones de maquinado.

Las herramientas de maquinado generan superficies en dos -- caminos: 1) usando una forma de herramienta con la misma forma - a producir en la superficie, y 2) haciendo recorrer la herramien - ta a lo largo de la pieza de trabajo aplicando una profundidad - de corte; el movimiento principal o primario dado por la máquina para causar el movimiento relativo entre la herramienta y la pie - za de trabajo ocasiona que la punta de corte de la herramienta - se acerque a la pieza de trabajo. El movimiento secundario es el de recorrido a lo largo de la pieza de trabajo el cual puede ser dado por la herramienta y/o la pieza de trabajo que, sumado al - movimiento primario, da como resultado una acción repetitiva de - removido de material y la creación de una superficie con la geo - metría deseada. Esto último es lo que centra nuestra atención en este trabajo.

El entendimiento del proceso de corte de metales se facili - ta considerando la energía involucrada al cortar el metal (apén - dice 1). En la figura 1 vemos el proceso primario de remoción de material. Este da un intenso cizallamiento cuando el material -- cambia de dirección para fluir paralelamente a la cara de inci - dencia de la herramienta, figura 2; esto ocurre sobre un área -- muy pequeña, representada por un plano; la inclinación  $\beta$  de este plano con respecto a la dirección de corte es el parametro que - caracteriza el proceso.

En la mayoría de las operaciones de trabajo de metales la geometría es predeterminada, pero en maquinado el plano de corte no está constricto. La forma del material removido, las --- fuerzas de corte y la energía para remover el metal, dependen - del ángulo del plano de corte, el cual también es dependiente - del material de trabajo.

Sumado a este plano de corte, usualmente hay una región de corte secundario sobre la cara de incidencia de la herramienta\_ y esta ejerce una fuerte influencia en el ángulo del plano de - corte,  $\beta$ ; si el ángulo de incidencia de la herramienta se incre-menta, el plano de corte penetra aún más a la pieza de trabajo\_ y removemos material más delgado.

La teoría se encuentra aún incompleta; los factores deter-minantes del proceso no son conocidos pero se ha logrado progresar en el estudio de los procesos de maquinado siguiendo una -- técnica empírica. La facilidad de un material para ser maquina-do puede ser relacionada a la microestructura del metal; son im-portantes las características microestructurales para relacio-nar o predecir las cualidades de maquinado de un material dado; por lo tanto, para considerar la maquinabilidad de un material\_ se debe incluir un estudio de su microestructura.

El proceso de maquinado es realmente una operación de tra-bajado en frío considerando solamente el cizallamiento en el --

plano primario de corte, pero cuando material de trabajo se --- adhiere a la punta de corte de la herramienta (zona acumulada), la zona de corte secundario parece ser controlada por un proceso de trabajado en caliente debido a la fricción que se genera entre el material adherido a la punta de corte con la viruta -- que esta circulando hacia fuera del sistema. La punta de corte de la herramienta remueve el material maquinado y el proceso se facilita si se forman pequeñas grietas justamente adelante de - la punta de corte debido a las altas concentraciones de tensiones.

Aleaciones muy dúctiles no se maquinan bien porque no producen, fácilmente, fracturas locales bajo la presión de la herramienta de corte. En su lugar, la viruta de dichas aleaciones se esparce bajo la presión de la herramienta y fluye alrededor de la punta de corte, cubriéndola. Este material queda adherido firmemente a la herramienta provocando que exista fricción entre esta y el material removido; de hecho es responsable de elevar la temperatura de la herramienta y finalmente de la destrucción de la punta de corte; por lo tanto una aleación frágil será más propia para ser maquinada que una dúctil; sin embargo, - algunos materiales pueden ser llevados a una condición más maquinable por 3 diferentes medios:

1. La presencia de un constituyente que al existir como -- partículas aisladas en la microestructura tiene el efecto

to de concentrar las tensiones en la zona de corte toca el material produciendo grietas; por lo tanto, una grieta minúscula viajará desde la punta de corte a la partícula en cuestión, provocando la reducción de fricción entre la herramienta y la viruta, y la reducción de potencia de la máquina. Aún más, debido a la discontinuidad introducida por las partículas, la viruta será discontinua en lugar de larga y espiral, obtenida cuando un material dúctil es maquinado; de hecho, algunos de los materiales de corte libre, tales como la latón con plomo, etc., la viruta tiende a pulverizarse.

2. Un tratamiento térmico conveniente antes de llevar el material a la operación de maquinado; un ejemplo de esto son los aceros de bajo carbón en la condición de normalizado. Este tratamiento produce pequeñas zonas de perlita la cual rompe la continuidad de la ferrita provocando que se comporten como concentradoras de tensiones durante el maquinado.
3. Un trabajado en frío antes del maquinado. El material surtido en forma de barra para operaciones de maquinado es usualmente trabajado en frío. Esta operación nos lleva a mejorar su maquinabilidad por medio de la reducción de la superficie de la barra, ocasionando con esto que su resistencia a ser deformado se incremente, o sea

Materiales muy duros, como aceros con alto contenido de - carbón, resultan más difícilis de maquinar porque necesitan ma yores fuerzas para causar el cisallamiento y la punta de la he rramienta de corte se deforma. Estos aceros pueden ser maquina dos si la cementita es concentrada en pequeñas y aisladas ma-- sas y estas a su vez son dispersadas en la ferrita, que es --- blanda. El trabajo requerido para cisallar el material y la vg locidad de corte provocan que la temperatura se eleve, y se -- produce un ablandamiento del material de herramienta lo cual - limita el maquinado de materiales, tales como aceros y fundi-- ciones.

