

139 29



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESTUDIO DE LA FABRICACION DE  
MAQUINARIA PARA GUITARRA EN  
MEXICO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE;

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A N

**MARIO VIDALES MARTINEZ**

**JOSE LUIS AGUILAR ROA**

**DIRECTOR: M.C. ARTURO BARBA PINGARRON**



MEXICO, D. F.

1990



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.

# **I N D I C E**

## **I.- INTRODUCCION.**

## **II.- ANTECEDENTES.**

**2.1.- PRESENTACION DEL PROBLEMA.**

**2.2.- BUSQUEDA DE INFORMACION.**

## **III.- EXPERIMENTACION.**

**3.1.- ESTUDIO METALOGRAFICO ( MICROESTRUCTURA )**

**3.2.- DUREZA Y MICRODUREZA.**

**3.3.- RECUBRIMIENTO METALICO.**

**3.4.- MEDICION DEL ESPESOR DE RECUBRIMIENTO METALICO.**

**3.5.- ANALISIS POR MEDIO DE MICROSONDA.**

**3.6.- ANALISIS POR MEDIO DE RAYOS INFRARROJOS.**

## **IV.- PROPUESTA DE DISEÑO Y FABRICACION DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MAQUINARIA PARA GUITARRA.**

**4.1.- FABRICACION DE LA PLACA BASE. (TROQUELADO, ESTAMPACION, DOBLADO).**

**4.1a.- INTRODUCCION.**

**4.1b.- CONSIDERACIONES GENERALES.**

**4.2.- CINTA DE OPERACIONES.**

**4.3.- MATRIZ PROGRESIVA PARA LA OBTENCION DE LA PIEZA.**

**4.4.- MATERIALES EMPLEADOS.**

**4.5.- ENGRANAJE TORNILLO SIN-FIN Y CORONA.**

**4.5a.- INTRODUCCION.**

**4.5b.- CALCULOS.**

**4.5c.- MATERIALES EMPLEADOS.**

**4.5d.- RUTAS DE PROCESO.**

**V.- PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.**

**5.1.- ESTUDIO METALOGRAFICO.**

**5.2.- DUREZA Y MICRODUREZA.**

**5.3.- RECUBRIMIENTO METALICO.**

**5.4.- MEDICION DE ESPESOR DE RECUBRIMIENTO METALICO.**

**5.5.- MICROSONDA.**

**5.6.- RAYOS INFRARROJOS.**

**5.7.- FABRICACION DE LA PLACA BASE.**

**5.8.- ENGRANAJE TORNILLO SIN-FIN Y CORONA.**

**VI.- CONCLUSIONES.**

**TABLAS DE CONSULTA AUXILIARES.**

**BIBLIOGRAFIA.**

## I. INTRODUCCION.

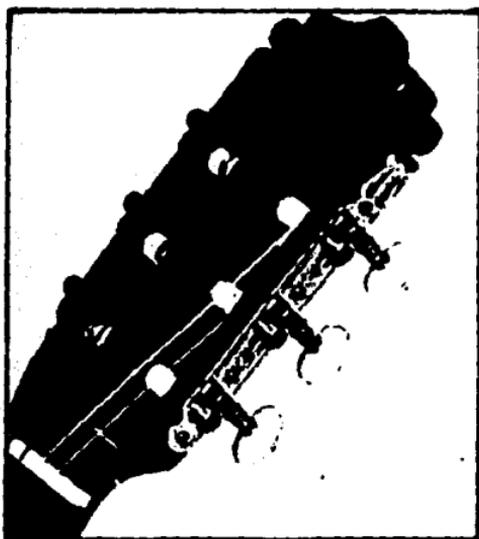
Este trabajo nace de la necesidad de satisfacer la demanda de un sector que conforman cientos de pequeñas industrias dedicadas a la fabricación de instrumentos musicales de cuerda y que necesariamente tienen que consumir maquinaria para guitarra.

La función de la maquinaria es la de tensar las cuerdas para así lograr la tonalidad requerida. Si ésta tiene buena calidad y apariencia, logra hacer que el instrumento resalte.

En el presente trabajo se hace un estudio para ver la posibilidad de fabricar la maquinaria para guitarra en México, para lo cual se recurre a diversos ensayos, pruebas, etc., pretendiéndose lograr una aceptable calidad, además de un costo bajo, y así de alguna manera contribuir al desarrollo del país.

El nombre que se le asigna a este producto en México es el de maquinaria para guitarra, en E.U. y otros países recibe el nombre de machine heads. Para este trabajo usaremos el de maquinaria para guitarra.

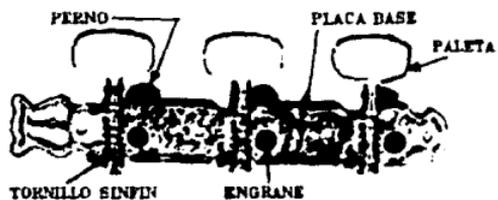
A continuación se muestran fotografías que describen la ubicación y apariencia de la maquinaria para guitarra, así como también sus diferentes partes que la componen.



**FIG. 1.1** *Ubicación de la maquinaria para guitarra.*



**FIG. 1.2** Maquinaria para guitarra.



**FIG. 1.3** Principales partes de la maquinaria para guitarra.

## II.- ANTECEDENTES.

### 2.1.- Presentación del problema.

Como se mencionó antes, la maquinaria es una parte que cumple funciones ligadas al ajuste de tenacidad y al aspecto estético del instrumento.

En la actualidad la demanda de maquinaria se satisface de dos maneras:

- a.- Consumo de productos nacionales (maquinaria del país).
- b.- Consumo de productos importados (maquinaria japonesa o alemana).

La alternativa de consumir en estos momentos productos nacionales acarrea las siguientes desventajas:

Costo elevado, (aunque menor que el importado) y mala calidad de la maquinaria. La mala calidad se revela de la siguiente manera:

- 1.- Mala calidad de la placa base.
- 2.- Recubrimiento metálico deficiente.
- 3.- Mala calidad del estampado de la placa base.
- 4.- Acoplamiento de la paleta de plástico con el vástago del tornillo sin-fín de manera inadecuada.
- 5.- Deterioro en el plástico de la paleta.
- 6.- Diseño incorrecto del engrane y tornillo sin-fín.

A continuación se detallan cada uno de los aspectos mencionados.

En relación al primer punto, se observa que el material usado para esta parte no es el adecuado, ya que es demasiado blando y se dobla con facilidad.

Respecto al segundo punto, tenemos que el recubrimiento se desprende fácilmente, provocando con esto la corrosión de la placa base, y deteriorando de este modo el aspecto estético de la placa.

En cuanto al tercer punto, se ha detectado que existen fallas, ya que el estampado es incompleto.

En el cuarto punto, a causa del incorrecto acoplamiento de la paleta con el vástago se producen fracturas en la paleta o bien la separación del vástago.

Ligado al quinto punto, hay que hacer notar, que la textura y la coloración de la paleta en corto tiempo se vuelven desagradables, y denotan la falta de calidad del material empleado.

En el sexto punto, el engrane con el tornillo sin-fin queda demasiado ajustado, lo cual provoca el problema de pandeo de la placa base.

Todas estas desventajas acarrear poca durabilidad y pérdida de apariencia en breve tiempo.

La alternativa de consumir maquinaria importada conlleva los problemas siguientes:

- 1.- Costo elevado.
- 2.- Escasa existencia.

## 2.2.- Búsqueda de información.

Dado el tipo de información que aquí se desarrolla, nos enfrentamos al problema de investigar en libros y revistas, de los cuales sólo se encontraron partes de información referentes a introducciones de los diferentes procesos que en el presente trabajo se muestran, por lo cual se recurrió a las siguientes fuentes:

- 1.- CANACINTRA.
- 2.- INFOTEC.
- 3.- CICH.
- 4.- CONACYT.

De donde por medio de INFOTEC se consiguió algo de información; también se recurrió al sector privado y a una institución educativa los cuales son:

1.- CELANESE.

2.- FAC. QUIMICA UNAM.

Básicamente en éstos dos lugares se hicieron ensayos de rayos infrarrojos en el primer caso, y microsonda en el segundo, ensayos que en el transcurso del presente trabajo se detallan.

En general, dada la poca información recabada en los lugares antes mencionados, nos vemos en la necesidad de obtener la información en base a diferentes pruebas, que se mencionarán más adelante. Estas pruebas se le harán a productos importados (japoneses) y a productos nacionales, donde por medio de comparaciones recabaremos la información pertinente para nuestro caso.

### III.- EXPERIMENTACION.

#### 3.1.- Estudio Metalográfico (Microestructura).

##### a).- INTRODUCCION.

La Metalografía se considera como parte de la Metalurgia Física, y corresponde principalmente a los métodos de estudio microscópico. Sin embargo, esta definición no es un criterio exacto, ya que a menudo la aplicación de métodos microscópicos en la Metalurgia Física dependen de su factibilidad y no de una necesidad absoluta.

Una definición usual de la Metalografía es:

La Metalografía es un método de estudio experimental que forma parte de la Metalurgia Física, y consiste en el examen óptico de la estructura del material con el fin de lograr su descripción cualitativa y cuantitativa.

La estructura se caracteriza por el tamaño, la forma, la distribución, la densidad y el tipo de defectos estructurales y de los límites de fases.

Teniendo como antecedentes las definiciones anteriores, es fácil darse cuenta de lo importante que es la práctica del estudio metalográfico de los materiales metálicos, ya que este examen permite sacar importantes conclusiones referentes al comportamiento e historial del material, y sobre todo, permite encontrar relaciones entre estructura y comportamiento, llevandonos ésto a la comprensión de los mecanismos y al posible control y desarrollo científico de materiales con propiedades óptimas. Por ello es muy importante en la industria, para permitir un estricto control de calidad y de proceso durante la fabricación de elementos metálicos.

## b).- PREPARACION DE PROBETAS:

Esta preparación consiste en una serie de pasos que se enumeran en seguida:

- 1.- corte.
- 2.- esmerilado.
- 3.- montaje.
- 4.- desbastado o lijado.
- 5.- pulido.
- 6.- ataque.
- 7.- observación

Es de gran importancia la correcta preparación de las probetas, para así permitir un dictamen exacto de la microestructura del material metálico estudiado.

En relación al primer punto, tenemos que tomar en cuenta que la muestra tiene generalmente un tamaño inferior a aquel de la muestra entera sobre la cual se requiere información. En nuestro caso, la placa base debe tener dimensiones adecuadas para su observación en el microscopio, por lo cual cortamos la placa base a 1.8 cm. de largo que es aproximadamente lo que tienen de ancho, de esta manera se obtiene mayor maniobrabilidad.

En cuanto al segundo punto, se requirió hacer un ligero esmerilado sobre las puntas de la placa base, para retirar las rebabas producidas por el corte, y así lograr una mayor uniformidad.

Con relación al tercer punto, nos vimos en la necesidad de hacer montajes de las muestras en un material sintético, en nuestro caso baquelita, esto se debe a que las muestras son delgadas, aproximadamente de 1 mm. de espesor, y por lo tanto poco manejables, también porque en otros ensayos se requieren dimensiones normalizadas, y de esta manera una vez montada la muestra en la baquelita se facilitan los ensayos requeridos.

Respecto al cuarto punto, que es el desbastado o lijado nos sirvió para eliminar las partes deformadas, para remover la capa

de recubrimiento metálico y para reducir la rugosidad superficial, esto se logró con lijas de diferente numeración 100, 200, 300, 400, 500 y 600, entre más grande es el número es más fino el grano.

En cuanto al quinto punto, se pulió la probeta quitándole las últimas rayas que quedaron del proceso anterior, hasta que se obtuvo un acabado a espejo, esto se logró por medio de suspensión de alumina de 0.3  $\mu$ m y pulidora.

Referente al sexto punto, tenemos que el ataque de la superficie pulida permite la visualización de las diferentes fases de la estructura, usamos como reactivo Nital al 2% con una inmersión de 10 seg. aproximadamente.

Una vez hecho todo lo anterior, la probeta queda lista para su observación, que se realizó en diferentes equipos, estos son microdurómetro Leitz Wetzlar para medir espesor de recubrimiento y microdureza, microscopio Leitz Wetzlar con cámara integrada para tomar fotografías y microscopio electrónico integrado con microsonda.

En seguida se presentan unas figuras en las que se ilustra la forma en que quedaron preparadas las probetas.

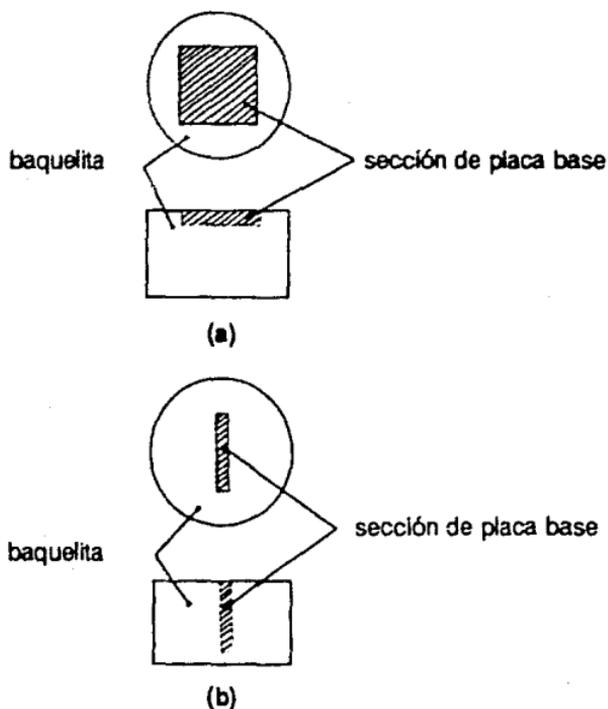


Fig. 3.1 Representación esquemática de la forma en que se hicieron los insertos de placa base en baquelita.

a) forma horizontal

b) forma vertical

### 3.2.- ENSAYO DE DUREZA Y MICRODUREZA.

El objetivo principal de esta prueba es la determinación de la dureza entre las probetas, para tener un elemento más de juicio para la identificación del material de la placa base.

Generalmente la dureza se define como la resistencia a la penetración, en el caso de los metales.

En nuestro caso, cuando hablamos de dureza nos referimos a la dureza Rockwell B (RB), y cuando hablamos de microdureza nos referimos a la dureza Vickers (VHN).

#### a).- Ensayo de dureza (RB).

El procedimiento para realizar este ensayo es el siguiente: En esta prueba se utiliza un instrumento de lectura directa basado en el principio de medición de profundidad de penetración entre la precarga y la carga. El indentador para esta prueba es una esfera de 1/16" de diámetro debidamente montada en un soporte.

La prueba se lleva a cabo al elevar la probeta lentamente contra el indentador, hasta que se aplica una carga determinada, pequeña "precarga". Esto se indica en un disco medidor que tiene integrado el instrumento por medio de una marca establecida. En seguida se deja actuar la carga mayor, que para esta prueba es de 100 Kg. A través de un sistema de palanca que presiona aún más a la esfera con la probeta. Después de que la aguja del disco llega al reposo, se quita la carga mayor y con la carga menor todavía en acción, se lee el número de dureza Rockwell en el disco medidor.

Este ensayo se realizó en un medidor de dureza Wilson. En este instrumento se puede medir la dureza Rockwell A, C, etc. En nuestro caso utilizamos la R.B. debido a que consideramos que es la más adecuada, dadas las características del material estudiado.

En esta prueba ocupamos dos probetas como la que se ilustra en la figura 3.1.a. una con un material importado y la otra con material nacional.

Dado que lo que se pretende es la dureza de la placa base, fue necesario quitar el recubrimiento metálico ya que este podría afectar las lecturas obtenidas.

b).- Ensayo de dureza (VHN).

Esta prueba se realiza empleando cargas muy bajas y se usa para estudiar variaciones de dureza en zonas o piezas pequeñas.

Esta prueba mide la resistencia de un material a la penetración de un indentador. El penetrador es una pirámide de diamante, un acero endurecido o un carburo de Tungsteno.

Primeramente por medio de un ocular localizamos la zona donde queremos hacer la indentación, por medio de un mecanismo colocamos el indentador en dicha zona y aplicamos la carga; la carga se aplica al oprimir lentamente el penetrador durante un intervalo de tiempo determinado perpendicularmente a la superficie ensayada, retiramos el indentador y por medio del ocular observamos la huella dejada.

Para obtener el valor de la dureza se requiere conocer la carga aplicada y medir el área de la huella que deja el penetrador. La huella se cuantifica por medio de una escala que se observa por el ocular, y el valor obtenido se refiere a tablas, obteniéndose así el valor numérico de la dureza.

En nuestro caso el indentador es una pirámide de diamante y las cargas ocupadas de 200 gr., 15 gr., y 10 gr. La carga de 200 gr., es ocupada para determinar la dureza de la placa base, para esto se requieren dos probetas que no tengan recubrimiento y estén dispuestas como en la figura 3.1.a., una con material nacional y la otra con material importado. Las cargas de 15 gr. y 10 gr. son ocupadas para determinar la dureza del recubrimiento metálico, para esto se requieren dos probetas a las que no se les haya quitado el recubrimiento metálico y que estén dispuestas como en la figura 3.1.b. una de estas dos probetas contiene material nacional y la otra material importado.

### 3.3.- RECUBRIMIENTO METALICO.

#### 3.3.a.- Introducción.

Básicamente los recubrimientos metálicos se utilizan como medida protectora de los metales o para cumplir funciones de ornato. Hay que tener en cuenta dos factores. Uno de ellos es el aislamiento del metal respecto al medio corrosivo, el otro, es la relación galvánica entre el metal de recubrimiento y el metal base.

Si el metal de recubrimiento figura en posición más elevada en la serie galvánica que el metal base, las discontinuidades del recubrimiento no son un problema serio, puesto que el metal base es catódico y está protegido. El Zinc y el Cadmio son ejemplos de metales que proporcionan protección galvánica al acero.

El Estaño, el Níquel y el Cromo están por debajo del acero en relación a la serie galvánica en pequeñas discontinuidades que pueden estar presentes en el recubrimiento protector, esta desventaja está compensada en algunas aplicaciones por el aspecto atractivo que ofrecen el Níquel y el Cromado y por las excelentes cualidades anticorrosivas y de fabricación.

Se utilizan varios métodos para aplicar los recubrimientos metálicos. Los recubrimientos de Zinc sobre el acero (galvanizado) y la hojalata se producen usualmente sumergiendo la chapa de acero limpia en un baño de Zinc o de Estaño fundidos.

Por electrodeposición, se pueden obtener recubrimientos de Zinc y de Estaño más finos y uniformes, por lo que este proceso está haciendo cada vez más importante en relación con estos metales.

Asimismo, los recubrimientos de Cadmio y los decorativos de Níquel y Cromo se obtienen casi siempre por galvanostegia.

Los recubrimientos por difusión pueden colocarse sobre un acero por tratamiento a elevada temperatura, en presencia de aluminio pulverizado (calorizado), Cromo (cromizado), Ferrosilicio (siliciado), Zinc (sherardizado) y otros metales. Estos recubri-

mientos son relativamente gruesos y se aplican usualmente sobre piezas de fundición o mecanizadas.

Al proceso de recubrir metales se le conoce como galvanostegia.

En general, el metal que se deposita se disuelve de un ánodo del material en cuestión y se deposita sobre el objeto a revestir, que forma el cátodo, si bien esta disposición puede modificarse y el metal depositado puede obtenerse de una sal disuelta en el baño.

Cuando se emplean ánodos solubles la acción electroquímica en el cátodo es inversa de la que tiene lugar en el ánodo. La f.e.m. aplicada a las terminales de la cuba se utiliza para vencer las diferencias de concentración, las caídas de voltaje en las películas adyacentes al ánodo y al cátodo, la resistencia óhmica de la solución, los ánodos, los cátodos, los conectores y el circuito, más los sobrevoltajes necesarios para depositar el ión particular de que se trate.

En general la f.e.m. entre terminales de una cuba es baja y las fuentes deben suministrar corriente de 6 a 12 volts y alto amperaje.

En la práctica industrial, la preparación de los artículos a recubrir es una operación muy importante, si se quiere producir un acabado de alta calidad. No pueden darse reglas generales respecto a los métodos utilizados para preparar los artículos a revestir, ya que hay que considerar el material de que se compone el objeto, el estado en que se encuentra éste, su forma, su tamaño, su composición, la clase de superficie y otros factores.

Puesto que el recubrimiento seguirá exactamente los contornos del objeto que se quiere revestir, si se quiere obtener un buen acabado las superficies tienen que estar bien pulidas.

En esta prueba se cortaron varias tiras de lámina de acero de bajo contenido de carbono de aproximadamente las mismas dimensiones de la placa base para hacer los ensayos del recubrimiento adecuado.

El proceso utilizado es básicamente el mismo para los diferentes ensayos, se varió el tiempo de permanencia de las muestras

en las diferentes cubas, así como la temperatura y la cantidad de materiales con los cuales se recubrieron las muestras.

Procesos utilizados:

a).- Proceso I

- 1.- Desengrase electrofítico.
- 2.- Enjuague.
- 3.- Activado o decapado.
- 4.- Enjuague.
- 5.- Cobre alcalino.
- 6.- Enjuague.
- 7.- Activado.
- 8.- Enjuague
- 9.- Níquel.
- 10.- Enjuague.
- 11.- Cromo.
- 12.- Enjuage.
- 13.- Secado.

b).- Proceso II

- 1.- Desengrasado electrofítico.
- 2.- Enjuague.
- 3.- Activado.
- 4.- Enjuague.
- 5.- Níquel.
- 6.- Enjuague.
- 7.- Cromo.
- 8.- Enjuague.
- 9.- Secado.

c).- Proceso III

- 1.- Desengrase electrofítico.