Las pruebas experimentales en este trabajo se efectuaron\_ con el objeto de definir la velocidad de corte mas alta con lo cual el dispositivo puede ser empleado para cada uno de los ma teriales experimentales así como también observar las diferen- cias en el proceso cuando estos materiales son cortados con la velocidad de corte mas baja posible dada por el torno (----- 90 r.p.m.). Tabla 1.

La maquinabilidad de los materiales puede ser evaluada -- usando el criterio de vida de la herramienta, o sea, la canti- dad de material removido por la herramienta de corte antes de\_ que el comportamiento de ésta llegue a ser inaceptable. Este -

criterio de vida de la herramienta esta relacionado con la velocidad de corte y debido a que la profundidad de corte y la velocidad de alimentación de la herramienta fueron conservadas constantes, la velocidad de corte es la única variable en la cual la cantidad de material removido es dependiente. Esta relación es como sigue:

w= Profundidad de corte

f= Velocidad de alimentación

v= Velocidad de corte

t= tiempo

Volumen de material removido = f.w.V.t

y como "f" y "w" son constantes

Volumen de material removido = K.V.t

## DISÑO Y CONSTRUCCION DEL MAFURDIAVO.

El objetivo de este trabajo, como ya se mencionó, es la observación y evaluación metalúrgicas del proceso de deformación que sufre un material metálico en una operación de maquinado en torno. Este proceso se encuentra representado en la figura 1.

Normalmente, cuando el torneado es suspendido, la herramienta de corte se separa de la pieza de trabajo después de parar el mecanismo de alimentación que mueve la herramienta a lo largo de la pieza de trabajo y que ésta ha cesado de rotar. Pero esta suspensión en la operación de corte es, relativamente, larga en tiempo, lo que no permite que la viruta que se forma quede ligada a la pieza de trabajo y así poder observar el proceso de deformación desde su inicio en el plano de corte AB, -- (figura 1).

Por lo expuesto, la finalidad del dispositivo es separar rápidamente la herramienta de corte lejos de la pieza de trabajo, dejando la viruta donde se forma. La viruta y una pequeña cantidad de material alrededor de su raíz son cortados y montados para pulido, ataque y posterior examinación en el microscopio.

Esto nos lleva a considerar 4 funciones que la máquina-herramienta debe cumplir:

- a) sujeción de la pieza de trabajo
- b) sujeción de la herramienta de corte
- c) movimiento de la pieza de trabajo, la herramienta de corte o ambas, para dar la velocidad de corte y
- d) darle a una u otra la velocidad de alimentación.

Los dos primeros factores son muy importantes para el diseño del dispositivo; las partes tienen que sujetarse en el proceso de maquinado para que puedan equilibrar las fuerzas generadas por el corte. De aquí se desprende que la sujeción de la pieza de trabajo y en especial de la herramienta de corte, sea lo más simple posible, siendo necesario que la resistencia del montaje sea lo suficientemente fuerte para que pueda cortar lo que se requiera.

El diseño del dispositivo es esencialmente un soporte de la herramienta de corte que está sujeto a la presión de un resorte y detenido por un seguro, el cual, al ser liberado permite que la herramienta de corte se desplace lejos del punto de corte con la suficiente velocidad para dejar la viruta adherida a la pieza de trabajo.

El diagrama del dispositivo es mostrado en la figura 3.

El material empleado para la construcción del dispositivo fue un acero 1040 en la condición de laminado en frío.

Cuatro materiales fueron seleccionados para cubrir diferentes comportamientos de corte. 1) Duraluminio comercial, 2) Iatón 70/30, 3) Cobre y 4) Acero 1018. Todos fueron usados en barras de 19.15 m.m. (3/4 pulgadas) de diámetro siendo este un parámetro no crítico. El material de la herramienta fue un acero de alta velocidad al cobalto designación BM34. Este acero tiene como principales características la retención de su dureza y resistencia a la deformación a altas temperaturas; esto último -- significa que el material de la herramienta es tenaz y soportará los esfuerzos que actúan sobre éste. Esta cualidad es más importante todavía cuando se trabaja con corte interrumpido que da lugar a fuertes choques contra el filo de la herramienta.

Las pruebas fueron realizadas sin lubricante (en seco) y la siguiente geometría de la herramienta de corte fue utilizada: ángulo de ataque  $76^{\circ}$ , ángulo de viaje frontal  $6^{\circ}$ , ángulo de viaje lateral  $6^{\circ}$ , ángulo de incidencia frontal  $14^{\circ}$ , ángulo de incidencia lateral  $0^{\circ}$ , ángulo de claro frontal  $6^{\circ}$ , ángulo de claro lateral  $6^{\circ}$ , radio de la nariz 0.38 m.m. La velocidad de alimentación o de avance de la herramienta de corte a lo largo de la barra fue de 0.26 m.m. (0.01 pulgada) por revolución y -- una profundidad de corte de 1.27 m.m. (0.05 pulgada) fueron usados en todas las pruebas, siendo posible ajustar estos factores según el torno de que se disponga.

Las condiciones anteriores fueron escogidas para así poder observar el proceso de deformación ya que los valores de los ángulos dados, cuanto menores sean, tanto mayores serán las deformaciones que sufrirá la viruta, aunque también cabe mencionar que mayores serán los esfuerzos aplicados para cortar y mayor el consumo de la potencia.