- 2.- Enjuague.
- 3.- Activado.
- 4.- Enjuague.
- 5.- Cobre alcalino.
- 6.- Enjuague.
- 7.- Activado.
- 8.- Enjuague.
- 9.- Níquel.
- 10.- Enjuague.
- 11.- Secado.

A continuación describiremos el primer proceso ya que el segundo y el tercero se hace de manera similar.

1.- En el desengrase electrolítico el propósito es el de quitar todos los excedentes de suciedad y grasas, esto se logra con sosa y cianuro además de corriente eléctrica.

2.- En el enjuague el objetivo es el de quitar excedentes de sosa y cianuro para lo cual se hace un Enjuague con agua.

3.- En el activado o decapado se pretende provocar una rugosidad en las muestras a recubrir, esto es con el fin de que exista una mejor adherencia entre los elementos recubridores y las muestras, para hacer ésto, utilizaremos agua y ácido sulfúrico.

4.- En el segundo enjuague el fin es el de eliminar el excedente de ácido sulfúrico, esto se hace con agua.

5.- En el cobrizado se hace el primer recubrimiento con Cobre alcalino, que esta compuesto de cianuro, de Cobre, sosa cáustica y abrillantadores a una temperatura de 50 grados centígrados, esto es con el fin de lograr el recubrimiento apropiado.

6.- En el tercer enjuague el fin es de eliminar los excedentes de sosa, cianuro de Cu, y abrillantadores, esto se logra por medio de agua.

7.- En este segundo activado o decapado se pretende provocar nuevamente una porosidad en las muestras, ahora sobre la base de Cu, esto se hace para lograr una mayor adherencia de la siguiente capa de material recubridor.

8.- En el cuarto enjuague el fin es el de quitar los excedentes de ácido sulfúrico, esto se logra por medio de agua.

9.- En el niquelado se hace el segundo recubrimiento con Níquel, con un baño compuesto por sulfato de Níquel, Cloruro de Níquel, Acido Bórico y abrillantadores a una temperatura de 40 a 60 grados centígrados, con el fin de que el recubrimientos requerido sea el deseado.

10.- En el quinto enjuague el propósito es el de quitar los excedentes de sulfato de Níquel, Cloruro de Níquel, Acido Bórico y abrillantadores, esto se logra por medio de agua.

11.- En el cromado se hace el tercer recubrimiento con el Cromo compuesto por ácido crómico, ácido sulfúrico, aditivos y abrillantadores a una temperatura de 40 a 60 grados centígrados obteniendo así piezas cromadas.

12.- En el sexto Enjuage quitamos los excedentes de ácido crómico, ácido sulfúrico, aditivos y abrillantadores, esto se logra con agua.

13.- El secado lo realizamos al aire libre. Después de terminar este proceso se pulen las muestras a un acabado espejo, esto se logra por medio de abrasivos.

### 3.4.- MEDICION DEL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO METALICO.

La parte de la maquinaria que tiene el proceso del RECUBRIMIENTO metálico es la placa base, como ya se mencionó en la parte de antecedentes es un punto que requiere de un análisis para tratar de solucionar este problema y que para atacarlo haremos comparaciones con la placa base de la maquinaria japonesa dado que ésta no muestra problemas. Esta prueba la realizamos por medio de los siguientes instrumentos.

a).- Microdurómetro.

b).- Microscopio electrónico de barrido con microsonda integrada.

El microdurómetro es un instrumento que además de servirnos para realizar pruebas de microdureza lo utilizamos para determinar el espesor del recubrimiento metálico de la placa base.

El procedimiento para realizar estas mediciones es el siguiente:

Una vez que se hizo el montaje de las muestras en baquelita para poderlas manipular con mayor facilidad, como lo indica la figura 3.1.b., se coloca la probeta bajo el ocular adecuado, se enfoca la zona en que se encuentra el recubrimiento y por medio de la graduación que se observa por el ocular determinamos el valor del espesor de la capa recubridora, tanto de la muestra nacional como de la japonesa. Esta prueba se hizo en un microdurómetro Leitz Wetzlar.

La microsonda también nos proporciona información referente al espesor del recubrimiento, además de otra información valiosa.

Este instrumento se detalla en el siguiente punto.

### 3.5.- ANALISIS POR MEDIO DE MICROSONDA.

#### PRINCIPIO.

El microanalizador de sonda electrónica, más conocido por el nombre de "microsonda de Castaing", es un aparato de análisis elemental puntual, que permite el análisis cualitativo y cuantitativo de los elementos químicos presentes en un microvolumen cuya dimensión es de aproximadamente  $1 \mu\text{m}^3$ .

En este aparato se combinan dos poderosos métodos físicos de análisis:

- La espectrometría de rayos X, fundada en el análisis de los espectros de rayos X, característicos emitidos por la probeta (\*).
- La óptica electrónica, que utiliza las propiedades de los campos magnéticos para enfocar los electrones.

El microanalizador de sonda electrónica se compone de los partes fundamentales (fig. 3.5.a.)

a).- Una óptica electrónica constituida por un cañón de electrones y dos lentes electromagnéticas que producen un haz de electrones muy finos, o sonda electrónica (diámetro  $0.5 \mu\text{m}$ ).

Los electrones de la sonda penetran y se difunden en la probeta, provocando en la misma una emisión de rayos X.

b).- Unos espectrómetros de rayos X, destinados al análisis de esta radiación. Se componen de un monocromador, constituido por un cristal de cuarzo, mica, etc., y por un detector de radiación (contador de centelleo).

La probeta se prepara de acuerdo con los métodos metalográficos clásicos.

(\*) La espectrometría de rayos X actualmente está muy extendida como método de análisis químico bajo el nombre de "fluorescencia de rayos X" en competencia con la espectroscopía de emisión en el campo visible o en el ultravioleta.

#### Poder de resolución.

Esta limitado por una parte por el diámetro de la sonda y por otra por la penetración difusa de los electrones en la probeta. Con el nivel de energía utilizado (5 a 40 KV) necesario para excitar la emisión de rayos X, el volumen irradiado por los electrones tiene por lo menos 1 micra de diámetro. (fig. 3.5.b.).

#### Elementos analizables.

La longitud de onda de una raya característica varía en razón inversa del cuadrado del número atómico (ley de Moseley); según la elección del cristal y el detector, cada espectrómetro podrá cubrir un cierto intervalo de longitudes de onda, al cual corresponderán determinadas series de elementos.

Los aparatos se han limitado durante largo tiempo al intervalo 0.5 - 10 Å, lo que permitía el análisis de todos los elementos de número atómico superior a 12. Una reciente ampliación a las grandes longitudes de onda (hasta ~100 Å) ha rebajado el límite inferior hasta el número 5 (boro).

Con la ayuda de esta prueba se puede determinar el tipo de elemento o elementos que conforman el recubrimiento de la placa base y también corroboraremos el espesor del recubrimiento.

#### Análisis cauntitativo.

Se comparan las intensidades de una misma raya, característica de un elemento A, emitida por la probeta y por un patrón constituido por A puro. La relación entre estas dos intensidades da, en primera aproximación, la concentración másica de la probeta en el punto de impacto de la sonda.

El análisis da pues resultados absolutos, ya que los patrones están constituidos por los elementos puros. De hecho, deben aplicarse correcciones para pasar de la relación de las intensidades medias a las concentraciones verdaderas. Existen métodos de cálculo para estas correcciones.

La sensibilidad (menor concentración apreciables) es muy variable según el elemento y la aleación: puede ir de 0.5% a 0.005% en casos muy favorables.

#### Formación de las imágenes.

La probeta es barrida línea a línea por la sonda electrónica. El haz de un oscilógrafo barre sincrónicamente una pantalla de observación; su brillo es modulado por la intensidad de rayos X recibida por el espectrógrafo siendo pues, en cada punto, proporcional a la concentración del elemento químico correspondiente (para la longitud de onda del cual se ha regulado el espectrógrafo). Se observa pues una imagen de la superficie de la probeta que muestra la distribución del elemento escogido. Cada uno de los elementos presentes dará así su imagen. La comparación de la serie de imágenes obtenidas de esta forma sobre una misma región, proporciona información de gran valor sobre las distintas fase a las heterogeneidades.

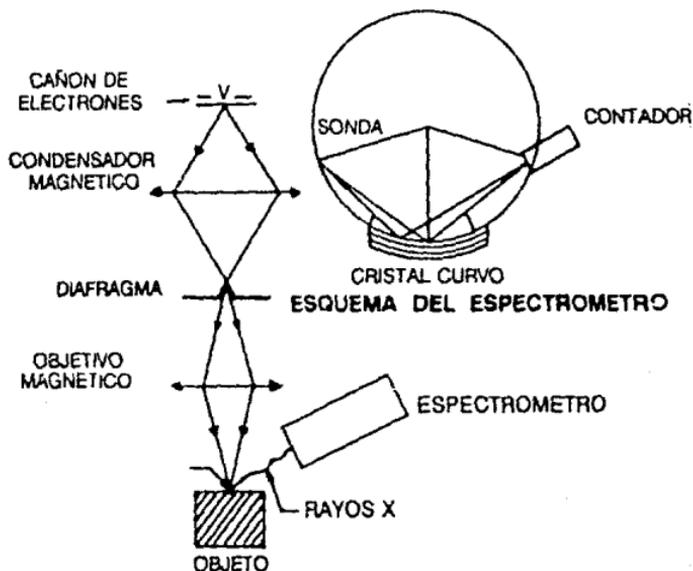


Fig. 3.5.a. ESQUEMA DE LA MICROSONDA ELECTRONICA

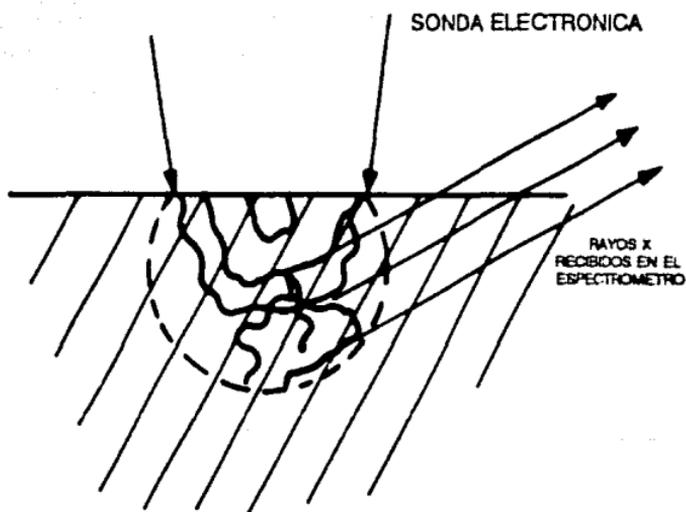


Fig. 3.5.b VOLUMEN IRRADIADO POR LA Sonda

En nuestro caso este microanálisis se realiza en un aparato llamado microsonda, el cual se encontró en la Facultad de Química de la U.N.A.M.

Esta microsonda se compone de las siguientes secciones de análisis:

- Microscopía electrónica.

Con una gran capacidad de observación de cualquier sólido.

- Dispersivo de energía.

Proporciona un análisis cualitativo instantáneo con gran capacidad de elementos, indicando los resultados en una pantalla de televisión.

Las piezas en estudio deberán cumplir ciertos requisitos para poder introducirlos al microscopio electrónico para posteriormente ser observadas. Estos requisitos son:

- Las muestras deben tener cierto diámetro para poder ser montadas en el dispositivo sujetador.

- Deben tener un proceso metalográfico desde el ligado hasta el ataque.

- Se deben aplicar a la muestra una capa de metal conductor.

Una vez que se hizo lo anterior se procedió de la siguiente manera:

La muestra se sujeta en un dispositivo apropiado para ello, mediante una varilla, este dispositivo es introducido al microscopio para después hacer un vacío en el interior de éste. De esta forma la probeta queda lista para su observación por medio de una pantalla de televisión. Después de esto se eligió la mejor zona apreciable en la pantalla, haciéndose así un análisis cualitativo.

### 3.6.- ANALISIS POR MEDIO DE RAYOS INFRARROJOS (I.R.)

#### PRINCIPIO.

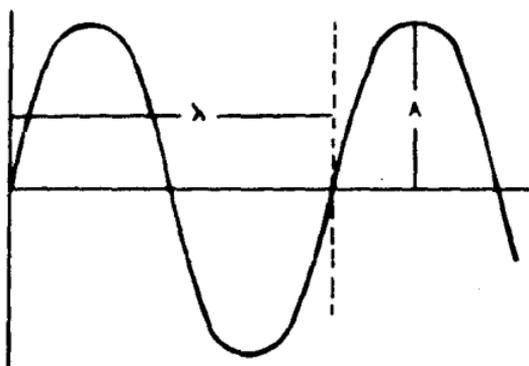
La técnica para hacer análisis por medio de rayos infrarrojos se le conoce como espectroscopio, se utiliza en los diferentes campos de la Química, teniendo aplicaciones en la investigación, desarrollo y control de calidad, dada la información que reporta sobre la estructura de la materia.

La espectroscopia estudia la interacción de la radiación electromagnética con la materia. La radiación electromagnética está constituida por formas de energía radiante.

Estas formas de radiación se pueden describir en función de dos modelos: El ondulatorio y El corpuscular.

En el modelo ondulatorio se describe a la radiación, como ondas viajando a la misma velocidad  $3 \times 10^{10}$  cm./seg. en el vacío.

Estas ondas se pueden clasificar en función de su longitud de onda  $\lambda$  que se puede definir como cualquier par de puntos equivalentes de una curva.



El tiempo requerido para que la onda de luz alcance la distancia  $S$  centímetros es  $t = s/c$  así la onda avanza una distancia igual a  $\lambda$  en  $\lambda / c$  seg. el recíproco de esta cantidad se conoce como la frecuencia donde las siguientes expresiones son universales.

$$\nu = c / \lambda \quad \text{o} \quad \lambda \nu = c$$

Tanto la frecuencia como la longitud de onda pueden usarse para caracterizar una onda de luz.

Otra cantidad usada para describir una onda es el recíproco de la longitud de onda  $1/\lambda$  donde  $\lambda$  se expresa en cm.  $1/\lambda$  da el número de ondas por cm., se conoce como número de onda denotándose por  $\tilde{\nu}$ ,  $\tilde{\nu} = 1/\lambda = c / \lambda \nu$  mientras mayor es la longitud de onda menor es el número de onda por cm.

La unidad para cuantificar la región del espectro infrarrojo es:

	UNIDADES	
Infrarrojo	$\frac{1}{\text{m}}$	micrómetro $10^{-6}$ m.
	$\text{cm}^{-1}$	1/cm.

En el I.R. las  $\lambda$  se expresan en micrómetros ( $10^{-4}$  cm.).

Algunas propiedades de la luz se explican en función de un modelo corpuscular.

En este modelo se describe a la luz como constituida por "paquetes" de energía, la energía contenida en una radiación la describe la ecuación de Planck.

$$E = h \nu$$

$$h = \text{cte. de Planck}$$

$$\nu = c / \lambda$$

Donde  $\nu$  es la frecuencia de la radiación. Es importante evaluar la energía asociada con la absorción en cualquier región específica del espectro.

La ecuación fundamental es la de Bohr.  $E = h \nu$   
 es la energía por molécula y la energía por mol ( $E$ ) es  $E \cdot N$ .

De la interacción de la radiación con la materia se obtiene lo que se denomina espectro.

Existen dos clases de espectros llamados de emisión y de absorción. El primero se obtiene cuando un material emite luz ya sea por que se pone a la flama o se excita con un arco voltaico. la luz emitida se analiza y se tiene así un espectro de emisión.

El segundo se tiene del análisis espectroscópico de la luz transmitida por un medio absorbente. La materia emplea la radiación que absorbe en incrementar su energía, que puede ser energía electrónica, vibracional ó rotacional.

La energía electrónica es la que poseen los átomos y moléculas debido a la energía cinética y potencial de sus electrones.

La energía vibracional es la energía cinética y potencial que poseen las moléculas debido al movimiento vibracional. Aquí la energía es del orden de 2.858 K cal. y corresponde a la región del I.R.

La energía rotacional es la energía cinética que poseen las moléculas debido a su rotación sobre un eje a través de su centro de gravedad.

Las unidades más utilizadas para el I.R., son aquellas que relacionan tanto al modelo energético como al modelo de onda. Hay una relación entre frecuencia y longitud de onda como se observa en la figura 1, la energía es proporcional a la frecuencia.

Hay una relación entre frecuencia y longitud de onda, que es la velocidad de la luz.

$$E = h\nu \text{ -- ec. de Planck.}$$

$$c = \lambda \nu \text{ -- } c = \text{vel. de la luz.}$$

$\nu$  = frecuencia.

$\lambda$  = longitud de onda.

$$E = hc \frac{1}{\lambda}$$

$$E \propto \nu$$

$$\nu \propto \frac{1}{\lambda} \quad \text{si } \lambda \text{ es en cm. } \nu = \frac{1}{\lambda} \text{ --- \# de onda.}$$

$$\lambda \propto \frac{1}{\nu}$$

$$E \propto \frac{1}{\lambda}$$

$$-E \propto \nu$$

fig. 1

Se puede observar que la longitud de onda esta en función inversa a la frecuencia, por lo tanto, la frecuencia está en función inversa a la longitud, y la energía que está en función directa a la frecuencia, están en función inversa a la longitud de la onda.

Entre más grande sea la longitud, más pequeña será la energía.

El espectro electromagnético como vemos en la figura 2., que abarca de los rayos  $\gamma$ , de longitud de onda muy pequeña hasta microondas, ondas de radio, en donde la longitud de onda es muy grande, está marcada la parte visible que es la única que detecta el ojo humano, abajo de la luz visible se encuentra el ultra violeta y por abajo de U.V. se encuentra la zona de I.R.

Rayos	U.V.		I.R.			ondas	de	
	Lejano	U.V.	visible	cercano	medio	lejano	micro ondas	radio.
nanómetros ( $10^{-9}$ M)	200	400	800	2500	25000	$2 \times 10^{-5}$		
micrones ( $10^{-6}$ M)	0.2	0.4	0.8	2.5	25	200		
números de onda ( $\text{cm}^{-1}$ .)	50000	25000	12500	4000	400	50		

fig. 2

Dentro del I.R., que se ha dividido en cercano, medio y lejano, el más utilizado es el I.R. medio, que va de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , la razón es porque dentro de este rango aparecen las vibraciones de casi todos los grupos, el efecto de I.R. es de incrementar las vibraciones existentes. Si un grupo existe, va a estar vibrando, al absorber energía, pasa de un nivel a otro, esto es espectroscopía de absorción. Lo que se mide es la luz que falta.

En la figura 3, observamos en forma esquemática los componentes básicos de un aparato de R.I.

Este aparato consta de una fuente de poder, ésta al calentarse emite radiaciones Infrarrojas, ésta fuente se calienta a altas temperaturas ( $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .- $1900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ., 1.2 A y 75 V.), lo cual provoca que emitan radiaciones en la región de I.R., generalmente entre 2.5 a 25 micrones ( $4000$  a  $400\text{ cm}^{-1}$ .)

Frente a la fuente de poder se encuentra el detector, que solamente responde a los cambios de energía incidente independientemente de la longitud de onda. Los más comunes son los termopares.

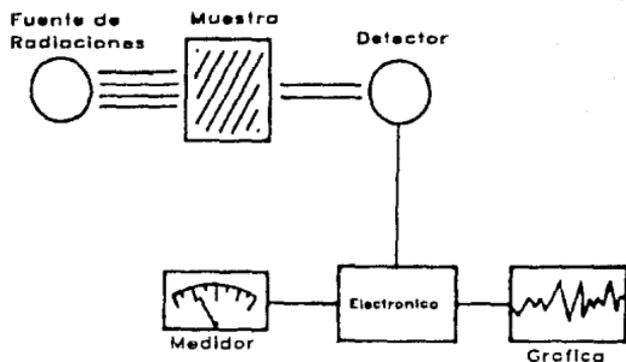


Fig. 3

Entre la fuente y el detector se coloca la muestra, de tal manera que la cantidad de energía que haya sido absorbida por la muestra, se va poder determinar por el detector. Este detector está conectado a dispositivo electrónico, siendo su objetivo el de traducir las diferencias de energía recibidas, y hacerlas visibles al ojo humano, ya sea por un dibujo (gráfico) o por algún movimiento de alguna aguja (galvanómetro).

Cuando se hace incidir luz blanca sobre un prisma, la luz que emerge del prisma ya no es luz blanca, sino se ha descompuesto en todos los colores que la estaban formando anteriormente. Esta descomposición se debe a que esta luz es formada por una mezcla de todas las radiaciones con diferentes longitudes de onda, y que estas ondas inciden a diferentes ángulos sobre la superficie del prisma, van a correr distancias diferentes, dado que tienen diferentes longitudes de onda y como resultado, van a emerger separadas como lo indica la figura 4.

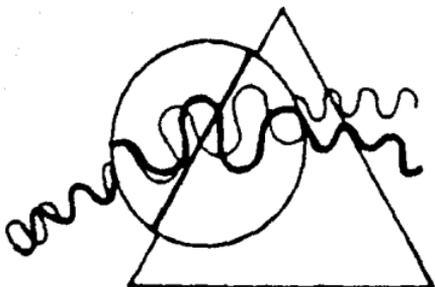


Fig. 4

Por ello es necesario anteponer entre la fuente de poder y el detector, algún aparato que permita la separación de radiaciones en sus longitudes de onda, para que puedan ser medidas cada una por separado.

En la figura 5 se observa el aparato más completo, necesario para la buena determinación de un espectro I.R. lo que interesa en este espectro es la determinación de cada una de las radiaciones que fueron absorbidas por la muestra, la información que proviene de esto, se utiliza para decidir la presencia o ausencia de un grupo funcional. Por lo que entre la fuente y el detector además de la muestra deberá existir, un prisma o rejilla y una puerta de entrada y una de salida que permita seleccionar el haz de rayos que lleguen al detector. En esta figura se observa que la rejilla o prisma están conectados eléctrica o mecánicamente a un papel. El movimiento, que ocurre en el prisma o rejilla, estará ligado al movimiento del papel, de tal manera que cuando la radiación equivalente por ejemplo  $4000\text{ cm}^{-1}$ , este llegando al detector, el papel se va a encontrar en la marca  $4000\text{ cm}^{-1}$ .