Las pruebas de corte fueron conducidas en un torno marca Sánchez & Blans, modelo C. R, motor 1/2 H.P. y cuyo rango de velocidad es 90 a 1200 r.p.m. bajo las condiciones antes citadas, debido a que es el único equipo disponible en los laboratorios de Metalurgia de la Facultad de Química.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El tiempo de corte empleado en cada una de las pruebas fue de 30 segundos, dando lugar a que el proceso de corte se estabilizara y, además, evitando que la herramienta tuviese un desgaste tal, que cambiara su geometría cesando de cortar eficiente o completamente.

Las pruebas se efectuaron para definir la velocidad de corte más alta con la cual el dispositivo puede ser empleado para cada uno de los materiales experimentales así como también observar las diferencias en el proceso cuando estos materiales -- son cortados con la velocidad de corte más baja posible dada -- por el torno (90 r.p.m.). tabla 1.

En seguida se analizará el comportamiento de cada uno de los materiales experimentales cuando son sometidos a un proceso de maquinado en torno.

### DURALUMINIO COMERCIAL.-

Las condiciones de corte a baja velocidad de corte ( ----  $5.41\text{m min}^{-1}$  ) produjeron la formación de un borde acumulado en la punta de la herramienta. Esta es la condición cuando material de trabajo se adhiere a la punta de la herramienta cambiando la geometría de esta, pues altera los ángulos del filo, además de que produce una superficie mal acabada en el material no

deformado, lo cual, es indeseable.

Este borde acumulado desplaza la viruta de un contacto directo con la herramienta; esto se muestra en la figura 4, la cual es una muestra obtenida del duraluminio comercial usando una velocidad de corte de  $5.41 \text{ m min}^{-1}$ . El borde acumulado no es un cuerpo separado de metal durante el proceso de corte; -- (diagramáticamente puede ser observado en la figura 5). La nueva superficie empieza a generarse en el punto "A" y la superficie inferior de la viruta en el punto "B", pero entre estos dos puntos el borde acumulado y el material de trabajo son un cuerpo continuo de material no separado por superficies libres. -- En otras palabras, la zona de cizallamiento ha sido transferida de la superficie de la herramienta a la parte superior del borde acumulado.

Este borde acumulado consiste de capas sucesivas de material de trabajo altamente endurecidas por una severa deformación tal, que es capaz de resistir las tensiones de compresión impuestas por la acción del corte. El tamaño del borde acumulado no se incrementa indefinidamente, parte del borde acumulado continuamente es cizallado y llevado por la cara lateral y/o -- por la parte inferior de la viruta como se observa en la figura 5. El borde acumulado no solo reduce el área de contacto sobre lo cual la zona de cizallamiento tiene lugar, sino también separa la viruta de la cara de incidencia y con ella la misma zona de cizallamiento.

El borde acumulado varía de acuerdo con la velocidad de corte. A baja velocidad, el borde acumulado es corto pero alto y cuando se incrementa la velocidad de corte, la parte más alta de este se desplaza hacia atrás y resulta en un borde más largo, figura 6. Esto sugiere que el borde acumulado tiende a desaparecer al incrementar la velocidad de corte para ser reemplazado finalmente por una zona de flujo en la cara de incidencia en la herramienta, figura 7.

Otro de los efectos que tiene el borde acumulado es con respecto a la viruta. En el caso del duraluminio cortado a baja velocidad ( $5.41 \text{ m min}^{-1}$ ) la viruta es delgada en comparación con la que es formada a alta velocidad de corte ( $28.88 \text{ m min}^{-1}$ ) y esto es debido a que el borde acumulado provoca que al ángulo del plano de corte se incremente dando lugar a una viruta más delgada.

Latón 70/30.- Se considera que el latón tiene una facilidad para ser maquinado debido a que este material al ser llevado a un proceso de corte produce unas virutas que tienden a ser polvo evitando así con esto que exista fricción entre la viruta y la cara de incidencia de la herramienta. Esto puede observar en las figuras 8 y 9 donde se confirma lo anterior.

El latón que fue cortado con una velocidad de corte de  $5.41 \text{ m min}^{-1}$  presentó un borde acumulado, pero en este caso ---

es alargado y no tiene gran altura; el borde acumulado, al ser aumentada la velocidad de corte, prácticamente desaparece dejando una zona de flujo puro.

Cobre.- El cobre al ser maquinado a baja velocidad presenta, - debido a su alta ductilidad, una viruta gruesa. Esto trae como consecuencia que la viruta quede fuertemente adherida y sea difícil de desalojar del sistema al tener un fuerte contacto con la cara de incidencia de la herramienta de corte, dejando una superficie opaca y rugosa. Por esto el cobre tiene poca maquinabilidad. En las figuras 10 y 11 se muestra el proceso de corte en cobre a baja ( $5.41\text{m min}^{-1}$ ) y alta velocidad de corte --- ( $45.12\text{m min}^{-1}$ ) respectivamente. Aquí se observa claramente como al aumentar la velocidad de corte disminuye el grosor de la viruta. El cobre al ser un material muy dúctil, tiene un bajo coeficiente de fricción lo cual, promueve la formación de una viruta continua (apéndice II) que produce el deslizamiento de ésta por toda la cara de incidencia de la herramienta sin ser fracturada. En este caso la superficie generada es tersa en -- contraposición a la presencia de un borde recargado.