Cuando exista alguna absorción a esta longitud de onda, el detector que está ligado mediante un amplificador, notará la

ausencia de energía solamente a esta longitud de onda, lo cual se refleja en un movimiento de la pluma en el papel.

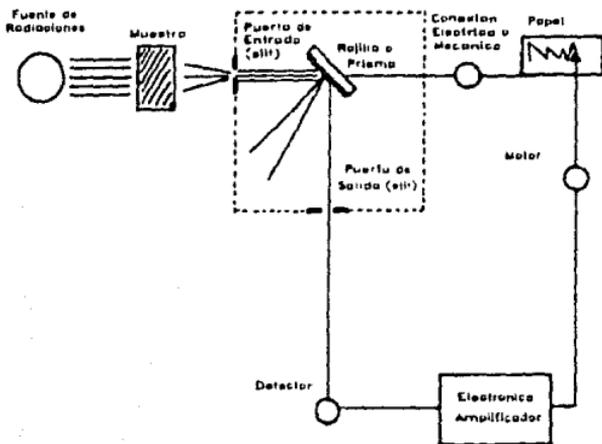


Fig. 5

La energía que proviene de la fuente de poder no es constante, sino que el patrón que se observa en la figura 6, siendo más energético en la región de los 3000 cm. y de manera asintótica va decreciendo conforme disminuye la frecuencia, dando como resultado.

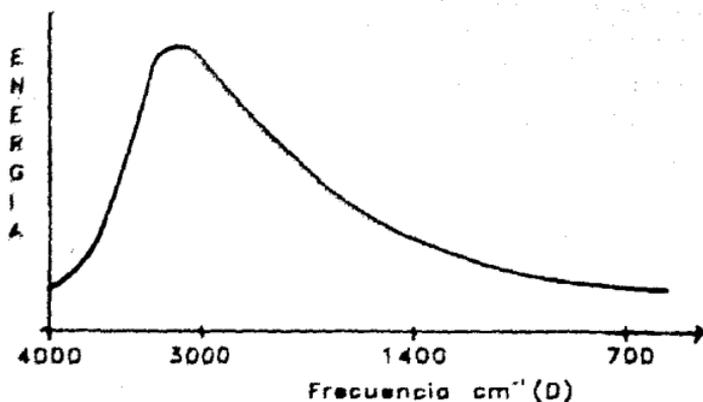


Fig. 6

que el espectro I.R. no fuera horizontal. Entre la fuente y el detector, no sólo se encuentra la muestra a analizar, sino todos los componentes que puedan existir como por ejemplo:  $\text{CO}_2$ , vapor de agua, etc., esto va a provocar que el espectro de absorción de I.R., además de las bandas características de  $\text{CO}_2$ , de agua y de cualquier componente que se encuentre en el camino del rayo.

Esto ocurría antiguamente, cuando los aparatos contaban exclusivamente con un haz de radiación. Gracias al avance tec-

nológico se ha podido dividir el haz como se muestra en la figura 7. La radiación

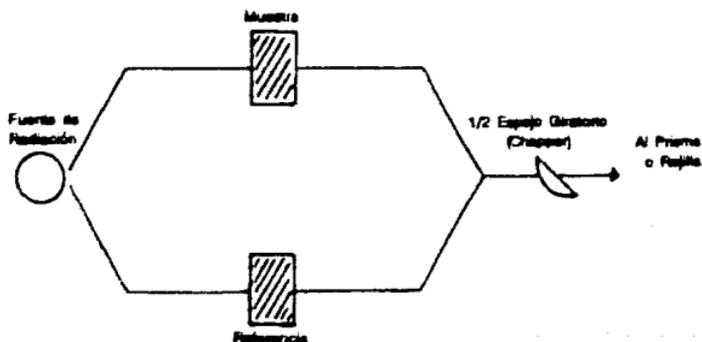


Fig. 7

proveniente de la fuente se divide en dos, parte pasa por la muestra y parte recorre el mismo camino pasando por alguna referencia, una vez que el par de rayos recorren caminos y distancias iguales, se vuelven a mezclar mediante el uso de un medio espejo, que se encuentra en movimiento. Este mezclador permite el paso de paquetes de rayos, pasa primero una parte proveniente del camino que siguió el rayo pasando por la muestra, después refleja ese rayo y deja pasar el rayo que siguió el camino

que paso por la referencia, obteniéndose como resultado que una vez mezclados los rayos siguen el camino normal en paquetes, para llegar al detector. Cuando hay absorción por la muestra, el resultado va a ser, que en el papel en donde se está graficando se observará una banda de absorción, a una frecuencia.

La ventaja de dividir los rayos provenientes de la fuente de poder, es que lo que exista en el camino de uno de ellos, existirá en el camino de otro, como era el caso de vapor de agua, el  $\text{CO}_2$  y todos los compuestos contenidos en el ambiente.

Las muestras que pueden ser utilizadas en I.R., pueden ser líquidas, sólidas, sólidas en solución o gases.

Para realizar esta prueba se analizaron varias muestras (paletas) de maquinaria japonesa y maquinaria alemana, dado que estas no presentan ningún problema.

Para poder analizar estas paletas se cortaron en pequeños trozos y se llevaron a los laboratorios químicos de Celanese Mexicana S.A., donde al tener las muestras se procedió a disolver las paletas por medio de cloroformo o algún otro solvente, estos elementos no afectan al resultado de los análisis.

Una vez disueltas las muestras, el líquido se recibe en una celda de algún material transparente al I.R., para esto se puede usar bromuro de potasio, cloruro de sodio, cloruro de plata, etc., después se procede a calentar la muestra para evaporar el solvente y dejar así una película fina para después hacer el análisis correspondiente.

## **IV.- PROPUESTA DE DISEÑO Y FABRICACION DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MAQUINARIA PARA GUITARRA.**

### **4.1.- FABRICACION DE LA PLACA BASE.**

#### **4.1.a.- INTRODUCCION.**

De las diferentes facetas que presenta actualmente la industria, pocas resultan tan importantes e interesantes, como es el problema de la manufactura de piezas metálicas.

La persona, que ya se ha adentrado en la manufactura de piezas, le parecerá un problema ya resuelto, o al menos un problema de fácil solución, opinión que se justifica observando la gran cantidad de artículos que se ofrecen en el mercado actualmente, fabricados de las mas diversas formas y de los diferentes materiales.

Sin embargo, el buen observador descubrirá rápidamente, los diversos aspectos que presenta este problema, y pronto se dará cuenta de la gran importancia, de que puede ser decisivo para la fabricación de cualquier proyecto, como el que nos preocupa en este trabajo.

No sólo es el aspecto técnico el que es de mucha importancia en estos casos, sino también el aspecto económico, el cual influye decisivamente en la mayoría de los proyectos.

Puede decirse, que solucionar satisfactoriamente estos dos aspectos, es el problema central de toda industria manufacturera.

Analizando lo anterior, y dado el problema que nos ocupa, ya que nuestra pieza se fabricará en un troquel, veamos de una manera general el significado de este dispositivo y la disposición, así como nomenclatura de los elementos que lo conforman.

El troquel es un sistema, que contiene varias piezas metálicas las cuales están diseñadas maquinadas y ensambladas, de acuer-

do al tipo de lámina plana que se quiera transformar generalmente.

Existen varios tipos de troqueles, pero todos ellos cuentan con los principales elementos que son:

- Zapata Superior.
- Zapata Inferior.
- Punzones.
- Matriz.
- Columnas Guía.
- Topes.
- Extractores.
- Portapunzones, etc. (Véase figura R).

Una clasificación general de los troqueles es la siguiente:

- Troqueles Cortadores y/o Punzonadores.
- Troqueles Formadores.
- Troqueles Estampadores.
- Troqueles de Embutido.
- Troqueles de Extraído.
- Troqueles Progresivos.

De este modo, nuestro estudio para el toquelado de la placa base, estará enfocado en los troqueles progresivos, los cuales veremos posteriormente tomando en consideración los siguientes aspectos.

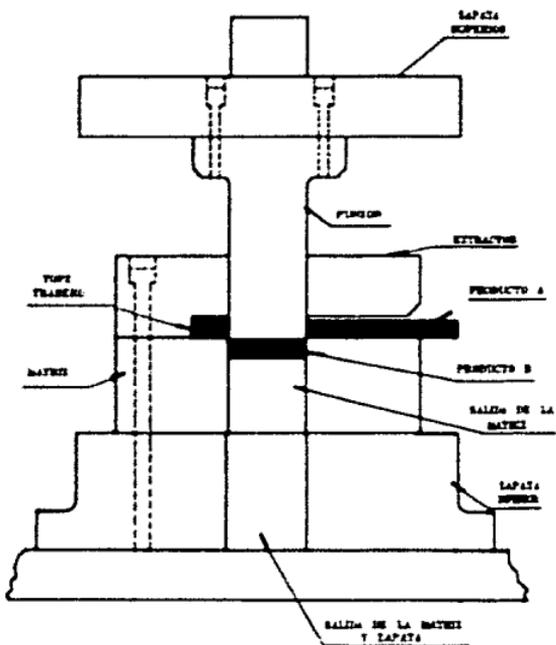


Fig. R

**DESIGNACION DE  
 PARTES  
 DE UN TROQUEL**

## - TROQUEL PROGRESIVO.

Se puede decir, que es un conjunto de troqueles sencillos compactados en uno solo, para realizar una serie de operaciones en cintas metálicas, en dos o más estaciones, durante cada golpe de la prensa para producir determinada pieza.

Cada estación de trabajo, realiza una o más operaciones distintas, solamente que la tira debe moverse desde la primera estación y a través de cada una de ellas para producir una pieza determinada.

Se puede incorporar en este tipo de troquel, una o más estaciones intermedias, no necesariamente para realizar trabajo sobre la cinta metálica, sino para posicionar la cinta, y así facilitar el avance de la misma de una estación a otra, proporcionar secciones máximas de matriz, o simplificar su construcción. El avance lineal de la cinta metálica, a cada golpe de la prensa se le llama progresión, paso o avance, y es igualarlo a la distancia entre estaciones. Las partes de la cinta metálica, que no vayan a ser de utilidad se van cortando de la misma, según avanza a través del troquel, y una o más lengüetas se dejan conectadas a cada parte parcialmente completada, por conducir la cinta en su progresión.

Pero, los troqueles progresivos, se pueden emplear siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones generales:

1.- La tira no sea tan delgada, que no pueda ser trabajable, o tan gruesa que haya problemas para su enderezado.

2.- El tamaño del troquel no sea muy grande para las prensas disponibles.

3.- Las prensas tengan la capacidad requerida.

Además se sugiere para el diseño del troquel progresivo la siguiente secuencia:

a) Dibujar la cinta de operaciones ( pasos ).

b) Dibujar la planta de la matriz.

c) Dibujo del conjunto de los elementos que conforman el troquel.

d) Calcular el centro de presiones.

e) Comprar un portatroquel estandard o bien, fabricarlo si es uno especial.

f) Despiece total del troquel especificando materiales, acabados y tratamientos térmicos.

Ya en la cinta metálica de trabajo tomaremos en cuenta:

1.- Agujeros punzonados de guía y muescas de guía en la primera estación.

Pueden ser punzonados otros agujeros que no serán afectados en las siguientes operaciones no cortadoras.

2.- Libre movimiento en los pasos, en operaciones de embutido y conformado.

3.- Analizar la forma de las áreas de pieza inicial en la cinta de trabajo para dividir las en formas simples, de manera que los punzones de contornos sencillos puedan cortar parcialmente una área en una estación, y cortar las áreas restantes en estaciones posteriores.

4.- Distribuir las áreas punzonadas sobre varias estaciones si están juntas o están cerca del borde de la abertura de la matriz.

5.- Emplear estaciones intermedias para reforzar los bloques, matrices, placas extractoras y portapunzones, y para facilitar el movimiento de la tira.

6.- Analizar la dirección de la estructura de grano en la cinta metálica de trabajo.

7.- La forma de la parte terminada puede dictar que la operación de cortado preceda a las últimas operaciones cortantes.

8.- Buen corte de la tira y utilización de la misma para desperdicio mínimo, y para que las dos partes puedan ser expulsadas sin interferencia.

#### 4.1.b.- CONSIDERACIONES GENERALES.

##### FUNCIONAMIENTO DE LA PLACA BASE.

Las funciones de la placa base son:

- Posicionar al engrane, tornillo sinfín, y manguillo tensador a determinadas distancias.

- Ya conformados los elementos en una sola pieza, la función de la placa, es también la de sujetarse a la cabeza del instrumento, la cual es de madera.

- De la misma manera, esta placa base le dará vista al instrumento, o sea que se vea atractivo, dependiendo de nuestro acabado final, que se estudiará posteriormente.

Siempre que se haga el diseño de alguna pieza, deberá tenerse como principio el proceso de fabricación, ajustándose lo mas posible a él.

Para lograr un diseño factible, debe de evitarse forma o detalles complejos poco útiles, más aun si para la realización, se hacen necesarias herramientas costosas.

Un diseño correcto, tratará de reunir en un mínimo de detalles bien realizados a un máximo de funciones.

Para la fabricación de alguna pieza, el punto de partida debe de ser el propio funcionamiento de esa pieza, que ya se mencionó de manera general con anterioridad.

Para el caso que nos ocupa (troquelado de la placa base), se mencionarán los detalles y características, que deberá tener la placa base.

Puesto que queremos obtener la pieza de lámina, respetaremos la forma plana, considerando que cualquier variación, de esta forma se logrará únicamente mediante una operación de doblado, muescado, etc.

Dividiremos nuestro Análisis en los siguientes grupos:

- a) Espesor de la pieza.
- b) Agujeros centrales.
- c) Forma de los soportes para alojar a los tres tornillos sin-fín.

- d) Situación de estos soportes.
- e) Forma y situación de ambos extremos de la pieza.
- f) Detalles laterales.
- g) Operaciones de acabado.

**a) Espesor de la Pieza:**

Esta dimensión es la primera que se fija, y conviene hacerlo ya que influye sobre la determinación de muchas otras dimensiones. Este criterio de selección de espesores de la pieza, se basa primordialmente en razones de rigidez mecánica y requiere en ocasiones ser afinado mediante ensayos prácticos, teniéndose una idea aproximada de las dimensiones finales de la pieza y de los esfuerzos que tendrá que soportar, que en nuestro caso son mínimos.

Para la placa base que vamos a diseñar, escogimos para su fabricación lámina de fierro negro calibre número 18, que de acuerdo con las tablas de equivalencia, resulta ser de un grueso de 1.2142 mm.

La tolerancia en el espesor, es la que el fabricante nos especifica, la cual es de  $\pm 0.1 \text{ mm}$  ( $\pm 0.004$  ").

**b) Agujeros Centrales:**

Estos agujeros ( que son los de 4.7mm de diámetro ), sirven para montar el engrane, y fijarlo perpendicularmente al manguillo, que sirve de eje para el estiramiento de la cuerda.

Ahora bien, los agujeros de menor diámetro (4 en total 2.2mm) son los que nos sirven para sujetar la placa a la madera por medio de tornillos.

Para determinar los diámetros y tolerancias de los agujeros, se tomará como dato de partida, las dimensiones de el manguillo, el cual se hará de varilla de acero estirada en frío, con un diámetro nominal de  $7/32$  " = 5.55626 mm de diámetro. La tolerancia entre el agujero de la placa y el manguillo deberá ser tal, que se tenga un rápido montaje.

Y por otro lado, no deberá tenerse demasiado juego, ya que esto sería en detrimento de la perpendicularidad respecto al eje, por lo tanto, el manguillo, deberá pasar fácilmente por el agujero terminado, sin sentirse fricción al hacer el acoplamiento entre ambas piezas, esta fricción se deberá al hacer el corte en la placa base y dejar en esta rebabas.

c) Forma de los soportes para alojar los tres tornillos sinfín.

Necesitamos ahora determinar la forma de los soportes, de su contorno y de los huecos, donde se alojarán los tornillos sinfín. Los 6 soportes de la placa serán idénticos entre sí.

En este caso, la forma de los soportes se simplifica un poco, a causa de que el tornillo sinfín, ya está completamente determinado, y por lo tanto, se conocen formas de los cuellos de los tornillos que serán alojados en los soportes.

Por lo tanto, habrá que darle a los agujeros de los soportes, las mismas dimensiones básicas de los cuellos del tornillo sinfín, tomando como única precaución, la de aumentar el hueco de los soportes en una tolerancia.

Esto se hace, con el objeto de que al momento del ensamble, exista la holgura necesaria mínima, para que el tornillo pueda ser sujeto a los soportes sin contratiempos.

A manera explicativa, se mencionarán algunos detalles de los soportes. La forma básica, es la de un gancho, con las puntas redondeadas, con un área de circunferencia en la parte externa, y con un semicírculo de alojamiento, a la vez de que se hacen cortes laterales en su base para su posterior doblez ( véase figura de placa base ).

d) Situación de los soportes:

Los soportes deberán de ser uniformemente distribuidos, además de que los centros de agujero para alojamiento de engrane y tornillo sinfín, se mantendrán constantes a lo largo de la placa base, ya que el estiramiento o aflojamiento de la cuerda, implica uniformidad en distancia de soporte a soporte.

e) Forma y situación de ambos extremos de la pieza:

Los dos extremos de la pieza se consideran simétricos y de las mismas características, ya que en el momento de diseñar el troquel se pueden aminorar costos.

Aunque es factible, dar formas caprichosas a los extremos, esto depende del diseñador, pero para nuestro caso, consideramos que la forma de los extremos es cuestión de acabado y vista y no de funcionalidad, por lo mismo, proponemos la forma que se muestra en el dibujo de la placa base, ya que pensamos que otras formas pueden redituar en costos, en base a la forma del punzón y demás elementos del troquel y disposición de los mismos.

f) Detalles laterales:

El muescado de los dos lados, se hace con el fin de darle presentación a la placa, pero en cuestiones de funcionalidad, no nos afecta en nada.

Este muescado se le puede dar a diferentes profundidades, partiendo de la mitad del espesor de la placa base, es lo recomendable.

g) Operaciones de acabado:

Puesto que se desea dar buena apariencia a la placa, en la superficie se le forman estampados de determinado tipo, dependiendo del diseñador, aunado a esto, el recubrimiento metálico nos determina por completo un buen acabado, por lo que debe de tenerse cuidado al efectuarlo.

Para nuestro caso, este recubrimiento metálico será el de un cromado.

El recubrimiento y características se hacen mención en este trabajo.

Resumiendo:

Analizando las características que deberá tener nuestra placa base es necesariamente su fabricación en un troquel progresivo.

A continuación daremos el material empleado en la fabricación y diseño de la placa base.

El material que emplearemos para la fabricación de nuestra pieza será lámina de fierro negro calibre número 18, AISI 1010-1018. Se selecciona este material de bajo contenido de carbono, ya que nuestra pieza no estará sujeta a grandes esfuerzos. Se deberá de poner atención a ciertos requisitos al momento de adquirir la lámina, para garantizar máximos resultados al troquelarse.

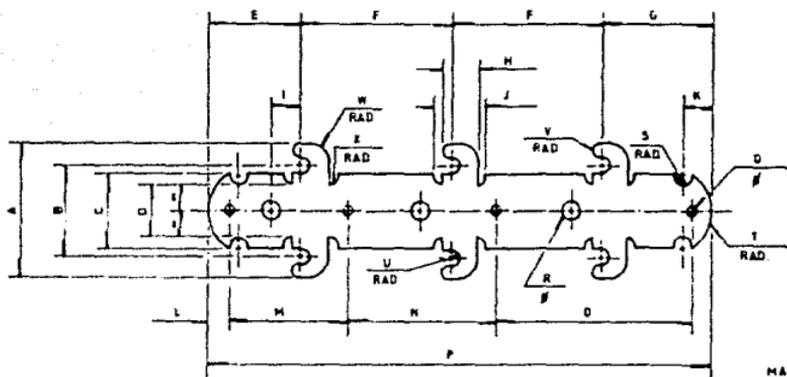
- Las superficies deben de presentarse exentas de arrugas, marcas, surcos, etc.

- El espesor debe de ser constante en todo el lote y dentro de las tolerancias que para el calibre especificado sean válidas.

- Se deberá comprobar que el material sea homogéneo sin defectos de laminado.

- Comprobar las cualidades de cortado y doblado, con las pruebas correspondientes en cada lote de entrega.

## PLACA BASE



MAT'L:

LAMINA DE  
CAL No. 11  
AISI 1010.

ACOT.: M.M.

LETRA	DIMENSION	LETRA	DIMENSION	LETRA	DIMENSION	LETRA	DIMENSION
A	29.2	G	29.6	H	29.4	S	2.1
B	20.5	H	8.0	N	35.4	T	10.0
C	17.0	I	7.0	D	31.3	U	1.7
D	11.6	J	11.4	P	104.5	V	1.2
E	21.5	K	7.0	Q	2.2	W	4.6
F	35.1	L	4.2	R	4.7	X	2.0

## 4.2.- CINTA DE OPERACIONES.

Para la fabricación de la placa base, como se mencionó con anterioridad, se hará en un troquel progresivo, para lo cual se profundizará en dos cuestiones:

- Cinta de operaciones.
- Matriz progresiva.

Es importante entender que es la cinta de operaciones o secuencias de operaciones.

La cinta o secuencia de operaciones, son los pasos ordenados que se siguen para la fabricación de cualquier pieza troquelada. Es decir, analizando nuestra placa, vemos que tiene varios cortes estampado, perforaciones, etc.

La pregunta es, cuál paso es el primero, o cuál operación, qué se hace, el punzonado de los barrenos centrales, o el punzonado de las partes laterales para formar los soportes.