Acero 1018.- El proceso de corte de este material produce una viruta continua. Las figuras 12 y 13 muestran el proceso - básico que tiene lugar en la deformación del metal en el corte. ya sea a baja ( $5.41\text{m min}^{-1}$ ) o alta ( $28.88\text{m min}^{-1}$ ) velocidad de corte, el acero 1018 tiene un bajo ángulo del plano de corte -

con gran severidad en el cisallamiento primario y también una -  
extensa deformación del metal adyacente a la cara de la herra--  
mienta la cual es asociado a un alto grado de fricción.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El dispositivo cumplió satisfactoriamente su objetivo: pa-  
rar la operación de corte rápidamente para así dejar adherida\_  
la viruta al material de trabajo permitiendo con esto obtener -  
muestras para ser observadas al microscopio y analizar el proco  
so de deformación que sufre un material metálico al ser some---  
tido a un proceso de maquinado en torno.

El comportamiento de ciertos materiales durante su maqui--  
nado presenta un borde acumulado, el cual varía en su forma con  
la velocidad de corte siendo este más pronunciado cuando la ve-  
locidad es baja y desaparece al aumentar la velocidad de corte\_  
quedando una zona de flujo.. El borde acumulado también afecta\_  
la viruta siendo esta delgada con la presencia de este.

Por lo anterior se recomienda el uso del dispositivo para\_  
estudiar las propiedades de maquinado de distintos metales y --  
aleaciones desde el punto de vista metalúrgico para que esto so  
lucione problemas en el campo práctico y así aumentar producti-  
vidad en esta área tan importante: El proceso de acabado, ma--  
quinado.

- 1.- E.M. TRENT  
Metal Cutting  
Butterwoths, Great Britain. 1977.
- 2.- E. C. Rollason  
Metallurgical Research on Machining at the University of  
Birmingham. Iron and Steel Institute and Inst. Metals --  
Conference.  
London 1965.
- 3.- Metals Handbook, ASM, vol. 3 y vol. 7.
- 4.- G. E. Dieter  
Mechanical Metallurgy, 2<sup>da</sup> Edición  
Mc Graw-Hill. 1976.
- 5.- J. N. Alexander & R. C. Brewer  
Manufacturing Properties of Materials  
Van Nostrand Reinhold Company  
London 1971
- 6.- E. Paul Degarmo  
Materials and Processes in Manufacturing 5<sup>a</sup> Edición  
Macmillan Publishing Co. 1974.
- 7.- G. López Peña  
The comparative machinability of ductile Ni-Resist Cast Irons.  
Department of Industrial Metallurgy, University of Birmingham,  
1980.  
No publicado.

**TABLA 1**

<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD DE CORTE m/min</b>	
	<b>MINIMA</b>	<b>MAXIMA</b>
<b>DURALUMINIO COMERCIAL</b>	<b>5.41</b>	<b>28.88</b>
<b>LATON</b>	<b>5.41</b>	<b>13.84</b>
<b>COBRE</b>	<b>5.41</b>	<b>45.12</b>
<b>ACERO 1018</b>	<b>5.41</b>	<b>28.88</b>

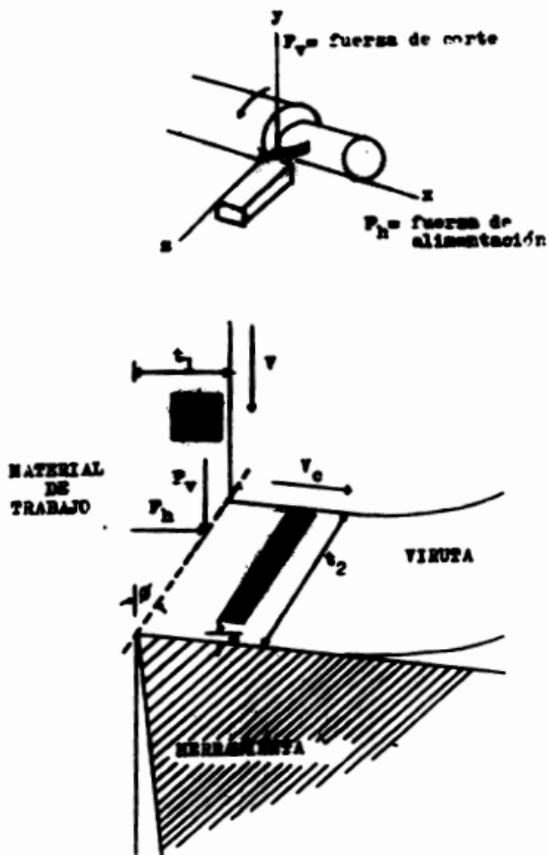


FIGURA 1. Diagrama del proceso de corte.

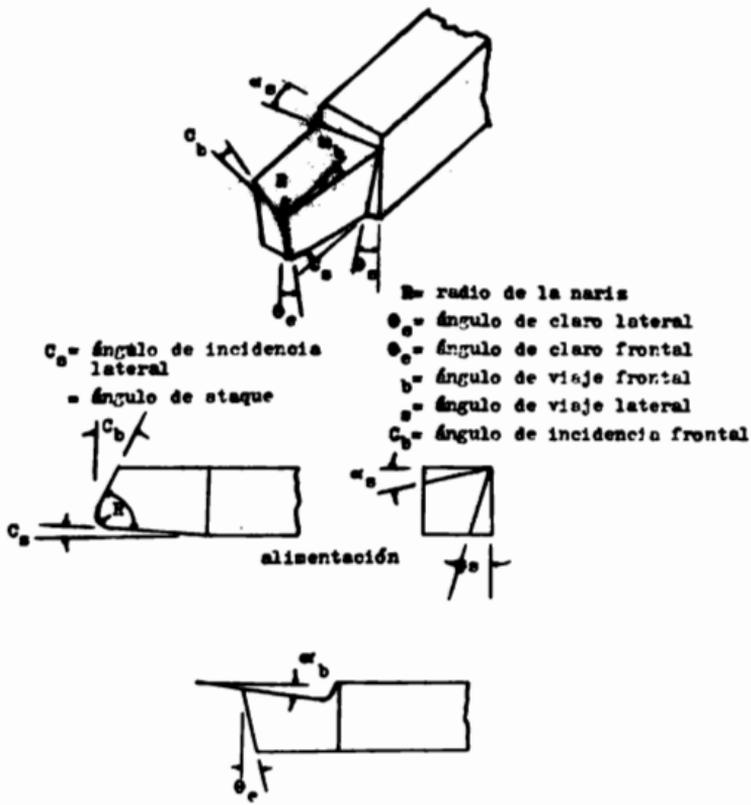


FIGURA 2. Terminología de una herramienta de corte.