Es por esto, que necesitamos ordenar nuestros pasos de operación para la fabricación de nuestra placa, por lo que se considera la siguiente secuencia de operaciones:

**OPERACION 1.- PUNZONADO DE BARRENOS CENTRALES ( 2.2MM de DIAMETRO ).**

Analizando esta operación, los barrenos que aquí se punzonarán, son los que servirán para sujetar la placa al instrumento.

No se pueden hacer todos los barrenos centrales, ya que la distribución de casquillos en nuestro sistema nos lo impide.

En esta operación, se le dejará cierto grado de salida a nuestra matriz por el desalojo del material cortado.

Además se hará un punzonado a la cinta, tipo escalón para los pasos subsecuentes.

**OPERACION 2.- PUNZONADO DE BARRENOS CENTRALES ( DIAMETRO 4.7MM ).**

Al hacer estos punzonados, ya tenemos todos los barrenos que necesitamos, tanto de sujeción, como los de colocación del engrane.

Tenemos mismo diámetro de casquillo que en la operación 1.

OPERACION 3.- PUNZONADO DE LA PARTE CENTRAL DE LA PIEZA EN EL LADO IZQUIERDO.

OPERACION 4.- PUNZONADO DE LA PARTE CENTRAL DE LA PIEZA EN EL LADO DERECHO.

OPERACION 5.- ESTAMPADO.

Esta operación es de transición, pero la podemos ocupar para el estampado, bajando el punzón estampador a cierta presión, el cual ya tiene la figura determinada.

OPERACION 6.- PUNZONADO DE LOS EXTREMOS DE LA PIEZA LADO IZQUIERDO.

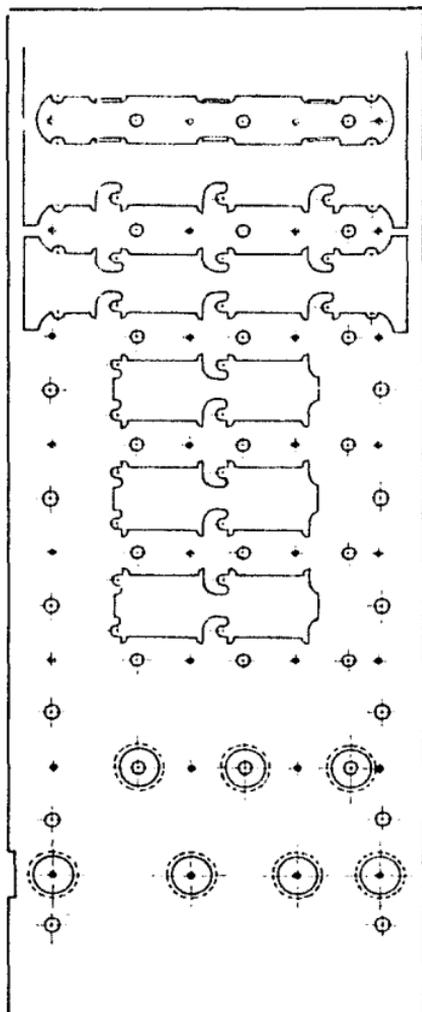
OPERACION 7.- PUNZONADO DE LOS EXTREMOS DE LA PIEZA LADO DERECHO.

OPERACION 8.- CORTE DE LOS TIRANTES QUE SUJETAN A LA PIEZA DE LA CINTA METALICA Y DOBLES DE SOPORTES A 90 GRADOS CON RESPECTO A SU EJE.

OPERACION 9.- RECUBRIMIENTO METALICO.

Realmente esta operación no entra dentro del proceso de troquelado pero es parte para la culminación de la fabricación de la pieza. El proceso de recubrimiento metálico, que es el de cromado, también se analiza en este trabajo y se llevará a cabo como se propone.

Para la anterior secuencia de operaciones, véase el siguiente dibujo.



#### 4.3.- MATRIZ PROGRESIVA PARA LA OBTENCION DE LA PIEZA.

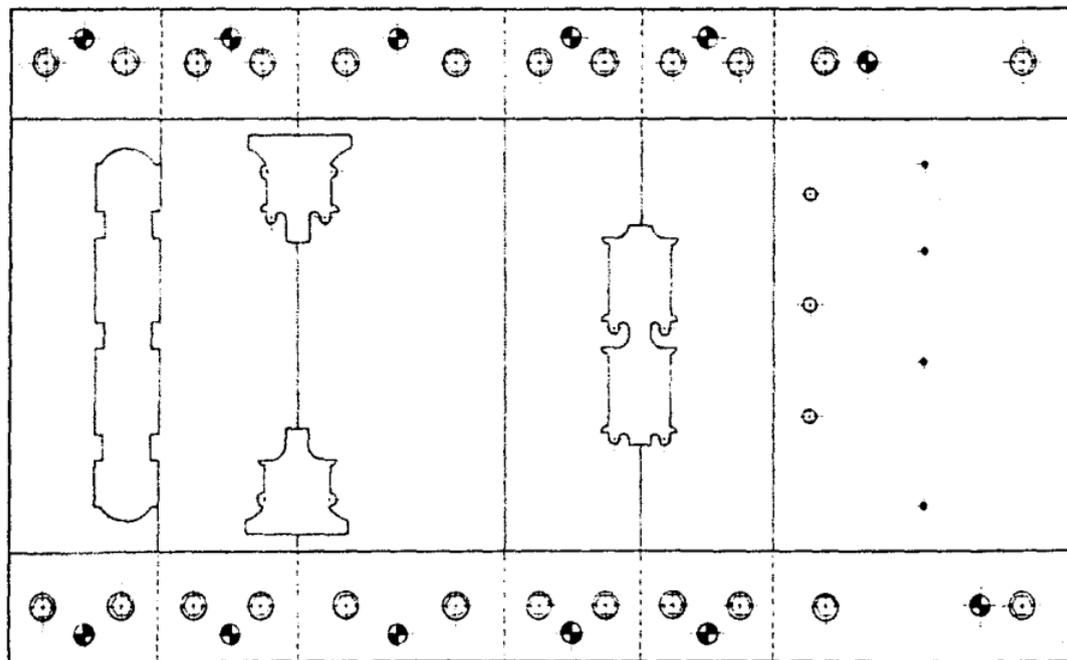
Prácticamente, la cinta de operaciones ya nos determina casi en su totalidad el tipo y características de matriz que necesitamos.

Analícemos ahora la matriz para nuestras operaciones de fabricación de la pieza.

En la operación 1, tenemos que realizar punzonado de barrenos centrales, es decir, se sugiere realizar los barrenos de 2.2mm de diámetro, entonces, tenemos un juego entre punzón y matriz de 0.06" y un ángulo de desalajo de material cortado de un grado.

En la operación 2, se realizará el punzonado de los barrenos, donde se ensamblará engrane y manguillo tensador, o sea los barrenos de 4.7mm de diámetro, entonces se dejarán las mismas condiciones del paso anterior.

En las operaciones de la 3 a la 7, se trabajará igual que en las dos anteriores, y ya en la operación 8, nuestra matriz, tendrá un radio en su contorno, para el dobléz de los soportes, ya que esta operación no debe de ser muy brusca, ya que se podrían dañar los soportes. Véase el siguiente dibujo donde se propone en vista de planta el tipo de matriz, y forma de sujeción.

**MATRIZ PROGRESIVA**

● PERNOS DE LOCALIZACION  
● CAJA Y TORNILLO ALLEN

#### 4.4.- MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACION DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL PROGRESIVO.

##### INTRODUCCION:

La fabricación es una de las partes más interesantes de nuestro estudio.

Es aquí donde se presentan la mayoría de los problemas que puede ofrecer un troquel, o sea, el correcto aprovechamiento de los recursos y herramientas disponibles para llevar a la práctica todo la serie de datos que constituyen el diseño. Desde luego, este diseño, por su lado, debe estar hecho en forma lógica, lo que es primero condición para que la fabricación del troquel sea exitosa.

Al hacerlo, se deberá de tener presente siempre la secuencia de operaciones de fabricación de cada elemento, para lograr diseños que efectivamente sean susceptibles de realizarse con los medios disponibles.

Afortunadamente existe hoy en día una gran variedad de maquinas, herramientas especializadas y de gran precisión, como el caso de las CNC, que facilitan mucho el trabajo.

Para nuestro estudio, en la fabricación de los elementos del troquel hemos hecho el Análisis suponiendo que sólo contamos con los medios convencionales de fabricación, o sea, un torno ( que puede ser revolver ), cepillo de codo, fresadoras universal y vertical, una sierra cinta, una rectificadora de superficies, instrumentos de medición, etc.

##### ACEROS EMPLEADOS EN LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL

En primera instancia, tenemos que determinar los tipos de acero que serán empleados en la fabricación del troquel.

El criterio para la selección del material más adecuado debe hacerse atendiendo los siguientes factores:

- a) Según las dimensiones del troquel.

Este factor, no sólo es importante por el costo de la materia prima, sino también para el tratamiento térmico posterior, pues deberá tenerse en cuenta el tamaño máximo de la pieza que puede ser tratada térmicamente en los hornos disponibles.

b) Según de que pieza del troquel se trate, pues es lógico que los elementos secundarios tales como zapatas, despegados, portapunzón, guías, etc., se fabriquen con aceros de menor costo que los que requieren la matriz y los punzones.

c) Según el tipo de troquel que deba emplearse para el trabajo ya sea de punzonado, embutido, doblado, etc.

Y del material que este troquel vaya a trabajar.

La mayor atención debe ponerse siempre en la matriz y en los punzones ya que estos órganos son los que ejecutan el principal trabajo.

Tratándose de un troquel de corte como es nuestro caso, debe seleccionarse para matriz y punzones un acero fino para herramientas, susceptible de ser templado, con las siguientes características:

1.- Antes que nada deberá ser indeformable al templarse. Esta característica es de suma importancia para sostener las tolerancias que pide la pieza y conservar correcta esta entre matriz y punzón.

2.- Por el trabajo que desarrolla el troquel, se requiere un acero resistente al impacto y a la vez resistente al desgaste.

La dureza que se le imparta al acero en el temple, deberá ser una determinada, para proporcionar resistencia al desgaste y mantener el filo de corte a lo largo de un máximo de operaciones, sin embargo, se deberá estar en ciertos límites, para evitar que el acero se vuelva frágil y quebradizo.

3.- Podrá ser un acero para trabajo en frío. Por otro lado, atendiendo el material que cortara (AISI 1010-1018) el acero podrá ser de usos normales.

4.- Para evitar deformaciones al ser maquinadas las piezas, el acero deberá adquirirse en estado recocido, para facilitar el maquinado y evitar desgaste prematuro de los cortadores.

Para determinar el tipo de acero que llene estos requisitos, se consultan los catálogos que proporcionan los fabricantes y distribuidores de aceros finos para herramientas. En ellos pueden encontrarse los datos referentes a Análisis químicos, características principales, formas de entrega (recocido, normalizado, dimensiones, etc), usos par los cuales se recomienda, indicaciones para los tratamientos térmicos así como el nombre y color de distinción conocidos en el mercado.

A continuación, a manera de información las características de algunos elementos de aleación, y las propiedades que les otorgan a los aceros.

**CROMO.**- Aumenta la resistencia a la tracción, la dureza y la tenacidad. Además produce resistencia a la abrasión y al desgaste. En cantidades adecuadas produce también resistencia a la corrosión y a la oxidación ( principal elemento de aleación en los aceros inoxidables).

**NIQUEL.**- Aumenta la resistencia a la tracción y la dureza, sin sacrificar tenacidad.

En cantidades mayores del 6 al 8%, contribuye a la resistencia a la corrosión y a la oxidación.

**MOLIBDENO.**- Aumenta también la resistencia a la tracción, la dureza y la tenacidad. Conserva la dureza del acero a temperaturas elevadas. ( Aceros para trabajo en caliente ).

**TUNGSTENO.**- Aumenta dureza y tenacidad. Produce resistencia a temperaturas elevadas, manteniendo el filo.

**VANADIO.**- Aumenta la dureza, produce resistencia al golpe y al choque. Mantiene un grano fino. Intensifica el efecto de otros elementos de aleación.

**COBALTO.**- Mantiene la dureza al rojo y aumenta la tenacidad. Intensifica los efectos de otros elementos de aleación.

Los materiales elejidos para los diferentes elementos que constituyen el troquel son los siguientes:

**MATRIZ.**- Para la matriz se ha escogido el acero tipo AISI-D2, cuyos equivalentes de los diversos fabricantes son:

- Acero Solar \_\_\_\_\_ Nahoá IIC.
- Aceros Atlas \_\_\_\_\_ FNS.
- Aceros Assab \_\_\_\_\_ DF2.

Análisis.-

C - 1.50%
Mn- 0.40%
Si- 0.30%
Cr-12.00%
V - 0.85%
Mo- 0.80%

**Características:**

Acero al alto cromo, cuyos principales elementos de aleación aparte del cromo son el carbono, molibdeno y vanadio. Este acero es indeformable al temple, de alta resistencia al desgaste, especialmente adecuado para trabajos en frío de corte.

Temple.- Calentar a una temperatura de 980<sup>o</sup> a 1020<sup>o</sup>C, enfriar luego en chorro de aire o en aceite.

Dureza después del revenido.- Temperatura de revenido de 260<sup>o</sup>C a 290<sup>o</sup>C, se obtiene una dureza de 58 a 60 Rc, con lo que se obtiene el mejor balance entre tenacidad y resistencia a la abrasión.

**PUNZONES.**- Todos los punzones, se fabricarán del mismo acero, habiendose escogido para esto el tipo AISI-01, cuyos equivalentes son:

- Acero Solar -----Azteca II
- Aceros Atlas -----Keewatin

Análisis.-	C - 0.90%
	Mn - 1.20%
	Si - 0.30%
	Cr - 0.50%
	W - 0.50%
	V - 0.20%

**Características:**

Acero indeformable de uso universal, de alta resistencia al corte y abrasión, adecuado para trabajos en frío, para troqueles de parte complicada.

- Temple.- Calentar a 780°C, hasta 815°C, enfriar en aceite.

- Revenido.- A una temperatura de 180°C a 200°C para obtener de 61 a 62 Rc de dureza.

PORTAPUNZONES.- Ya que este elemento no participa directamente en el corte, no es necesario emplear en él un acero templado, de cualidades superiores, que sea costoso, como los descritos para la matriz y los punzones.

Por ello, deberá usarse un acero de calidad intermedia, de mayor tenacidad que un acero de bajo carbono, procurando que sea un acero que pueda usarse sin temple, para mantener bajo el costo de fabricación del portapunzón.

Se opta por el acero de tipo AISI - 9840 T ( T = tratado ), que su similar con los diferentes fabricantes es:

- Aceros Atlas ----- SPS 245 Tratado
- Aceros Solar ----- D.

Este acero se surte ya tratado con una resistencia a la tracción de 85 a 95 Kg/mm<sup>2</sup>, y normalizado para garantizar un maquinado sin deformación posterior.

- Análisis.-  
C - 0.38%  
Cr - 1.00%  
Ni - 1.00%  
Mo - 0.20%  
Si - 0.30%  
Mn - 0.50%

- Características.- Acero al cromo-níquel-molibdeno de gran tenacidad con elevada resistencia al desgaste, para usos generales de maquinado.

- Temple.- No necesita.

ZAPATAS, DESPEGADOR Y MAMELON.- Estos elementos no están sujetos a grandes esfuerzos y a trabajos que los soliciten a desgaste en un alto grado. Por lo tanto, se usará en ellos un acero al carbono normal de bajo costo. O sea, se usará un acero de bajo carbono tipo SAE 1018 o 1025 los cuales se encuentran fácilmente y en todas las dimensiones en el mercado.

De las columnas guías solamente diremos que deberán ser de un acero templado y rectificado, ya que están sujetas a desgaste.

## 4.5.- ENGRANAJE TORNILLO SIN-FIN CORONA.

### 4.5.a.- INTRODUCCION.

Probablemente uno de los primeros métodos de transmisión de movimiento de una rueda rotatoria sobre otra, fue por medio de ruedas de fricción, que no requerían lubricación.

La fricción existente entre las caras de estas ruedas, es suficiente para transmitir una cantidad limitada de potencia, la cual se produce a través de innumerables irregularidades microscópicas o superficies ásperas que se encuentran fuertemente comprimidas entre sí.

Los impulsores de fricción son prácticos en aquellos casos donde es muy reducida la potencia.

No se les puede emplear satisfactoriamente donde los componentes o movimientos inevitables que tienen lugar con cargas momentáneas o permanentes, mayores que la fuerza de fricción entre la rueda impulsora y la impulsada, lo impiden.

Por lo tanto, para transmitir fuerza y movimiento en forma eficiente y segura, bajo cualquier condición de servicio, se deben aumentar las diminutas irregularidades sobre las caras de las ruedas de fricción, hasta que asuman las formas características de ranuras o dientes distribuidas uniformemente.

Así las ruedas de fricción se convierten en engranes capaces de transmitir fuerza y movimiento a relaciones de velocidad predeterminadas.

En base a lo expuesto, los engranes dentados pueden considerarse como una evolución de las ruedas de fricción, donde las superficies de fricción de las ruedas imaginarias, se convierten en superficies de paso en los engranes.

Así mismo, los engranes se emplean para transmitir movimientos y potencia de un eje que se encuentra girando a otro, o a un elemento dotado de movimiento.

Cuando se presenta lo primero, los ejes pueden tener tres posiciones entre sí.

- Paralelos.
- Intersectándose.
- En un ángulo o cruzados.

Si los ejes son paralelos, las ruedas de fricción tienen forma cilíndrica.

Si los ejes no son paralelos, variara la forma de las ruedas de fricción y engranes.

Por ejemplo, en ejes que se intersectan las ruedas se convierten en conos y los engranes desarrollan una superficie cónica, por lo que son llamados engranes conicos.

Cuando el movimiento es transmitido de una flecha a un elemento dotado de movimiento, una rueda cilíndrica de fricción puede acoplarse a una superficie plana, de la misma manera, los engranes asumen una forma similar.

Todos estos métodos de transmisión de potencia entre cilindros, conos y superficies planas, involucran movimiento rotatorio.

Cuando los ejes se cruzan ( uno por abajo del otro ), las ruedas de fricción pueden tener forma cilíndrica o hiperbólica.

Por lo tanto los engranes desarrollados en estas superficies son helicoidales.

Una clasificación general de los tipos de engranes es:

- Engranes rectos.
- Engranes helicoidales.
  - a) Ejes paralelos.
  - b) Ejes cruzados.
- Engranes conicos.
- Engranes sin-fin.

Este último tipo de engranaje es el que nos interesa para nuestro estudio, por lo tanto analicemos de una forma práctica sus características.

## ENGRANAJE DE TORNILLO SIN-FIN.

El tornillo sin-fin, es un cilindro con dientes, que se parecen a los filetes de una rosca trapecial generalmente, y se monta en un árbol que es perpendicular al árbol de la rueda del tornillo sin-fin.

Y la rueda del tornillo sin-fin, es una rueda que tiene dientes tallados formando ángulo con su eje de rotación y radialmente en su cara.

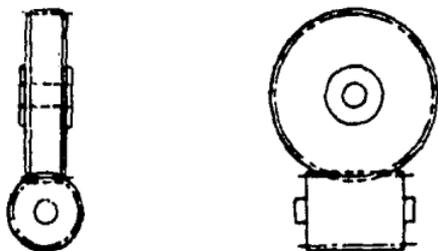
Este tipo de engranaje se emplea para transmisión de potencia entre ejes que se cruzan, por lo regular perpendicularmente entre sí. En un espacio pequeño, se pueden obtener satisfactoriamente relaciones de velocidad comparativamente altas.

Por otro lado, el contacto de impacto en el engrane de los engranajes rectos y de otros tipos, no existe en los de tornillo sin-fin. En lugar de este impacto, los filetes se deslizan en contacto permanente con los dientes de la rueda, lo que da por resultado un funcionamiento silencioso si el diseño y la fabricación son correctos.

La sección de una gúla, o filete del tornillo sin-fin analizado en un plano diametral axial, es generalmente de flancos rectos, ya que ésta es la sección de un diente de cremallera de envolvente. Si tenemos, que el tornillo sin-fin se moviese sin girar en dirección de una línea recta perpendicular al eje de la rueda, la acción de los dientes en un plano que contenga al eje del tornillo y normal al eje de la rueda, sería parecida a la acción que ejerce el diente de una cremallera sobre una rueda.

Analizando, cuando el engrane impulsor de una transmisión helicoidal en ángulo recto es de mucho menor diámetro que el engrane impulsado se le puede calificar como juego de engrane sin-fin corona.

( Véase figura A ).



EL CONTACTO SE CONCENTRA  
SOBRE UN SOLO PUNTO.  
LOS DIENTES SON RECTOS  
Y POR LO TANTO  
NO ENVUELVEN AL SIN-FIN.

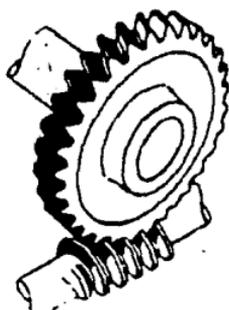


Fig. A

**SIN-FIN SIN GARGANTA  
Y  
CORONA HELECOIDAL**

Siendo el sin-fin, muchas veces el engrane más pequeño, su longitud en proporción con su diámetro, permite que los dientes helicoidales circunden al núcleo más de una vez, lo que les da la apariencia de tornillo.

Los engranes sin-fin pueden ser sencillos, dobles, triples, etc. ( Véase figura B ).

Esto es según el número de hilos o dientes que tengan. El número relativo de dientes entre el engrane sin-fin y su corona determina la relación en la reducción de velocidad. Si los dientes, tanto del sin-fin como los de la corona, tienen una forma verdaderamente helicoidal, el contacto se reconcentra en una serie de pequeños puntos, lo que limita en forma definitiva la fuerza que son capaces de transmitir.

Aunque estos engranes generan el movimiento muy suavemente, ocurre un desgaste excesivo cuando la fuerza transmitida es de alguna consideración siendo esta la razón por la cual se emplean poco los engranes sin-fin y coronas helicoidales sin garganta, en transmisiones de ejes que se cruzan.

Como regla general, las transmisiones compuestas por engrane sin-fin corona, deben de transmitir una fuerza considerable, por lo que se tiene que maquinarse la corona de tal manera que permita un aumento importante en el área de contacto de los dientes ( ver figura C ).

Esto se hace modificando los dientes de la corona impulsada para que pueda circundar parcialmente al engrane sin-fin. A esta forma de engrane se le llama corona con garganta y es el que más se emplea en esta clase de transmisiones.

Otra variante de esta tipo de engranes son los llamados de garganta doble en los cuales tanto la corona como el sin-fin están provistos de garganta ( ver figura D ).

Así no sólo la corona circunda parcialmente al sin-fin, sino que también este circunda parcialmente a la corona, lo que aumenta todavía más el área de contacto.

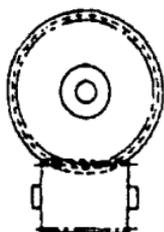
Estos engranes son capaces de transmitir cargas sumamente pesadas. Las guías o roscas del tornillo pueden ser talladas en un

torno o con matrices de estampar, o pueden ser formadas con fresa de disco talladas por generación o por fresa madre, cepilladas o moldeadas.



SIN - FIN DE VARIOS HILOS

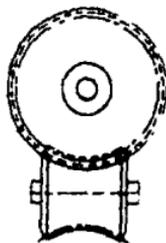
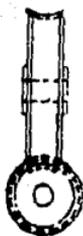
Fig. B



LOS DIENTES DEL ENGRANE SON CURVOS, ESTO TIENE COMO CON-  
SECUENCIA QUE ENVUELVA PARCIALMENTE AL SIN - FIN.

Fig. C.

**SIN-FIN Y CORONA  
CON GARGANTA**



TANTO EL SIN-FIN COMO LA CORONA TIENEN SUPERFICIES CONCAVAS  
CON LO QUE SE CONSIGUE QUE SE ENVJELVAN RESPECTIVAMENTE.

EL CONTACTO RESULTANTE SOBRE CADA DIENTE SE VE DISTRIBUIDO  
SOBRE UN AREA CONSIDERABLE DEL DIENTE.

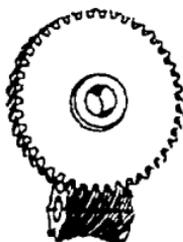


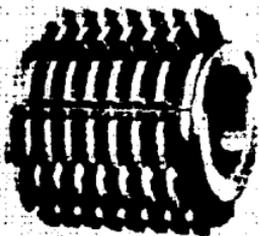
Fig. D

**SIN-FIN Y CORONA  
DE DOBLE GARGANTA**

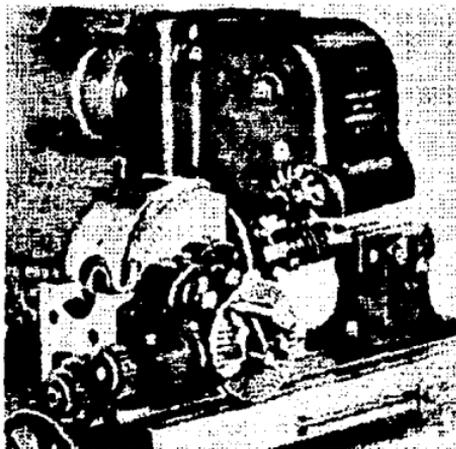
Fig. D

La rueda dentada de tornillo sin-fin, debe ser fresada con fresa madre para que se adapte perfectamente ( véase figura E,F,G ).

Posteriormente daremos el proceso de fabricación básico, tomando en cuenta, que se tiene para ello máquinas herramientas de uso común.



FRESA MADRE PARA TALLAR DIENTES DE ENGRANAJES



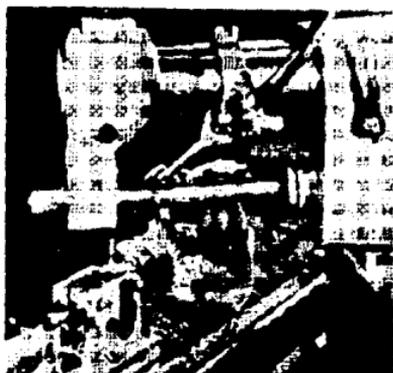
TALLADO DE UN TORNILLO SIN - FIN  
CON EL APARATO DE FRESAR CREMALLERAS

## FRESA MADRE Y TALLADO DE UN TORNILLO SIN-FIN

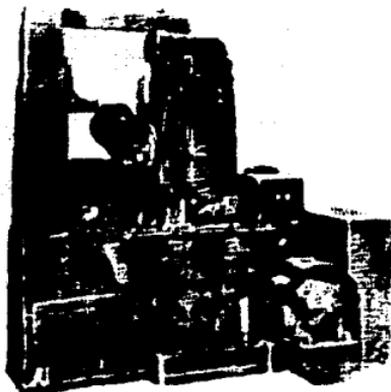


TALLADO DE UNA RUEDA  
DENTADA DE  
TORNILLO SIN - FIN

TALLADO DE UNA  
RUEDA DENTADA  
DE TORNILLO SIN - FIN  
EN UNA FRESADORA  
CON UN ANGULO  
DETERMINADO



TALLADO DE RUEDAS  
DE TORNILLO SIN-FIN



MAQUINA ESPECIAL  
PARA TALLAR  
ENGRANAJES CON  
FRESA MADRE

TALLADO DE RUEDAS  
DE TORNILLO SIN - FIN  
DE DENTADO  
HELICOIDAL EN UNA  
MAQUINA ESPECIAL



MAQUINAS GENERADORAS  
DE ENGRANES

#### 4.5.b.- CALCULOS.

En los cálculos que necesitamos, para determinar el tornillo sin-fin y su fabricación, nos familiarizaremos con la designación y nomenclatura del mismo, para hacer de esto un análisis más entendible.

M = Módulo.

n = Número de filetes o entradas.

P = Paso lineal.

$\alpha$  = Angulo de inclinación del filete o de la hélice.

de = Diámetro exterior.

dp = Diámetro primitivo.

d = Diámetro al fondo del hilo.

LR = Longitud de la parte roscada.

h = Altura total del filete.

L = Altura de la cabeza del filete.

l = Altura del pie del filete.

e = Espesor del filete.

c = Espacio entre filetes.

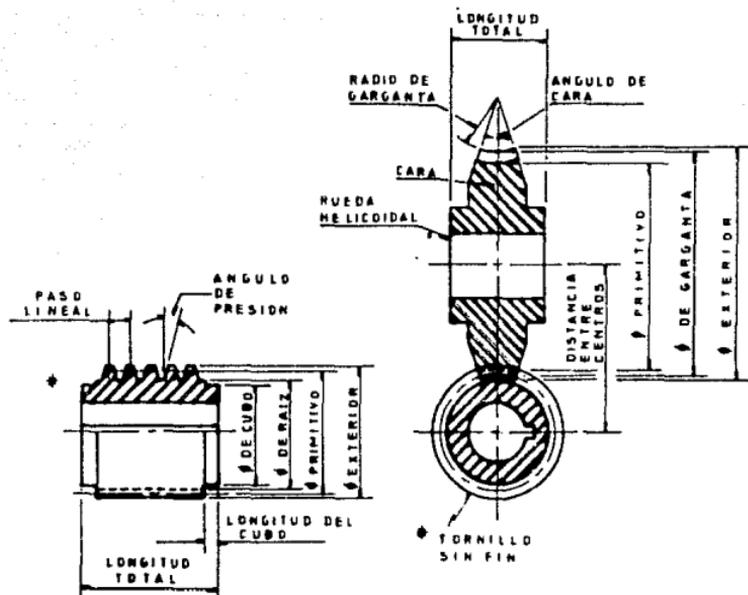
$\beta$  = Angulo en el fianco del filete.

T = Ancho en el fondo del filete.

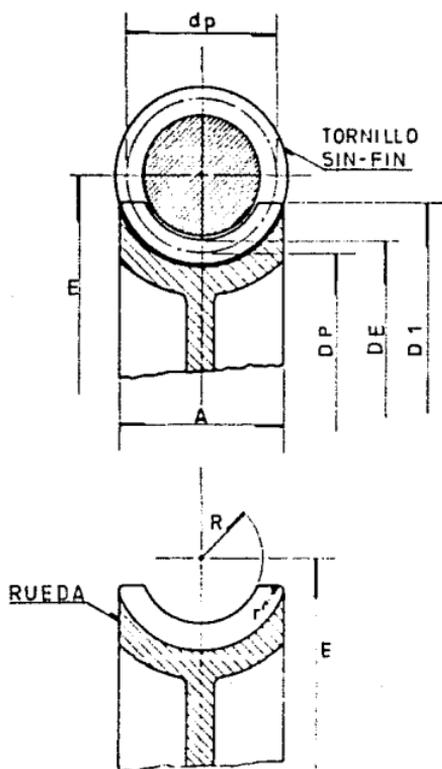
Y ancho de la punta de la  
cuchilla para roscar.

R = Radio en la cabeza del filete.

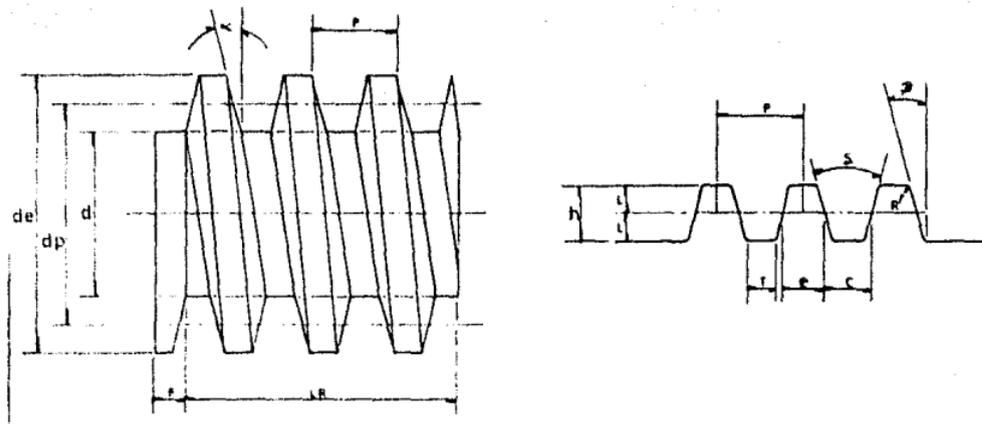
& = Angulo total entre fiancos.



## PARTES Y TERMINOS DEL ENGRANAJE DE TORNILLO SIN-FIN



**DESIGNACION DEL ENGRANAJE  
TORNILLO SIN-FIN Y SU RUEDA**

**DESIGNACION DEL TORNILLO SIN-FIN**

FORMULAS A EMPLEARSE PARA EL CALCULO DEL  
TORNILLO SIN-FIN.

$$M = P / \pi$$

$$Tg = P/dp \pi = M/dp$$

$$de = dp + 2M = dp + 2L, \text{ de donde}$$

$$dp = de - 2M = de - 2L$$

$$d = de - 2h, \text{ de donde}$$

$$h = 2.167 \times M$$

$$L = M$$

$$L = 1.167 \times M$$

$$e = P/2$$

$$c = P/2$$

$$\beta = \text{Filete normal} = 14 \frac{1}{2}^\circ$$

$$T = (P \times \cot \beta / 4 - L) 2 \times \lg \beta$$

$$LR = P (4.5 + \# \text{ dientes de la rueda} / 50)$$

Nota .- Como norma actual, en los tornillos sin-fin de filete simple y doble,  $\beta = 29^\circ$

## CALCULOS DEL TORNILLO SIN-FIN.

1.- Necesitamos conocer el modulo, el cual esta dado por la relación  $M = P/\pi$ , sabemos que de nuestro tornillo muestra  $P = 2 \text{ mm}$ .

Entonces, el modulo será:

$$M = 2/\pi = 0.6366$$

2.- Para el ángulo  $\alpha$ , tenemos que

$$\text{Tg}\alpha = P/dp \times \pi = M/dp$$

pero desconocemos  $dp$ , por lo cual, tenemos la relación

$$dp = de - 2M$$

sabemos que  $de = 6.2 - 2(0.6366) = 4.9268 \text{ mm}$

y para conocer  $\alpha$ , tenemos

$$\text{Tg}\alpha = 0.6366/4.9268 = 0.1292$$

de donde  $\alpha = \text{Tg}^{-1} 0.1292 = 7^\circ 36'$

3.- Para conocer  $d$ , de la relación

$$d = de - 2h, \text{ donde } h = 2.167M = 1.3795 \text{ mm}$$

entonces tenemos que  $d = 6.2 \text{ mm} - 2(1.3795) = 3.441 \text{ mm}$

luego  $l = 1.167M = 0.7429$  y además

$$e = c = P/2 = 1$$

4.- Para el ángulo  $\beta$ , sabemos que es filete normal, entonces

=  $14\frac{1}{2}^\circ$ , aplicandolo a la relación

$$T = (P \times \cotg \beta / 4 - l) \times 2 \operatorname{Tg} \beta$$

tenemos que

$$T = (2 \times \cotg 14.5/a - 0.7429) \times 2 \operatorname{Tg} 14.5$$

$$T = 0.615746 \text{ mm}$$

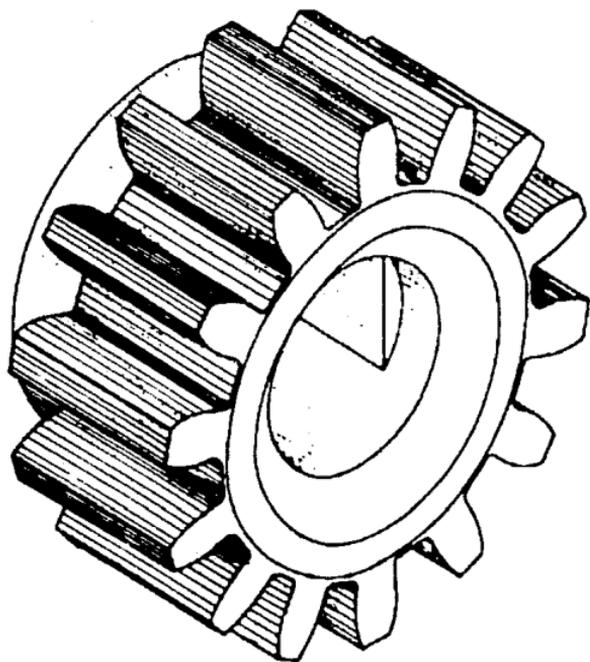
5.- Para calcular el largo de la rosca, de la relación

$$LR = P(4.5 + \# \text{ de dientes de la rueda}/50)$$

Sustituyendo  $LR = 2(4.5 + 14/50) = 9.56 \text{ mm}$ .

Ahora bien, los cuellos y las distancias de las entradas a los soportes son dados en base a diseño, así como también la parte moleteada que penetra en la paleta de plástico.

Notése, que partimos de dos valores conocidos, que son P y de, los cuales se tomaron del tornillo muestra.



NUMERO DE DIENTES : 14

MODULO : 0.6366.

DIAMETRO DE PASO : 8.9124 MM.

PASO : 2. MM.

DIAMETRO EXTERIOR : 10.18 MM.

MATERIAL : AISI. 1010-1018

ESC. : 1.7.7.

ACOT. : M.M.

**ENGRANE**

Analizando lo anterior, nos familiarizaremos también, con la designación y nomenclatura de la rueda de tornillo sin-fin esto es, con el engrane.

**M** = Modulo.

**P** = Paso.

**D<sub>p</sub>** = Diámetro primitivo o Diámetro de paso.

**D<sub>e</sub>** = Diámetro exterior.

**E** = Distancia entre ejes de la rueda y sin-fin.

**A** = Ancho de la rueda.

**R** = Concavidad periférica.

**N** = Número de dientes.

**L** = Altura de la cabeza del diente = Altura del pie del diente.

**h** = Altura total del diente.

**e** = Espesor del diente.

**c** = Espacio entre dientes.

De la misma manera que para el tornillo sin- fin, tenemos las siguientes formulas para cada uno de los elementos anteriores.

$$- M = P/3.1416 = D_p/N.$$

$$- D_e = ( N + 2 )M$$

$$- D_p = NM$$

$$- E = D_p + d_p/2; d_p = \text{diámetro de paso del tornillo.}$$

$$- A = 2.38xP + 6$$

$$- R = 0.5d_p - M.$$

$$- e = P/2$$

$$- c = P/2$$

$$- h = 2.167(M)$$

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Para el cálculo del engrane, partiremos del número de dientes y del paso, que en este caso es igual al paso del tornillo sin-fin.

DATOS:

$$N = 14$$

$P = 2\text{mm}$  Nota.- Estos datos son tomados del tornillo y engrane muestra.

a) Para el módulo, de la relación

$$M = P/3.1416 = 2/3.1416 = 0.6366.$$

b) El diámetro exterior será

$$D_e = (n + 2)M = (14 + 2) 0.6366 = 10.18 \text{ mm.}$$

c) Por lo consiguiente, el diámetro de paso

$$D_p = 14(0.6366) = 8.9124\text{mm.}$$

d)  $E = 8.9124 + dp/2 = 8.9124 + 4.9268/2 = 6.9196.$

e) El ancho de la rueda será:

$$A = 2.38(2) + 6 = 10.76\text{mm.}$$

f)  $R = 0.5dp - 0.6366 = 0.5(4.9268) - 0.6366 = 1.8269 \text{ mm.}$

g)  $e = 2/2 = 1.$

h)  $c = 2/2 = 1.$

i)  $h = 2.167 (0.6366) = 1.379\text{mm.}$

#### 4.5.c.- MATERIALES EMPLEADOS.

Para el diseño y la fabricación del engranaje tornillo sin-fin corona, emplearemos el material AIAI 1018, por lo cual tendremos las siguientes características de este material.

Color de distinción — Verde.

Tipo ————— Acero de bajo contenido de carbono (18%).

Análisis tipo ————— Carbono de 0.15 - 0.20.  
Manganeso 0.60 - 0.90.  
Fósforo 0.04 máximo.  
Azufre 0.05 máximo.

Forma de entrega comercial:

Para nuestro caso, emplearemos barras redondas de acuerdo a nuestras medidas requeridas, las cuales existen comercialmente.

-Propiedades mecánicas:

- a) Fácil maquinabilidad.
- b) Límite de elasticidad 38 a 36 Kgs/mm<sup>2</sup>.
- c) Carga de rotura 42 a 51 Kgs/mm<sup>2</sup>.
- d) Alargamiento en 2" de longitud de 15 a 18%.
- e) Reducción de área de 35 a 40%.
- f) Dureza de 70.5 a 77.5 Rockwell B.

Algunas aplicaciones generales de este material son:

Fabricación de piezas automotrices de media resistencia, y normalmente en piezas que requieren únicamente en endurecimiento superficial como pernos, ejes de motores eléctricos, vástagos de amortiguadores etc.

También existen tratamientos térmicos recomendables para este material:

- Carburizado 900 a 927 °C.
- Prealentamiento 871 a 900 °C.
- Revenido de 121 a 204 °C.

El material que también podemos emplear en la fabricación de nuestras piezas (tornillo sin-fin, engrane), es el "acero plata".

Para nuestro caso, fundamentalmente son unas barras redondas de acero rectificadas a precisión, que tienen un acabado brillante (plateado), y tolerancias dimensionales extremadamente reducidas.

Podemos tener varias composiciones, por ejemplo:

- Acero de bajo contenido de carbono.
- Acero de mediano contenido de carbono.
- Acero de alto contenido de carbono.

De aceros aleados o de aceros inoxidable.

Realmente no existe una regla fija a este respecto, pero se ha hecho una costumbre del término "acero plata", principalmente para calidades de aceros para herramientas, aceros inoxidable y acero rápido.

En principio, el acero plata se desarrolla para la manufactura de brocas, pero hoy en día se le emplea en una infinidad de aplicaciones.

Se presta particularmente para tornillería maquinada, por ejemplo:

Para la fabricación en grandes series y cuando es de importancia asegurar una uniformidad de pieza a pieza.

Debido a la exactitud de las medidas y la exclusión de descarbonización, el acero plata hace factible un ahorro considerable en el maquinado y en el rectificado.

Comunmente se tiene tres tipos de "acero plata", que son:

- Acero plata para temple al agua.
- Acero plata para temple en aceite.
- Acero plata inoxidable de corte rápido

Este último es el más apropiado para el caso que nos ocupa, ya que se considera factible por las propiedades que nos presenta.

- Resistencia a la corrosión.
- Mejores características para maquinado que los aceros inoxidable austeníticos comunes.

- No es adecuado para soldar.

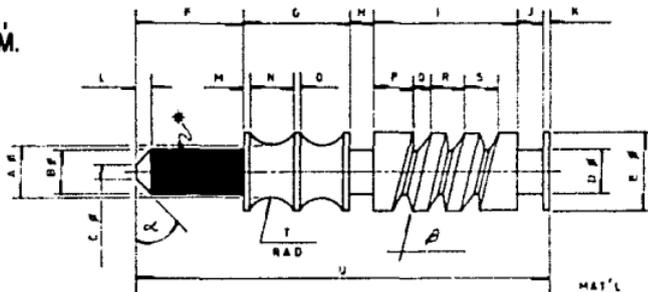
Varios ejemplos de aplicaciones comunes de este tipo de acero son: Bombas, ejes de lavadoras, agujas y ejes de medidores para corriente eléctrica y para agua, partes de maquinaria para la industria alimenticia, partes de maquinas para oficinas, partes en basculas y balanzas, tornillos, piñones y engranes en instrumentos de precisión, agujas para pistolas de aire para pintar, etc.