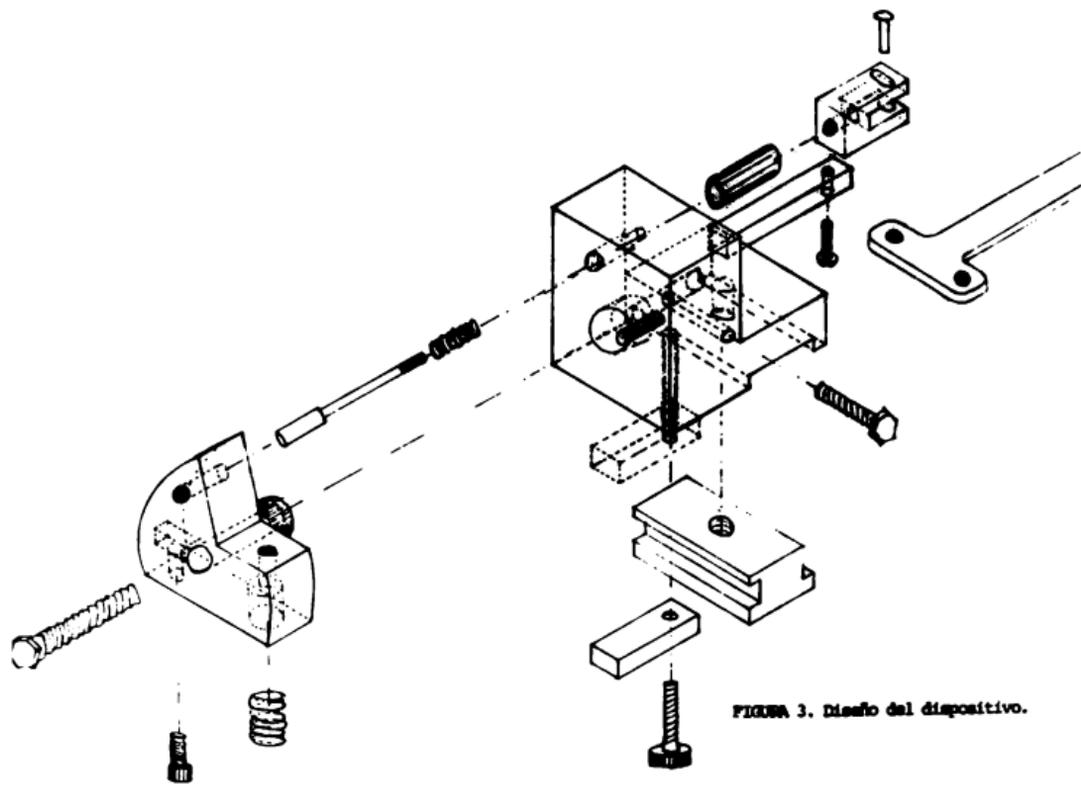


FIGURA 3. Disegno del dispositivo.



FIGURA 2-3. El dispositivo montado en el torno.

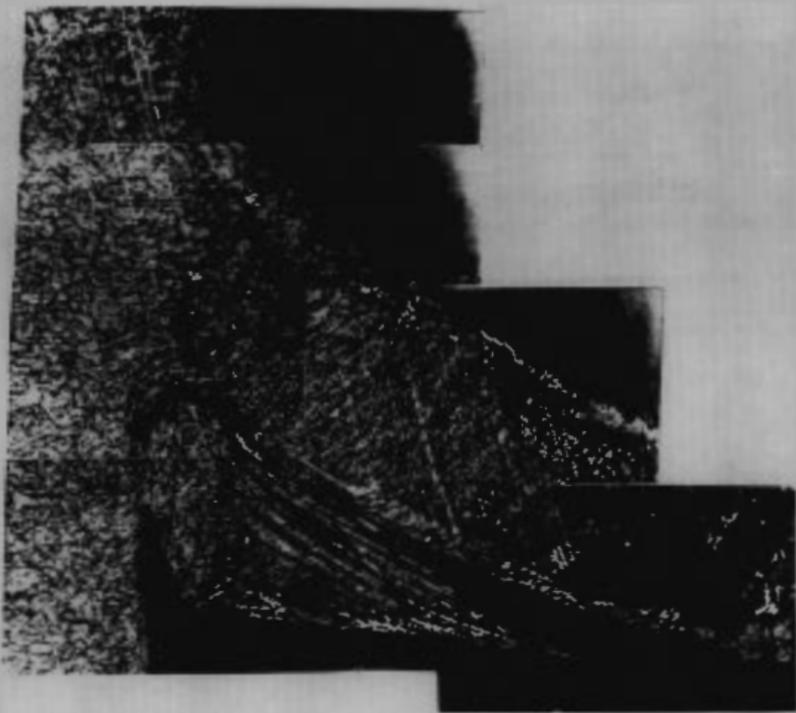


FIGURA 4.- Fotomicrografía mostrando la zona acumulada. Material: duraluminio comercial velocidad de corte ---- 5.41 m/min. El borde acumulado desplaza la viruta - de un contacto directo con la herramienta.  
Ataque en HF al 5%. X 125