El fabricante nos ofrece de 1.50mm a 35 de diámetro, y largos aproximadamente de tres metros.

En cuanto a tratamiento térmico, este acero, tal como se suministra tiene una dureza adecuada para su fácil maquinado. No es templeable.

## TORNILLO SIN-FIN

ESC. : 3.2:1,  
ACOT. : M.M.



\* MOLETEADO

MAT'L

BARRA DE ACERO DE 1/4"  $\phi$   
AISI 1010-1018

LETRA	DIMENSION	LETRA	DIMENSION	LETRA	DIMENSION	LETRA	DIMENSION
A	3.8	G	8.5	M	0.5	S	1.9
B	3.3	H	1.8	N	3.5	T	7.3
C	2.7	I	10.4	O	0.5	U	31.5
D	3.4	J	1.7	P	3.0	$\alpha$	45°
F	5.2	K	0.5	Q	1.0	$\beta$	75.5°
F	8.5	L	3.0	R	2.0		

#### 4.5.d.- RUTAS DE PROCESO.

Para el desarrollo de las rutas de proceso, es importante conocer los siguientes parámetros:

I.- Velocidad de corte ( VC ).

II.- Velocidad de maquina ( VM ).

III.- Tiempo de corte ( TC ).

Entonces, para el tornillo sin-fin, tenemos la secuencia de operaciones, tomando en cuenta el calculo de los parámetros anteriormente citados.

##### OPERACION 1.- REFRENTAR

Dado que se propone trabajar con un acero AISI 1010-1018, el fabricante de maquinas herramienta, recomienda una velocidad de 800rpm.

Además sabemos que la VC, esta dada por la relación:

$VC = \pi (D) (N)$ , sustituyendo valores

$$VC = 3.1416(6.35)(800) = 15959 \text{ mm/min.}$$

Y conociendo también la relación de

$TC = \pi (D)(L)/VC(\text{Avance})$ , donde

L = Longitud a maquinar, sustituyendo valores en la relación anterior.

$$TC = 3.1416(6.35)(3.175)/15959.29(0.4) = 0.0099 \text{ min.}$$

Notése que estamos dando un avance de 0.4mm, que es lo recomendable para el tipo de material que estamos trabajando.

##### OPERACION 2.- CILINDRAR A DIAMETRO (E).

En las mismas condiciones que en el paso anterior de VM, y VC.

Y ya que también se cuenta con la relación

$TC = D(L) (CTE)$ , donde CTE se puede tomar de la tabla auxiliar 1.a.

Sustituyendo valores para TC, tenemos

$$TC = 6.35(31.5)(0.00052) = 0.1040 \text{ min.}$$

### OPERACION 3.- CILINDRAR A DIAMETRO (B).

En las mismas condiciones que en los pasos anteriores y auxiliándonos de la tabla I.a, haciendo el avance de un corte a 2.9, tenemos

$$TC = \pi (8.5) (0.00007) = 0.0036 \text{ min.}$$

### OPERACION 4.- HACER CHAFLAN CON GRADOS $\alpha$ .

Aplicando la relación de TC, empleada en la operación 1, de donde:

$D = 3.3$ ,  $L = 3$ , y el avance haciendo un corte a 0.6mm, tenemos:

$$TC = \pi (3.3) (3.0) / 15959.29 (0.6) = 0.0032 \text{ min.}$$

### OPERACION 5.- MOLETEAR EL DIAMETRO (B) A LA LONGITUD (F-L).

En las mismas condiciones anteriores

$$TC = \pi (3.3) (5.5) / 15959.29 (1) = 0.00335 \text{ min.}$$

### OPERACION 6.- MAQUINAR CUELLO 1.

Con las mismas consideraciones anteriores

$$TC = \pi (6.2) (3) / 15959.29 (1.2) = 0.0030 \text{ min.}$$

### OPERACION 7.- HACER CUELLO 2.

Al igual que en la operación 6,  $TC = 0.0030 \text{ min.}$

### OPERACION 8.- HACER CUERDA.

Se nos recomienda  $VC = 7620 \text{ mm/min}$ , y de la relación

$VC = \pi (N)(D)$ , despejando  $N$ , y sabiendo que  $D = 6.2$ , entonces

$$N = 7620 / \pi (6.2) = 391.21 \text{ rpm.}$$

Y haciendo un avance a 1.4, entonces

$$TC = \pi (5.2) (10.4) / 7620 (1.4) = 0.01898 \text{ min.}$$

**OPERACION 9.- HACER GARGANTA 1 (H).**

En las mismas condiciones que se han venido manejando

$$TC = \pi (6.2) (1.8) / 15959.29 (1.4) = 0.0015 \text{ min.}$$

**OPERACION 10.- HACER GARGANTA 2 (J).**

Con las mismas condiciones que el paso anterior, TC = 0.0015 min.

**OPERACION 11.- CORTAR LONGITUD U.**

Tomando las mismas condiciones de VM y VC, tenemos que

$$TC = \pi (6.2) (3.1) / 15959.29 (3.1) = 0.0012 \text{ min.}$$

## HOJA DE PROCESO DE MAQUINADO

 DESCRIPCIÓN: TERMINADO MACHO

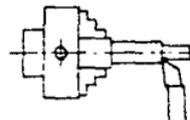
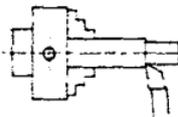
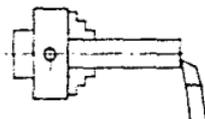
 MATERIAL: BARRA REDONDA DE ACERO A 3 MILES

 DIBUJO N° 504 N.º 4422

 DIMENSIONES DEL MATERIAL: 6.3500 DE DIAMETRO Y 1.2700 DE LONGITUD

 HOJA 1 DE 4

N.º DE OPERACION	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES	MAQUINA Y ACCESORIOS	HERRAMIENTAS DE CORTE	ACCESORIOS DE MEDICIÓN	VEL. DE MAQUINA RPM	VEL. DE CORTE M/MIN	TIEMPO DE MAQUINADO MIN.
1	PERFORAR	TORNADO REVOLVER	BUTIL PARA PERFORAR	—	800	166624	20000
2	CILINDRADO DIAMETRO 1"	TORNADO REVOLVER	BUTIL PARA DESBARBAR	VERNIER MICROMETRO	800	166624	21000
3	CILINDRADO DIAMETRO 1"	TORNADO REVOLVER	BUTIL PARA DESBARBAR	VERNIER MICROMETRO	800	166624	20000


**OBSERVACIONES:**

NÓTESE QUE EN ESTAS TALS OPERACIONES DE CILINDRADO SE TIENEN LAS MISMAS CONDICIONES DE MAQUINADO

## HOJA DE PROCESO DE MAQUINADO

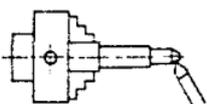
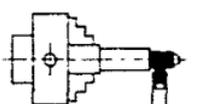
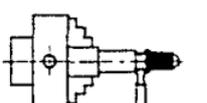
DESCRIPCION: TORNILLO SIN FIN

MATERIAL: BARRA REDONDA DE ACERO AISI 1020

DIBUJO Nº: SIN NÚMERO

DIMENSIONES DEL MATERIAL: 835 MM DE DIAMETRO Y 1000 MM DE LONGITUD

HOJA 1 DE 4

NÚMERO DE OPERACION	DESCRIPCION DE OPERACIONES	MAQUINA HERRAMIENTA	HERRAMIENTAS DE CORTE	INSTRUMENTOS DE MEDICION	VEL. DE MAQUINA RPM	VEL. DE CORTE MM/MIN	TMPO. DE MAQUINADO MIN	
4	HAERLE CHAPLAN CON BRADOS M	TOCNO REVOLVER	BURIL DE FORMA	VERNIER	800	1556.25	0.0032	
5	MOLETEAR EL DIAMETRO Y A LA LONGITUD DEL	TOCNO REVOLVER	MOLETEADOR	-----	800	1556.25	0.0035	
6	MAQUINAR EL BUELO	TOCNO REVOLVER	BURIL DE FORMA	VERNIER	800	1556.25	0.0030	
OBSERVACIONES: PUEDE SER QUE EN LA OPERACIONES SEAN MENORES LAS VELOCIDADES DE CORTE Y MAQUINA PERO SE CONSIDERAN AS POR QUE LA HERRA ES PEQUEÑA								

# HOJA DE PROCESO DE MAQUINADO

 DESCRIPCION: ESPILLO MUELLE

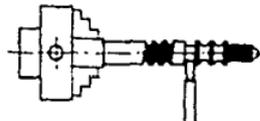
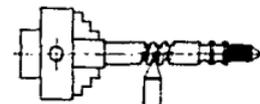
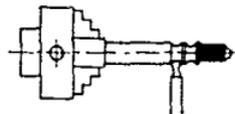
 MATERIAL: BARRA LONCHA DE ACERO AISI 1770-1778

 DIBUJO N°: EN NÚMERO

 DIMENSIONES DEL MATERIAL: 81 MM DE DIAMETRO Y 80 MM DE LONGITUD

 HOJA: 1 DE 1

NÚMERO DE OPERACION	DESCRIPCION DE OPERACIONES	MAQUINA HERRAMIENTA	HERRAMIENTAS DE CORTE	INSTRUMENTOS DE MEDICION	VEL. DE MAQUINA RPM	VEL. DE CORTE MM/MIN	TIEMPO DE MAQUINADO MIN.
7	MADEO CUELLO	TORNADO REVOLVER	FURIL DE FORMA	CALIBRO	800	15450,24	01:30
8	MADEO CUERDA	TORNADO REVOLVER	FURIL DE FORMA	VERNIER PLATINA	1000	7600	01:00
9	MADEO CAÑONCILLO	TORNADO REVOLVER	FURIL DE FORMA	VERNIER	800	15450,24	02:00


**OBSERVACIONES:**

SE CONSIDERA QUE EN LA OPERACION DEL BLOQUE APILADO DE HERRAMIENTA LA CUERDA QUEDA DE UNA SOLA PASADA

# HOJA DE PROCESO DE MAQUINADO

 DESCRIPCION: ORNAMEN TO

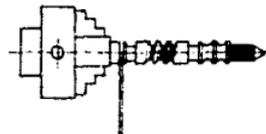
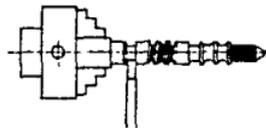
 MATERIAL: BARRA REDONDA S45C AISI 1045

 DIBUJO N°: 314

 DIMENSIONES DEL MATERIAL: Ø 10 x 100

 HOJA 4 DE 4

NÚMERO DE OPERACION	DESCRIPCION DE OPERACIONES	MÁQUINA HERRAMIENTA	HERRAMIENTAS DE CORTE	INSTRUMENTOS DE MEDICION	VEL. DE MÁQUINA RPM	VEL. DE CORTE M/MIN	TIEMPO DE MAQUINADO MIN
13	MACER BARRANCA	TORNO REVOLVER	BURIL DE FORMA	VERNIER	800	10000.20	0.0015
14	CORTAR A LONGITUD	TORNO REVOLVER	CUCHILLA DE TORNAR		800	15000.20	0.0015



OBSERVACIONES: ANTES DE CORTAR, SE SEA EN LA OPERACION 10 SE PUEDE APLICAR UN LIJADO NO MUY BUERDO PARA EL POSTERIOR RECUBRIMIENTO METALICO

CALCULO DE LOS PARAMETROS VELOCIDAD DE MAQUINA (VM) - VELOCIDAD DE CORTE (VC), Y TIEMPO DE CORTE (TC) PARA EL MANGUILLO TENSADOR.

**OPERACION 1.- REFRENTADO.**

a) Suponemos al igual que el fabricante de maquinas-herramienta dado que trabajaremos sobre un acero AISI 1010-1018, una velocidad de 800 rpm.

Sabiendo que  $Vc = \pi D.N$ , entonces tenemos que  
 $Vc = \pi (6.35) (800) = 15959 \text{ mm.}$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

D = Diámetro de la pieza = 6.35 mm.

N = 800 rpm.

Además  $Tc = D(L)(CTE)$

Donde:

L = Longitud a maquinarse.

CTE = Constante que depende del avance y de la velocidad,  
(véase tabla 1.a)

Entonces tenemos que haciendo un corte a 0.4 mm de avance

CTE = 0.00052, por lo consiguiente

$$Tc = 6.35 (6.35/2) (0.00052) = 0.010483 \text{ min.}$$

**OPERACION 2.- CILINDRAR A DIAMETRO (A).**

Análogamente con el paso anterior, haciendo un corte a 0.8 mm de avance, tenemos

$$Tc = 6.35 (34.50) (0.00026) = 0.05695 \text{ min.}$$

**OPERACION 3.- CILINDRAR A DIAMETRO (D).**

Haciendo un corte a 0.8 mm de avance, tenemos

$$Tc = 5.46 (5.07) (0.00026) = 0.007197 \text{ min.}$$

**OPERACION 4.- BARRENAR.**

Para esta operación emplearemos la siguiente fórmula

$$T_c = L (\sqrt[3]{\pi}) (D) / S (V_c), \text{ donde}$$

L = profundidad de agujero + Punta de la broca, y está dado por

$$K = 1 + 0.3D. = 9.52 + 0.3(2.26) = 10.198 \text{ mm.}$$

$$D = \text{Diámetro de la broca en mm} = 2.26 \text{ mm.}$$

$$A = \text{Avance en mm/rev} = 0.07. = S$$

Vc = Velocidad de corte en m/min.

$$V_c = \sqrt[3]{\pi} (D)(N)/1000, \text{ en m/min. } n = V_c(1000)/\pi (D).$$

Vc para taladrado recomendable según el material que estamos trabajando es 6m/min.

$$N = 6000/\sqrt[3]{\pi} (2.26) = 845 \text{ rpm.}$$

$$T_c = 10.198(\sqrt[3]{\pi})(2.26)/0.07(600) = .1723 \text{ min.}$$

#### OPERACION 5.- MACHUELEAR

Vc para machuelear recomendable = 3m/min.

$$N = 3000/\sqrt[3]{\pi} (3) = 318.3 \text{ rpm.}$$

$$T_c = 9.52(\sqrt[3]{\pi})(3)/0.07(3000) = 0.42 \text{ min.}$$

#### OPERACION 6.- CILINDRAR GARGANTA

En las mismas condiciones que en las operaciones anteriores haciendo un corte a 1.58 mm, tenemos

$$T_c = 5.46(\sqrt[3]{\pi})/15959 = 0.0033 \text{ min.}$$

#### OPERACION 7.- CILINDRAR CONO-TRONZADO.

$$T_c = 5.46(\sqrt[3]{\pi})(1.8)/15959(2.64) = 0.0007 \text{ min.}$$

#### OPERACION 8.- FRESAR PLANOS A 180 GRADOS A AMBOS LADOS.

Vc recomendado para fresado 12m/min.

$$N = V_c (1000)/\pi (D), \text{ donde } D = \text{diámetro del cortador.}$$

Ya que tenemos diámetro a fresar de 5.46 mm, seleccionamos un cortador número de serie 240-10 (ver tablas auxiliares), con diámetro de 4mm, y longitud de ranuras de 6.3mm.

$$N = 12 (1000)/\pi (4) = 954.92 \text{ rpm.}$$

Se recomienda un avance de 0.08 mm/diente.

$$T_c = \pi (D)(L)/V_c(\text{Avance}) = \pi (5.46) (5.08) / 12000 (0.08) = 0.09 \text{ min.}$$

pero son dos pasadas por lado,  $T_c = 0.18$ , por los dos lados,  $T_c = 0.36$  girando la pieza  $180^\circ$ , y sabiendo que

$$D = 4.34, L = 3.98, \text{ tenemos } T_c = \pi (4.34)(3.98)/12000(0.08) = 0.056 \text{ min.}$$

por los dos lados  $T_c = 0.2261$  min, finalmente el tiempo de corte total de fresado será,  $T_c = 0.5861$  min.

**OPERACION 9.- GIRAR  $15^\circ$  Y HACER BARRENO PASADO.**

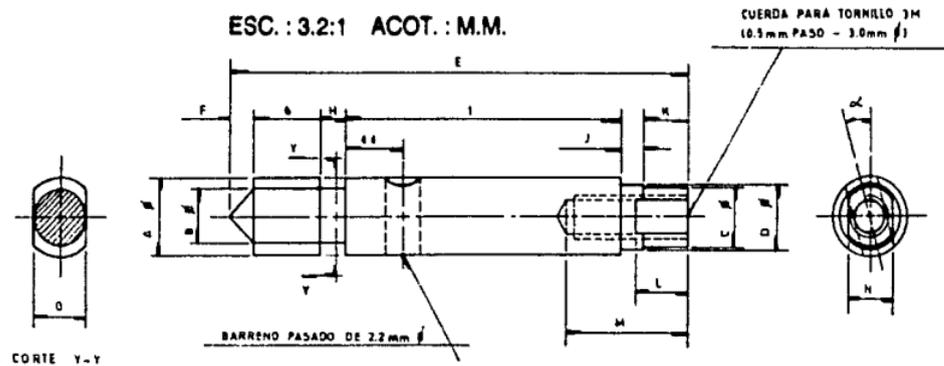
$V_c$  recomendada 24.3 m/min (véase tabla auxiliar de velocidades de corte para broca tipo standard).

Por consiguiente esta velocidad de corte nos arroja 3580 rpm. y tomando un avance de 0.04 mm, tenemos un tiempo de corte

$$T_c = L(\pi)(D)/S(V_c) = 5.46(\pi)(2.2)/0.04(24300) = 0.038 \text{ min.}$$

# MANGUILLO TENSADOR

ESC. : 3.2:1 ACOT. : M.M.



MAT L: BARRA REDONDA DE  
935mm Ø (174 Ø) -  
AISI 1010 1018

LETRA	DIMENSION	LETRA	DIMENSION	LETRA	DIMENSION	LETRA	DIMENSION
A	5.48	E	34.50	I	21.03	M	9.52
B	3.00	F	1.00	J	1.57	N	3.55
C	4.34	G	5.00	K	3.50	O	4.00
D	4.65	H	1.65	L	3.00	α	15°

## HOJA DE PROCESO DE MAQUINADO

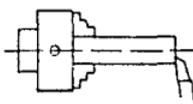
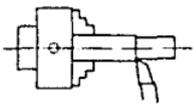
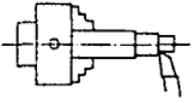
 DESCRIPCIÓN: MACHUKILLO TORNADO

 MATERIAL: BARRA REDONDA AISI 302-302L

 DIBUJO N° 319 NUMERO:         

 DIMENSIONES DEL MATERIAL: Ø 11x116x1218

 HOJA 1 DE 3

NÚMERO DE OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES	MÁQUINA HERRAMIENTA	HERRAMIENTAS DE CORTE	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	VEL. DE MÁQUINA RPM	VEL. DE CORTE MM/MIN	TIEMPO DE MAQUINADO MIN	
1	REPRESENTADO	TORNADO REVOLVER	BURIL IZQUIERDO		800	1655	021000	
2	CILINDRADO DIAMETRADO	TORNADO REVOLVER	BURIL IZQUIERDO	VERNIER MICROMETRO	800	1655	020000	
3	CILINDRADO DIAMETRADO	TORNADO REVOLVER	BURIL IZQUIERDO	VERNIER MICROMETRO	800	1655	020700	
OBSERVACIONES:								
EN ESTAS OPERACIONES SE TIENEN LAS MISMAS CONDICIONES DE MAQUINADO YA QUE SE ESTA CILINDRANDO								

## HOJA DE PROCESO DE MAQUINADO

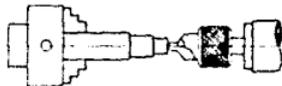
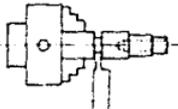
DESCRIPCION: MANEJABLE, TENSADOR

MATERIAL: BARRA DE ACERO SAE 1020-1025

DIBUJO Nº. SIN NUMERO

DIMENSIONES DEL MATERIAL SEGUN EL CANTONAMIENTO DE DIBUJO

HOJA 7 DE 7

NUMERO DE OPERACION	DESCRIPCION DE OPERACION	MAQUINA HERRAMIENTA	HERRAMIENTAS DE CORTE	INSTRUMENTOS DE MEDICION	VEL. DE MAQUINA RPM	VEL. DE CORTE MM/MIN	TIEMPO DE MAQUINADO MIN	
4	BACENAR	TORNILLO REVOLVER	BRONCE HRES	VERNIER	845	0.02	0.173	
5	MACHUELAR	TORNILLO REVOLVER	HORNBLAD 3M	TORNILLO CON CUCURBA 3M	3183	0.02	0.42	
5	ELIMINAR SALICANTA Y DIAMETRO	TORNILLO REVOLVER	BUALS DE FORMA	VERNIER	872	15.55	0.033	

OBSERVACIONES: EN LA OPERACION CADA VEZ SEA UN PROC. ELEVADA LA VELOCIDAD DE MAQUINA PERO NOS ESTAMOS BASANDO EN RECOMENDACIONES DE FABRICANTES DE MAQUINAS HERRAMIENTA.

## HOJA DE PROCESO DE MAQUINADO

 DESCRIPCION: MANSILLA TENSADOR

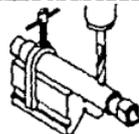
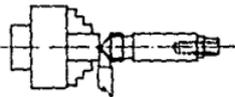
 MATERIAL: BARRO REDONDA A151010-1018

 DIBUJO N°: SIN NUMERO

 DIMENSIONES DEL MATERIAL: ESQUEMA DE DIAMETROS Y LONGITUD

 HOJA: 1 DE 3

NÚMERO DE OPERACION	DESCRIPCION DE OPERACIONES	MAQUINA Y EQUIPAMIENTO	herramientas DE CORTE	INSTRUMENTOS DE MEDICION	VEL. DE MAQUINA RPM	VEL. DE CORTE MM/MIN	TIEMPO DE MAQUINADO MIN.
7	CILINDRAR CONO Y FRONZADO	TORNO RE-JLVER	BUTIL DE FORMA	VERNIER	800	15000	0007
8	TRASCAL PLUNO A 1.21.162105 A 1.1625 1.2021	FALSA L-TIGAL	CRISTADOR VERTICAL DE ZANCO CONTO 4 MANUFAS SIN PUNTA	VERNIER MICROMETRO	9602	12000	01081
9	QUAR 15' Y HACER BARRERU PASADO DE 22-1119	FRESA VERTICAL	BROCA M40	VERNIER	1500	24000	0018



OBSERVACIONES: PUEDE SER QUE EN LAS OPERACIONES 8 Y 9 SE CONTEMPLE OTRO SISTEMA DE SUJACION, YA QUE SE FABRICARA EN SERIE SOLO QUE AQUI SE MUESTRAN LOS PRINCIPIOS BASICOS.

## FABRICACION DEL ENGRANE.

Esta pieza es muy importante, ya que es la que transmite el movimiento para el tensado de la cuerda.

Hay varias formas de fabricarla, como lo es el proceso de fabricación, por medio de maquinas generadoras de engranes, o el proceso de sinterizado entre otros.

Pero ya que esta es una pieza pequeña, y que tiene variantes en su forma, como lo son, la caja para empotrarla en la placa base, y el brochado interior el cual se ajusta a las dimensiones de la parte lateral de el manguillo, analicemos el proceso de fabricación convencional, o sea, teniendo como herramientas de trabajo, una fresadora, un torno y una brochadora. Tomemos en cuenta que ya tenemos las dimensiones de nuestro engrane.

Diámetro de paso  $D_p = 8.9124$  mm.

Diámetro exterior  $D_e = 10.18$  mm.

Altura del diente  $h = 1.379$  mm.

Ancho total de nuestro engrane 5.4 mm.

Se efectuara su fabricación, siguiendo ordenadamente las siguientes operaciones.

a) Se torne a el cuerpo de la rueda completamente cilindrico hasta que tenga 10.18 milímetros, y 5.8 milímetros de ancho.

Notése que estamos partiendo de una barra redonda de acero AISI 1010-1018 de 7/16 pulgadas de diámetro (11.1125mm.), que es la medida estandar y comercial.

b) Se elige una fresa del mismo módulo, si no la hay, se tendrá que fabricar.

c) Se fija en un eje la fresa elegida, y se centra. En seguida se inmoviliza el carro transversal.

d) Se fija la rueda que se ha de fresar entre el aparato divisor y la contrapunta.

e) Se levantará el banco de la fresadora con la rueda que se trabaja de modo que la profundidad de la fresadora resulte ser de 1.379 mm.

f) Se pone en marcha la transmisión, y se procede al fresado de los dientes, cuidando de que al terminar cada hueco se de exactamente a la rueda la rotación correspondiente por medio del índice del aparato divisor.

Ya que nuestro engrane, tiene módulo pequeño, conviene fresar cada diente en una sola vez, es decir, sin necesidad de una pasada previa de desbaste.

Después de las anteriores operaciones de fresado, se le hace el brochado, se le hace el torneado de la altura que empalmará con la placa base y se refrenta.

## V.- PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.

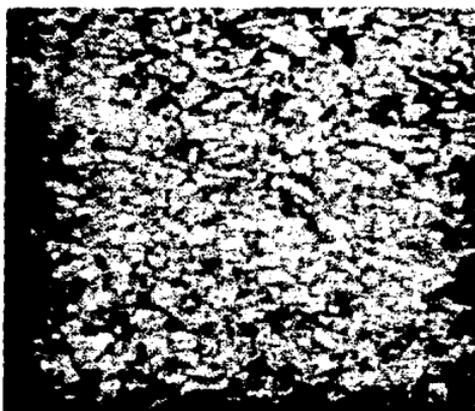
En este punto se presentan los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, pruebas y procesos que se llevaron a cabo para realizar el presente trabajo, así como la discusión de estos resultados. Esto es con el fin de contar con la mayor información posible para poder atacar adecuadamente el problema.

### 5.1.- ESTUDIO METALOGRAFICO.

Los resultados correspondientes a este estudio fueron los siguientes:

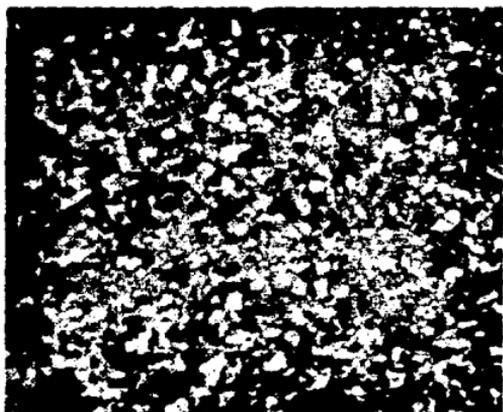
Al preparar las muestras de la placa base para montarlas en baquelita se tuvieron que cortar y esmerilar para quitar los excesos de rebaba, al hacer esto se observó en el desprendimiento de chispas la coloración y la forma de estas, indicándonos esto en primera instancia que el material empleado en la placa base es un acero con bajo contenido de carbono.

Al hacer la observación de las muestras se obtuvieron las siguientes fotografías.



Microfotografía 5.a. Estructura de la placa base nacional, donde se observa geometría de grano.

Vista con 320x, y atacada con nital al 2%.



Microfotografía 5.b. Estructura de la placa base importada, donde se observa geometría de grano.

Vista con 320x, y atacada con nital al 2%.



**Microfotografía 5.a. Muestra de una parte de la placa base nacional donde se observa espesor de recubrimiento.  
Vista con 320x, y atacada con nital al 2%.**



**Microfotografía 5.d. Muestra de una parte de la placa base importada donde se observa espesor de recubrimiento.  
Vista con 320x, y atacada con nital al 2%.**

En la microfotografía 5.a. se puede observar una morfología de grano alargado con pocas zonas negras (perlita) y abundancia de zonas blancas (ferrita) lo que indica que existe un bajo contenido de carbono.

Dada la morfología notamos que el material probablemente ha sido laminado. La forma alargada del grano implica, que el material sufrió en el proceso de laminación una deformación en el sentido de la deformación y de allí los granos alargados.

Como se sabe la morfología de grano permite predecir, en primera instancia, algunos indicios en relación al comportamiento mecánico del material.

En la microfotografía 5.b. se observa una estructura de grano más compacta, más redonda con mayor porcentaje de presencia de perlita y que se trata de un acero con mayor contenido de carbono que el de la fotografía 5.a.

En la microfotografía 5.c. se presenta una vista lateral de la placa base de la maquinaria nacional. En ella se observa como la capa de recubrimiento es homogénea y de poco espesor.

En la microfotografía 5.d. se evidencia un espesor mayor del recubrimiento respecto de la fotografía 5.c. y también se ve que el recubrimiento de la placa importada no está constituido de una sola capa, esto es, se distinguen dos capas superpuestas con diferente coloración.

## 5.2.- DUREZA Y MICRODUREZA.

Los resultados correspondientes a este ensayo fueron los siguientes.

Basandonos en lo reportado por la fotografía 5.a. (muestra nacional), en cuanto a que esta muestra al ser observada en su estructura se encontraron pocas zonas de perlita y abundantes zonas de ferrita, coincide con el hecho que posee poca dureza. Aunque en cuanto a los elementos que componen esta muestra revelan baja dureza, por la morfología de grano alargado que indica una previa laminación, tenemos que la dureza tiende a incrementarse.

De la observación de la fotografía 5.b. (muestra importada), donde se reporta mayor contenido de perlita y mayor contenido de carbono que en la fotografía 5.a. se observa que concordantemente la muestra importada tiene mayor dureza que la muestra nacional.

El tipo de dureza que se midió fue, para la muestra nacional e importada, Rockwell B para la placa base y microdureza Vickers para la placa base y para el recubrimiento.

Los resultados correspondientes a la dureza Rockwell B fueron los siguientes:

Dureza de la placa base.

Medición	Carga	Dureza Rockwell B.
1	100 Kg.	38.5
2	100 Kg.	45.0
3	100 Kg.	45.5
4	100 Kg.	46.0
5	100 Kg.	45.6

Tabla 5.2.b. muestra importada.

Medición	Carga	Dureza Rockwell B.
1	100 Kg.	80
2	100 Kg.	85
3	100 Kg.	86
4	100 Kg.	84
5	100 Kg.	85

Tabla 5.2.c. muestra nacional.

De estas tablas se observa que la dureza de la muestra nacional es más elevada, esto se debe a que como lo mencionamos con anterioridad a pesar de que su morfología de grano indica menor dureza que la importada, suponemos una laminación del material, haciendo esto que la dureza se eleve, ahora bien dependiendo de la presión ejercida en la deformación del material es posible elevar la dureza. En nuestro caso esta dureza no afecta dado que la maquinaria cumple un fin básicamente decorativo, donde además esta dureza en la placa base es troquelable.

En la tabla de resultados de la muestra importada indica menor dureza a pesar de que por la morfología de grano suponíamos mayor dureza de la placa que la nacional, donde además esta placa no muestra indicios de haber sido laminada.

Microdureza de la placa base:

MEDICION	CARGA (gr.)	LECTURA (micras)	DUREZA VICKERS
1	200	51.8	138
2	200	52.6	134
3	200	50.6	145
4	200	51.3	141
5	200	51.4	140

Tabla 5.2.d. muestra importada.

MEDICION	CARGA (gr.)	LECTURA (micras)	DUREZA VICKERS
1	200	40	232
2	200	37.6	262
3	200	38.6	249
4	200	38.3	253
5	200	37.2	268

Tabla 5.2.e. muestra nacional.

**Microdureza del recubrimiento.**

MEDICION	CARGA (gr.)	LECTURA (micras)	DUREZA VICKERS
1	15	10.6	248
2	15	9.2	329
3	15	12.4	181
4	15	7.4	508
5	15	7.6	482
6	15	7.2	537

**Tabla 5.2.f. muestra importada.**

MEDICION	CARGA (gr.)	LECTURA (micras)	DUREZA VICKERS
1	10	4.8	799
2	10	5.6	591
3	10	5.7	571
4	10	5.0	742
5	10	5.8	551
6	10	5.6	591

**Tabla 5.2.g. muestra nacional.**

Como se observa en la tabla 5.2.f. los valores de dureza de las tres primeras lecturas son bajas respecto a las restantes, esto se debe a que estas fueron tomadas en la parte del segundo recubrimiento, el cual muestra una coloración dorada, sabemos que este recubrimiento es una película plástica. Las lecturas restantes se tomaron en la primera parte del recubrimiento que muestra una coloración plateada, como es lógico el recubrimiento plástico es más blando que el metálico y por ésto es la diferencia de lecturas de dureza.

En los resultados de dureza de la tabla 5.2.g. observamos mayor homogeneidad en cuanto a los valores obtenidos.

Como la capa del recubrimiento en la muestra nacional es más delgada que la importada, cuando se hizo una indentación con carga de 15 gr. observamos que la huella dejada abarca prácticamente todo el espesor del recubrimiento, por lo que tuvimos que hacer las pruebas con una carga más pequeña, y ésta fue de 10 gr.

### 5.3.- RECUBRIMIENTO METALICO.

En este punto los resultados fueron los siguientes:

Se parte de dos procesos el "a" y el "c" mencionados en el capítulo 3.3. donde al proceso "a" lo consideramos como un cromado y al proceso "c" como un niquelado. Cabe mencionar en este punto que por la prueba practicada por microsonda, la cual nos revela los materiales empleados en el recubrimiento de las muestras utilizadas (estos resultados se describen en el capítulo 5.5) nos indica que el tipo de recubrimiento es un niquelado, pero a nuestro juicio nos parece más conveniente un recubrimiento de cromo dada la apariencia y durabilidad. En el proceso de cromado la apariencia que se obtiene es de un brillo adecuado para nuestro caso además de duradero.

Dadas estas características creemos que es conveniente contemplar la posibilidad de que el recubrimiento será un cromado.

Haciendo comparaciones de las placas base de maquinaria (importada y nacional) vemos que a la nacional el recubrimiento se desprende con mayor facilidad además de un brillo más tenue.

Al llevar a cabo el proceso de niquelado vemos que el brillo es de menor intensidad que el cromado, por lo cual nos inclinamos por el primer proceso.

Otra situación que encontramos es que la placa base importada además de estar niquelada tiene un recubrimiento plástico (probablemente un laqueado) dando por resultado una similitud con un chapeado de oro, esto se determinó en otros ensayos realizados (microsonda y medición del espesor del recubrimiento). Desafortunadamente no se puede determinar los componentes de la película plástica, solamente se puede obtener información de que se trata de una laca americana o japonesa especial para metales, y que se usa para recubrir instrumentos musicales de viento como es el caso del saxofón. Se llegó a la conclusión de que los metales a los que se les aplica este método requieren estar niquelados, como es el caso del proceso "c" ya que la laca

es transparente y brillante, y el niquelado sirve como un espejo que refleja el brillo del níquel, esta película plástica además de cambiar la coloración de plateado a dorado, es una protección adicional al medio ambiente.

Como alternativas creemos que es conveniente contemplar la idea de usar como recubrimiento un cromado y también la de usar materiales plásticos para sustituir la placa base en lugar de usar lámina de acero de bajo contenido de carbono, dado que esta placa no está sujeta a esfuerzos, además de que es más económico el material plástico que la lámina de acero.

#### 5.4.- MEDICION DEL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO.

Los resultados de este punto son los siguientes:

Como ya se mencionó en un capítulo anterior al cortar las placas base de las maquinarias en estudio, para montarlas en baqueta con el propósito de poderlas manipular con facilidad, observamos que una especie de película plástica cubre a la muestra importada, dandonos la impresión de una capa elástica, nosotros suponíamos que se trataba de un recubrimiento metálico, posiblemente un tropicalizado, o un chapeado.

Además el proceso para hacer la observación microscópica indica de un previo ligado de las muestras, en tal caso vimos que conforme se lijaba se presentaba un cambio de coloración de la muestra de un dorado a un plateado y una vez más se presentaba una película de apariencia plástica de poco espesor, en este caso las muestras se encontraban dispuestas como en las figuras 3.1.a. y 3.1.b.

Al hacer la observación en el microdurómetro para determinar el espesor del recubrimiento se encontró lo siguiente:

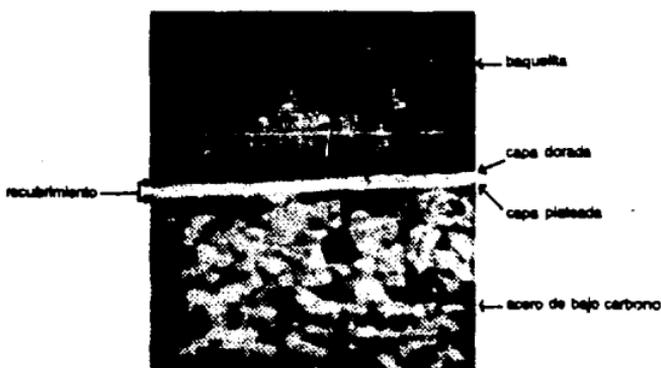


Fig. 5.4.a.

Como se muestra en la figura anterior, notamos dos capas, una sobrepuesta en otra, con diferente coloración, la primera capa muestra una coloración plateada y la segunda capa muestra una coloración dorada, esta última capa es más delgada que la primera, además de que las dos son uniformes.

En la muestra de la placa base nacional, vemos que la capa de recubrimiento no es uniforme, existen partes más delgadas que en otras, como se observa en la siguiente figura.

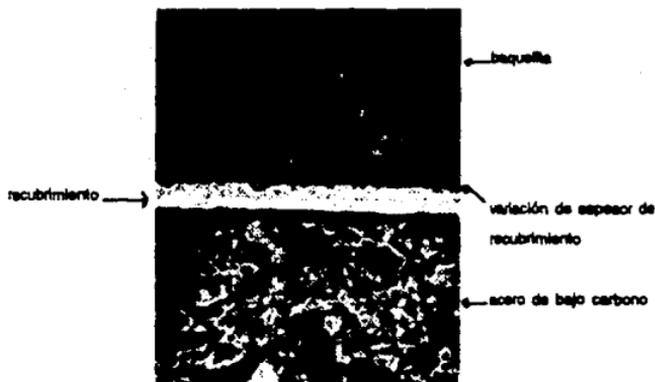


Fig. 5.4.b.

Los resultados de estos espesores de las muestras son los siguientes:

MEDICION	ESPESOR (micras)
1	9.8
2	9.5
3	9.9
4	9.6
5	9.4

Tablas 5.4.c. muestra importada.

MEDICION	ESPESOR (micras)
1	7.2
2	7.6
3	7.3
4	7.7
5	7.9

Tabla 5.4.d. muestra nacional.

Los resultados de la capa dorada son los siguientes:

MEDICION	ESPESOR (micras)
1	1.2
2	1.1
3	1.2
4	1.2
5	1.1

Tabla 5.4.e. muestra importada.

De estos valores tabulados se muestra que el espesor del recubrimiento es mayor en la muestra importada que en la nacional. También nos muestra que el recubrimiento en la muestra importada es más uniforme que en la nacional.

## 5.5.- MICROSONDA.

Los resultados de este punto fueron los siguientes;

Básicamente esta prueba nos ayudó para identificar los elementos que conforman el recubrimiento metálico de la placa base, dado que este instrumento es capaz de identificar por medio de patrones establecidos los elementos de que se compone. Como ya se mencionó esta prueba se realizó en el departamento de Metalurgia de la Facultad de Química de la U.N.A.M.

Cabe mencionar que a pesar que este instrumento es capaz de revelar información en forma cualitativa y cuantitativa de los elementos que cubren la muestra de la placa base, sólo se hizo el análisis de manera cualitativa, además se pudo medir el espesor del recubrimiento. Los resultados fueron los siguientes:

### MUESTRA IMPORTADA

-----  
aumento      espesor  
650 x        94x10 m

### MUESTRA NACIONAL

-----  
aumento      espesor  
650 x        70x10 m

Como se puede observar el espesor del recubrimiento en la muestra importada es mayor que el de la muestra nacional.

En cuanto a los componentes del recubrimiento se obtuvo lo siguiente:

Tanto en la muestra nacional como en la importada se reportó Níquel y Cobre.

- Muestra nacional.- Bajísimo porcentaje de Cobre, mayor porcentaje de Níquel.

- Muestra importada.- Mayor porcentaje de Níquel, menor porcentaje de Cobre.

En la muestra importada tanto el porcentaje de Cobre como de Níquel es superior al de la muestra nacional.

En esta prueba se determinó que el recubrimiento es un níquelado, pero a nuestro juicio es más conveniente el cromado, dado

que este acabado da una apariencia aceptable, además de durabilidad, consideramos que se ahorraría el uso del recubrimiento plástico.

## 5.6.- RAYOS INFRARROJOS.

Los resultados de esta prueba fueron los siguientes:

Este ensayo se realizó en los laboratorios de Celanese Mexicana, los resultados obtenidos son cualitativos.

Se requirió del análisis de las muestras que conforman la parte plástica de la maquinaria que identificaremos como "paleta" de la maquinaria, para tratar de establecer de que componentes esta constituida esta pieza.

Se analizaron solamente muestras importadas (japonesas y alemanas) dado que cualquiera de estas son de excelente calidad y apariencia a diferencia de la maquinaria en las cuales estas paletas son de mala calidad y de aspecto desagradable, creemos que el tener identificada a cualquiera de estas muestras es conveniente para nuestro caso.

Básicamente las muestras reportaron en parte proporcional POLIMETIL METACRILATO Y POLIESTIRENO, por lo que PMMA POLIESTIRENO.

A pesar que se reportan también bandas características de baja intensidad que implica la inclusión de otros componentes, dada su baja intensidad se puede considerar como no muy significativo.

Mencionaremos de una manera general las características de estos plásticos.

### 1).- POLIMETIL-METACRILATO.

- Nombres comerciales: por ejemplo, Plexigum, Resart.
- Color y aspecto del material corriente en el mercado: Masas granuladas, transparentes y en todas las tonalidades.
- Propiedades generales del producto acabado:  
Alta resistencia mecánica, dureza superficial, estabilidad a la intemperie, transparencia como el vidrio.
- Ejemplo de aplicación:

Elementos de construcción para la técnica de óptica e iluminación (lentes, cubiertas de focos luminosos, etc), estilográficas,

piezas de moda y técnica, vidrios para gafas y relojes, teclas para máquinas de escribir e instrumentos musicales, carlingas de aviación, escalas.

- Temperatura de uso permanente sin perjuicios, máximo 70-90 °C.

- Estabilidad frente a productos químicos:

Estable frente a ácidos débiles, álcalis débiles, bencol, aceites y grasas.-

Condicionamente estable frente a alcohol.

Inestable frente a ácidos concentrados, álcalis concentrados, ésteres, cetonas, éteres, hidrocarburos clorados, bencina, carburantes.

- Comportamiento y olor al aplicar la llama:

Sigue ardiendo tras separarla, llama luminosa, con chisporroteo.

- Olor:

Típico a frutas.

- Conductibilidad térmica:

0.16 Kcal/mh °C.

- Calor específico: 0.35 Kcal/Kg °C.

- Densidad a 20 °C: 1.18 g/cm .

- Tiempo de secado: (secado previo) de 8-10h de 70-100 °C.

Para la construcción de moldes hay que contar con una contracción de 0.4-0.7%

En el mercado normalmente se tiene tres grupos de poliestireno:

- Normal.

- Anticalórico.

- Antichoque.

a).- POLIESTIRENO NORMAL:

- Nombres comerciales: por ejemplo, Polystyrol III, VI, EF, Vestyron D, LO.

- Color y aspecto del material corriente en el mercado:

Masas granuladas, uniformes (forma cilíndrica, prismática o esférica), transparente y coloreado hasta opaco.