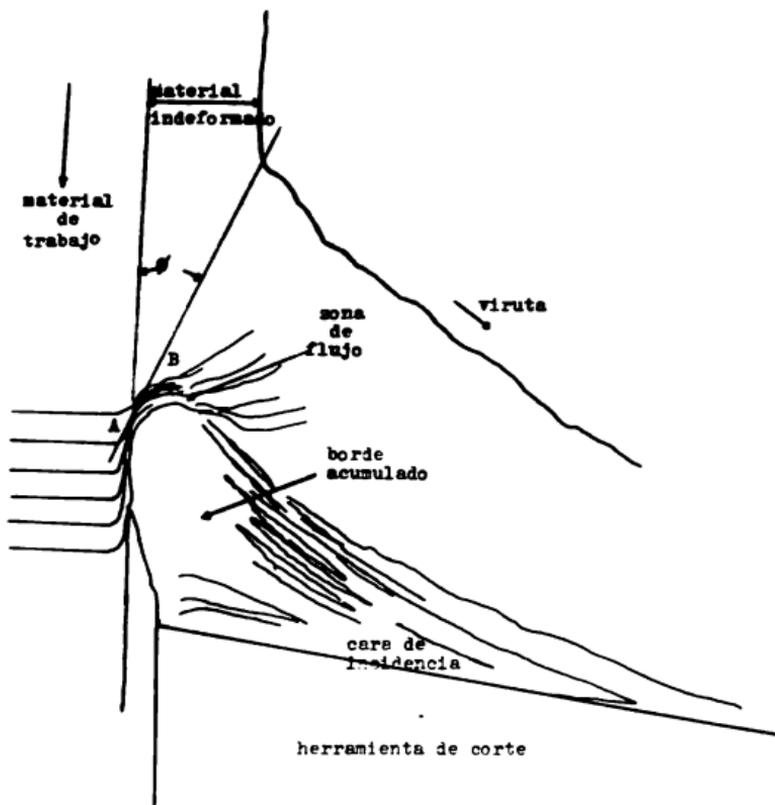
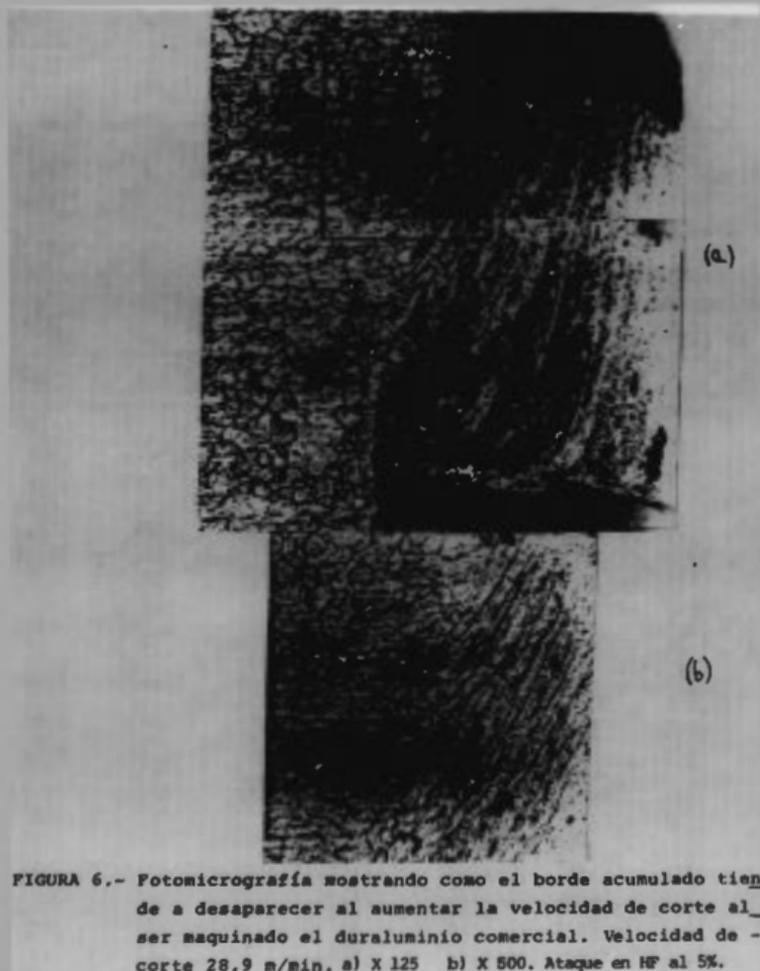
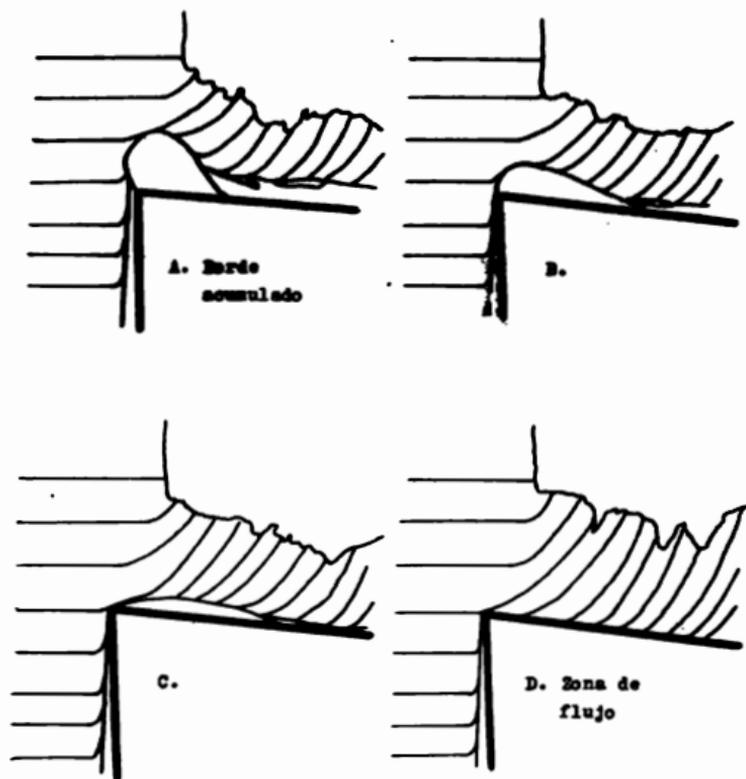


FIGURA 5. Representación gráfica mostrando las principales características del proceso de corte en presencia de un borde acumulado.





**FIGURA 7.** Transición de borde acumulado a zona de flujo

al aumentar la velocidad de corte

A. baja velocidad

B. alta velocidad



FIG. 8.- Fotomicrografía mostrando como existe un borde acumulado largo y de baja altura al cortar un latón con una velocidad de corte 5.41 m/min. Ataque en  $\text{HNO}_3$ . X 125.

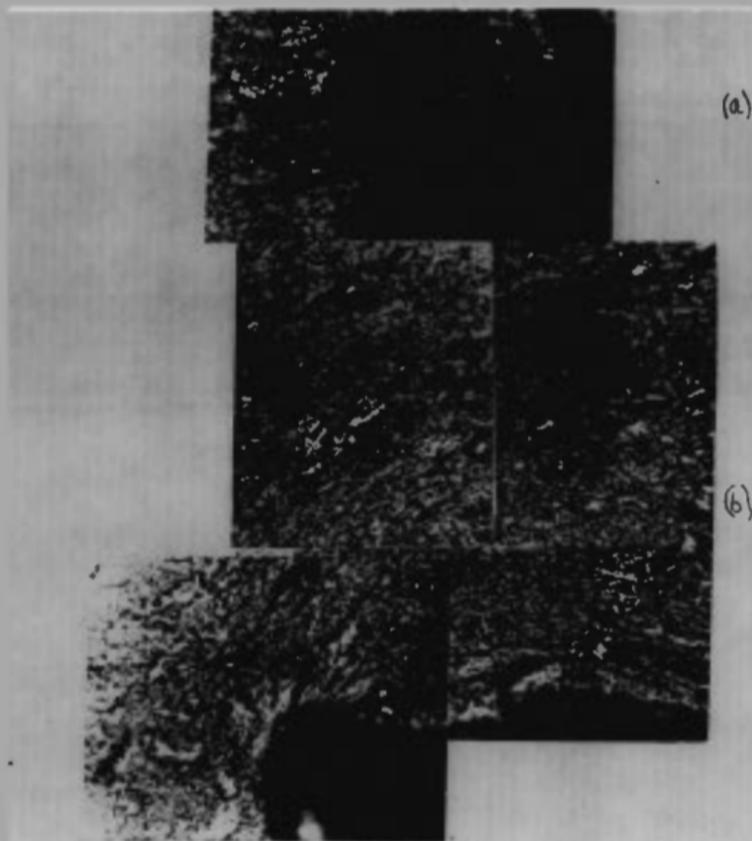


FIGURA 9.- Fotomicrografía del proceso de corte en un latón a una velocidad de corte  $13.84 \text{ m. min}^{-1}$ . No se aprecia la presencia de una zona acumulada en la punta de -- corte. a) X 125 b) X 500. Ataque en  $\text{HNO}_3$ .

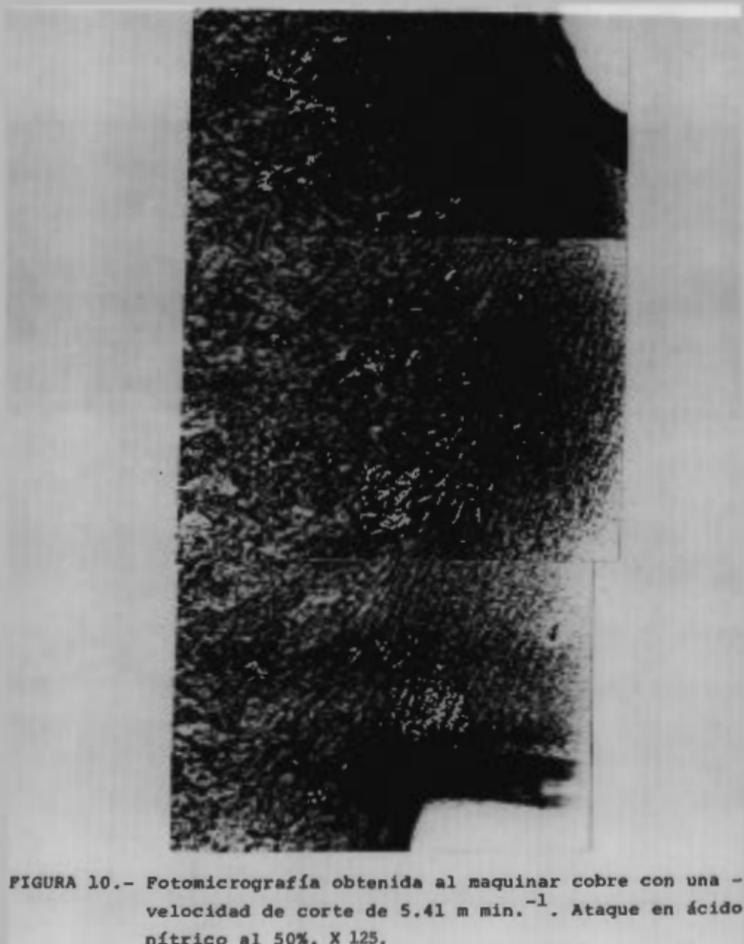


FIGURA 10.- Fotomicrografía obtenida al maquinar cobre con una -  
velocidad de corte de  $5.41 \text{ m min.}^{-1}$ . Ataque en ácido  
nitríco al 50%. X 125.

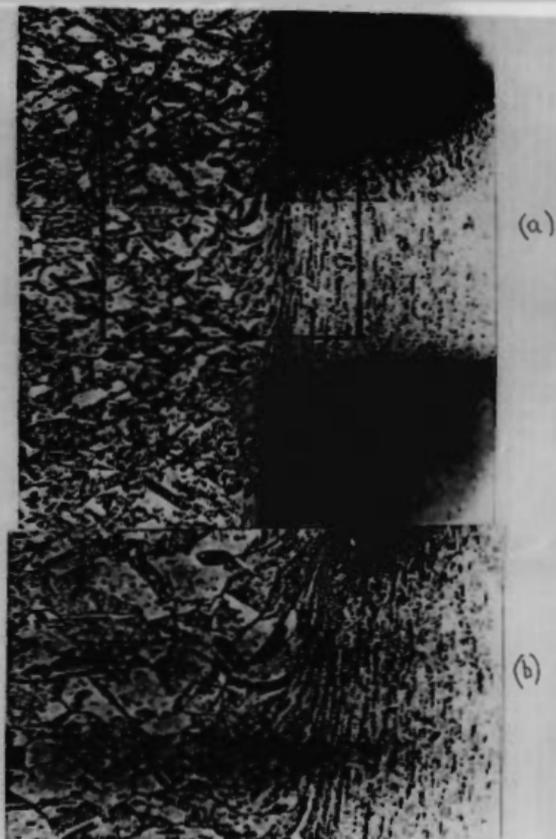


FIGURA 11.- Fotomicrografía donde se observa el proceso de corte en cobre y un detalle mostrando el inicio de deformación y flujo de la estructura velocidad de corte -  $45.12 \text{ m min.}^{-1}$ . Ataque en  $\text{HNO}_3$  al 50%. a) X 125 — b) X 500.

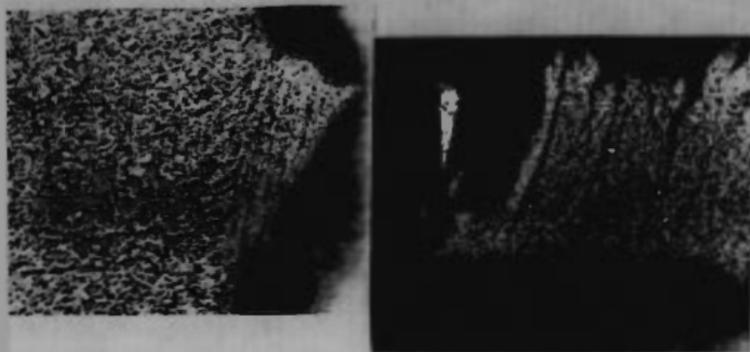


FIGURA 12. Proceso de corte en un acero 1018. Velocidad de corte  $5.41 \text{ m min.}^{-1}$ , atacado en Nital 2. x 125.



FIGURA 13.- Viruta continua formada al someter a un proceso de corte un acero 1018 con una velocidad de corte ---  $28.9 \text{ m min.}^{-1}$ ; ataque en nital 2. X 125.

### APENDICE I.

V = velocidad de corte

$F_v$  = Fuerza de corte

$F_h$  = Fuerza de alimentación

A = Area de contacto viruta-herramienta

$T_c$  = Tensión de corte en la cara de incidencia =  $F_h/A$

$T_n$  = Tensión principal de compresión =  $F_v/A$

$T_1$  = Espesor de la viruta no-deformada (alimentación)

$T_2$  = Espesor promedio de la viruta

$\beta$  = Angulo del plano de corte =  $\frac{t_2/t_1 - \sin \alpha}{\cos \alpha}$

$\alpha$  = Angulo de incidencia

$A_s$  = Area del plano de corte =  $t_1 \cdot w / \sin \beta$

w = Ancho de la viruta (profundidad de corte)

$F_s$  = Fuerza en el plano de corte =  $F_v \cos \beta - F_h \sin \beta$

$T_s$  = Tensión en el plano de corte =  $F_s/A_s$

$V_c$  = Velocidad de la viruta =  $V \cdot \tan \beta$

$dw_r/dt$  = cantidad de trabajo en la cara de incidencia =  $F_h \cdot V_c$

$V_s$  = cantidad de deformación en el plano de corte =  $V/\cos \beta$

$dw_s/dt$  = cantidad de trabajo en el plano de corte =  $F_s \cdot V_s$

$\xi$  = Deformación =  $\frac{\cos \alpha}{\sin \beta \cos (\beta - \alpha)}$

APENDICE II

TIPOS DE VIRUTA PRODUCIDA POR MAQUINADO

- a) Continua                      b) borde acumulado                      c) Discontinua