- Propiedades generales del producto acabado:

Gran rigidez y exactitud de medidas, valores dieléctricos favorables resistente a la humedad y estable al agua, insípido e inodoro.

Tiende a formar grietas.

- Ejemplos de aplicación:

Elementos constructivos y piezas aislantes con pocas pérdidas para la técnica eléctrica y de telecomunicaciones, objetos domésticos, juguetes y artículos de escritorio, artículos publicitarios de bisutería, botes y pequeños recipientes.

- Temperatura de uso permanente no perjudicial, máximo 60-75 °C.

- Estabilidad frente a productos químicos:

Estable frente a ácidos y álcalis, alcohol, aceite mineral.

Condicionalmente estable frente a aceites y gases animales y vegetales.

Inestable frente a ésteres, cetonas, éteres, hidrocarburos clorados, bencina, carburantes.

- Comportamiento y olor al aplicar la llama:

Sigue ardiendo tras separarla, llama brillante, fuerte formación de hollín.

- Olor: típicamente dulzaino (estireno).

- Conductibilidad térmica: 0.14 Kcal/mh °C.

- Calor específico: 0.3 Kcal/kg °C.

- Densidad a 20 °C: 1.05 g/cm<sup>3</sup>.

- Tiempo de secado: ( secado previo ) 1.3h de 60.80 °C.

Para la consunción de moldes hay que contar con una contracción de 0.4 a 0.6%.

b).- POLIESTIRENO ANTICALORICO:

- Nombres comerciales: por ejemplo, Polystyrol 51, EH, Vestyron N, S.

- Color y aspecto del material corriente en el mercado:

Granza transparente y opaca, en cualquier tonalidad (color natural, generalmente algo amarillento).

- Propiedades generales del producto acabado:

Estabilidad de forma al calor especialmente alta.

Estabilidad de dimensiones y frente a la humedad, buenas propiedades dieléctricas. Reducida tendencia a formación de grietas, insípido e inodoro.

- Ejemplo de aplicación:

Objetos de uso sometidos a esfuerzos térmicos (vajilla y tazas, cubiertos para servir, botes para nevera), artículos electrotécnicos artículos de moda.

- Temperatura de uso permanente sin perjuicios, máximo 70.95 °C.

- Estabilidad frente a productos químicos:

Estable frente a ácidos débiles, álcalis débiles, bencina aceites y grasas.

Condionalmente estable frente a álcalis concentrados, alcohol éter, carburante.

Inestable frente a ácidos concentrados, ésteres, cetonas, hidrocarburos clorados, bencol.

- Comportamiento y olor al aplicar la llama:

Sigue ardiendo tras separarla, llama luminosa, fuerte formación de hollín.

- Olor: Dulzaino, similar al de la goma.

Para la construcción de moldes hay que contar con una contracción de 0.5 a 0.6%.

c).- POLIESTIRENO ANTICHOQUE.

- Nombres comerciales: por ejemplo, Polystyrol EF, Vestyron 540, 550, 551, 560, 570 571.

- Color y aspecto del material corriente en el mercado:

Granza en colores opacos.

- Propiedades generales del producto acabado:

Alta rigidez, buenas propiedades dieléctricas, resistente al choque duro y tenaz. Poca tendencia a la corrosión por tensiones.

por lo que es apropiado para inserción de piezas, insípido e inodoro.

- Ejemplos de aplicación:

Cajas de teléfono, radio y televisión, puertas y piezas para neveras, cajas de instalaciones, interruptores, máximo 60-70 °C.

- Estabilidad frente a productos químicos;

Estable frente a ácidos débiles, alcalis débiles.

Condicionamente estables frente a ácidos concentrados, alcalis concentrados, alcohol, aceites y grasas.

Inestable frente a ésteres, cetonas, éter, hidrocarburos clorados, bencol, benzina, carburantes.

- Comportamiento y olor al aplicar la llama:

Sigue ardiendo tras separarla, llama luminosa, con fuerte formación de hollín.

- Olor: Dutzaino, también parecido a la goma, o aspero.

Para la consunción de moldes hay que contar con una contracción de 0.4 a 0.6%.



**FORMA CARACTERISTICA DE  
LOS MATERIALES  
ANTERIORMENTE CITADOS  
CONOCIDOS COMUNMENTE  
EN EL MERCADO**

Por comparaciones hechas en otros lugares donde se fabrican artículos plásticos, creemos que es conveniente dar alternativas de materiales que se puedan emplear. Uno de estos materiales es el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) color blanco o marfil, este material es de buena apariencia, buenas cualidades de moldeo y relativamente económico, se usa en la fabricación de componentes de aparatos eléctricos domésticos y otros usos. Otro material que creemos que es conveniente contemplar es el Estireno alto impacto pigmentado.

En el caso de las muestras importadas una de ellas presenta un aspecto nacarado y las otras una coloración uniforme, cabe mencionar que cualquiera de estas satisface nuestra necesidad.

El ABS da una apariencia de coloración uniforme, el estireno pigmentado puede dar una apariencia nacarada. Se anexan los informes obtenidos en Celanese Mexicana S.A. compuestos por un reporte de trabajo y los respectivos espectros por infrarrojos.



<b>REPORTE DE TRABAJO</b> <b>LABORATORIO QUIMICO C.I.D.T</b>		<b>TRABAJO NO.</b> 146-1
<b>IDENTIFICACION</b>	<b>FECHA</b>	
Fecha de recepción: 1968		

<p><b>OBJETO Y DESCRIPCION DE LA MUESTRA</b></p> <p>1 UNAS MUESTRAS DE 5 PIEZAS REPARTIDAS EN 3 GRUPOS DE 2 Y 3 PIEZAS</p> <p>1 - MUESTRA ALEMANA Grupo de 2 piezas identificadas como 1 y 2</p> <p>2 - MUESTRA JAPONESA Grupo de 3 piezas identificadas como 3, 4 y 5</p>	<b>FECHAS</b>		
	<b>ENTRADA</b>		
	14	07	68
	<b>RECIBIDA</b>		
	28	07	68
<b>REAL</b>			
	28	07	68

**MÉTODOS E TRABAJOS AUXILIARES**

1- Recibir las muestras, separar cargas e impregnados para analizar la resina por medio de la destilación.

**RESULTADOS**

1 - Las piezas 1 y 2 de la muestra ALEMANA corresponden al mismo material, este se comprueba por la semejanza de las impregnaciones. El espectro nuclear de carbono tiene dos picos principales característicos del POLI(ETILÉN TERAFALATO) y además contiene unos picos característicos de POLI(ETILÉN TERAFALATO) y a 2000 cm<sup>-1</sup>. Por lo tanto por de las curvas del Polígrafo se deduce que éste se encuentra en alta porcentaje en la muestra.

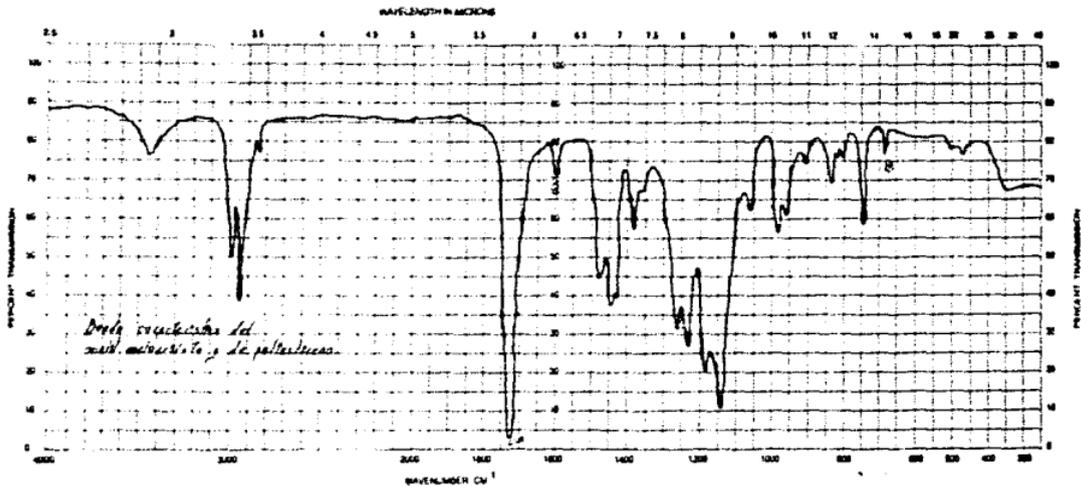
2 - MUESTRA JAPONESA. Las piezas 3 y 4 tienen el mismo espectro al igual que las anteriores, pero aquí aparece un pico característico de las curvas de polígrafos por lo que puede deducirse que en esta muestra se contiene un polígrafo que se puede comparar con la muestra ALEMANA. Además de los picos característicos del POLI(ETILÉN TERAFALATO) y del POLI(ETILÉN TERAFALATO) también tenemos en esta muestra 3 piezas de resina de alta resistencia a 2000 cm<sup>-1</sup> y a 2200 cm<sup>-1</sup> las cuales no fueron detectadas. Estas banderas por su posición indican, por el valor de ellas, como de muy significativas.

Se anexan los espectros de infrarrojo a las muestras apropiadas por el laboratorio de química orgánica.

DIR. GEN. AUXILIARTE Sr. EDUARDO JARA QUINCE Co. CIDTA. QUIMICA C.I.D.T	RECIBIDO POR Sr. JUAN CARLOS... QUIMICO C.I.D.T.	RECIBIDO POR Sr. ALFONSO... QUIMICO C.I.D.T.
---	--	--

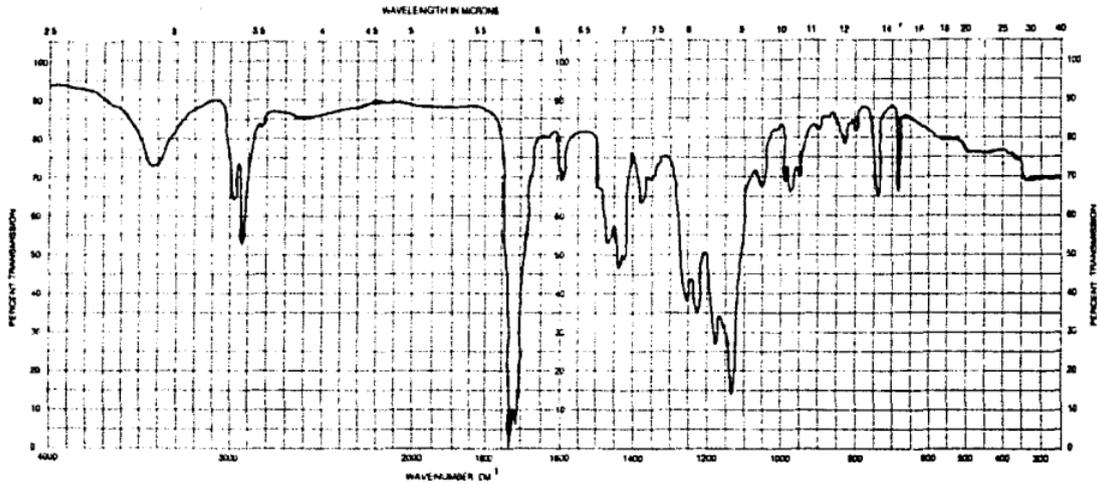
124

SPECTRUM OF ?  
 DATE 02/26/60  
 SAMPLE POLYMER  
 SEAL 1  
 SOURCE  
 STRUCTURE  
 PATH cm  
 SOLVENT  
 CONCENTRATION  
 PHASE  
 COMMENTS FOR ANALYSIS  
 CELL CALIBRATION  
 WAVELENGTH  
 ANALYST  
 REVISION  
 SPECTROPHOTOMETER



125

SPECTRUM NO. 2  
DATE 22 JUL 68  
SAMPLE ALEMAMA  
PLGA 2  
SOURCE  
STRUCTURE  
PATH... MM  
SOLVENT  
CONCENTRATION  
PHASE  
COMMENTS  
ANALYTICAL NOTES  
IN NAME  
SPECTROPHOTOMETER



126

SPECTRUM NO. 1  
 DATE 27-6-67 BY  
 SAMPLE JAPANESE

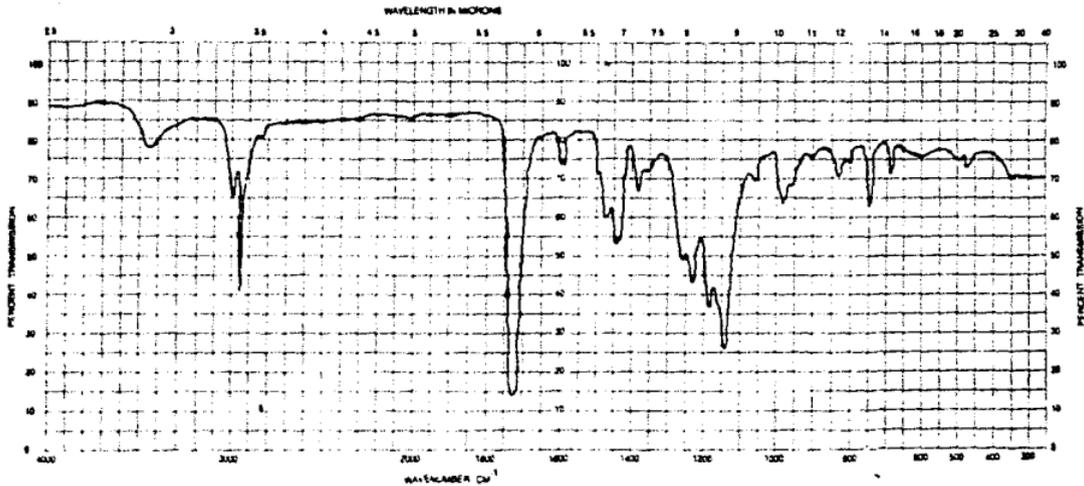
PREPARED BY

SOURCE  
 STRUCTURE

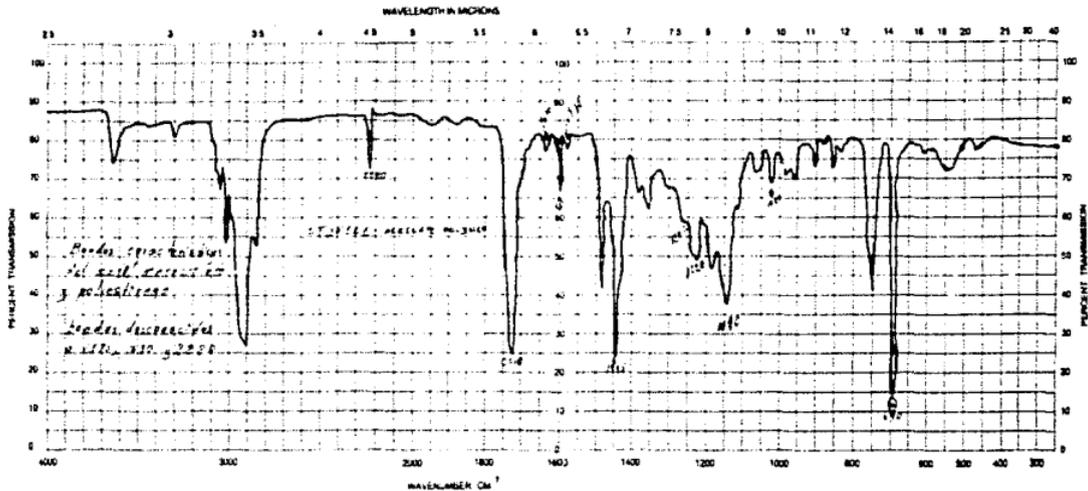
PATH cm  
 SOLVENT  
 CONCENTRATION  
 PHASE  
 COMMENTS GAS DOS PELAGE  
 CURVES FOR AURIBAND  
 WAVELENGTH

ANALYST A. S. L. PERIN

INSTRUMENT  
 SPECTROPHOTOMETER



SPECTRUM NO. \_\_\_\_\_  
 DATE RECEIVED \_\_\_\_\_  
 SAMPLE NUMBER \_\_\_\_\_  
 RECD. BY \_\_\_\_\_  
 SOURCE \_\_\_\_\_  
 STRUCTURE \_\_\_\_\_  
 PATH \_\_\_\_\_  
 SOLVENT \_\_\_\_\_  
 CONCENTRATION \_\_\_\_\_  
 PHASE \_\_\_\_\_  
 COMMENT'S CONCERNING THE JOB \_\_\_\_\_  
 REFLECTANCE TRANSPARENT PAPER \_\_\_\_\_  
 OBSERVER'S SIGNATURE \_\_\_\_\_  
 ANALYTICAL NUMBER \_\_\_\_\_  
 IR APPARATUS \_\_\_\_\_  
 SPECTROPHOTOMETER \_\_\_\_\_



## 5.7.- FABRICACION DE LA PLACA BASE.

Es importante, tener una medida de paso a paso del troquelado. Esta medida, deberá de ser estandard, para que el mecánico no tenga problemas de operación en la máquina.

Ahora bien, como se ve en el dibujo de secuencia de operaciones el paso 1 y el paso 2, no se pueden hacer en la primera estación, ya que los casquillos y distribución de estos nos lo impiden. Estos casquillos tienen las dimensiones recomendadas. En las operaciones 3 y 4, estamos empleando un mismo punzón, y primero se sugiere hacer el punzonado al centro de la pieza, para asegurar la no deformación de la misma que se podría dar en los extremos al aplicar el punzonado.

La operación 5 es de transición, donde podemos ocuparla para hacer el estampado, el cual se hará en la parte que nos limita la operación 2 ya que nuestro engrane deberá acentar perfectamente en la placa para un buen ajuste.

Nótese que la operación de estampado también puede realizarse en la operación 2 ó 3, pero debe de tomarse en cuenta la sujeción y disposición de todos los punzones que se van a emplear, así como poder operar el sistema en cuanto a mantenimiento.

En las operaciones 6 y 7, se punzará a ambos lados en los dos extremos, con un mismo punzón, esto es con el fin de tener más robusto nuestro sistema de trabajo.

En este punzonado se dejará la holgura, para que la lámina siga su recorrido hasta obtener la pieza deseada.

En la operación 8, se hará una operación simultanea, es decir se cortarán los tirantes que sujetan la pieza a la lámina y se hará el dobles de los soportes.

Si vemos la cinta, tenemos unos punzonados extras, uniformemente distribuidos, y un punzonado lateral, los primeros son para guiar la cinta metálica, y tener linealidad para punzonar con exactitud.

Estos punzonados se llenan hasta la operación 6, en la operación 7 y 8 podemos tomar como guía los barrenos que punzonamos en la operación 2, o sea, los de 4.7 mm. de diámetro.

El punzonado lateral es importante, ya que nos ayudará a manejar con más facilidad la tira metálica a lo largo del proceso. En todas las operaciones, se está considerando que los punzones a emplearse, sean lo mas robusto posible, ya que se piensa en fabricación a gran escala, claro esta que se analizarán costos tanto de fabricación como de material a emplearse par la fabricación de todos los elementos del troquel.

Es lógico, que en los barrenos guía y lateral, su punzonado se tiene contemplado en la matriz progresiva.

Como se mencionó anteriormente, la cinta de operaciones nos determina casi las características de la matriz que necesitamos.

Pero debemos de tener presentes para ésta dos aspectos:

a) Espesor o vida de la matriz.

b) Sujeción de la misma de una manera adecuada.

Lo recomendable del espesor, es de 4 a 6 veces el espesor del material a troquelarse, es decir, nuestra matriz tendrá un espesor de 5 mm, pero considerando que se tendrá alta producción, demosle el 50% más de vida, por lo tanto será de 7.5 mm de espesor.

La sujeción como se ve en el dibujo correspondiente, se considera apropiada.

Nótese también, que tenemos contemplados a todo lo largo de la matriz por ambos extremos los pernos de fijación, esto es con el fin de poder localizar cada una de las partes de la matriz para su posición y fijaciones adecuadas.

Es importante hacer notar que la matriz como se propone nos garantiza un mejor funcionamiento y ahorro.

## 5.8.- ENGRANAJE TORNILLO SIN- FIN Y CORONA.

### TORNILLO SIN- FIN.

Véase que en las operaciones 1,2 y 3, se tienen las mismas condiciones de velocidades, lo que nos da la diferencia de tiempo son las longitudes a maquinar.

En las operaciones 5 y 6, se debe de checar que el torno tenga bien sujetos los topes de carrera, para que la dimensión a maquinar no sefá alterada.

Para la formación de los cuellos, así como de la cuerda y gargantas de la pieza, es importante que los elementos de corte, estén bien afilados. Nótese también, que primero se esta haciendo la cuerda antes que las gargantas, en las que el tornillo sin-fin empalmará con los soportes de la placa base, esto es con el fin de no debilitar la pieza, y darle más rigidez en cada maquinado.

Después que se ha terminado de maquinar la pieza, es importante darle un acabado a lija no muy fina, y además limpiar la pieza perfectamente con el fin de pasar al proceso de recubrimiento metálico.

Hay que asegurar que todas las herramientas de corte se tengan en las posiciones adecuadas de trabajo, ya que se fabricará la pieza en serie, para esto es recomendable checar tal herramental en cada serie de piezas terminadas.

Nótese que los tiempos de corte son muy pequeños, esto obedece a que nuestras piezas son pequeñas y de un material fácilmente maquinable. Además solamente se están tomando las condiciones de maquinado, sin tomar en cuenta los tiempos muertos del proceso, es decir, el tiempo de montajes tanto de material a maquinar como montaje de herramental. Pero lo importante, es tener presente, que nos podemos ir a tiempos más elevados considerando los factores anteriores.

#### CORONA O ENGRANE HELICOIDAL.

Del engrane podemos decir, que se puede hacer de muchas formas, como se mencionó en la introducción de este capítulo, pero creemos que la más apropiada es por medio de máquina generadora de engranes, ya que se esta contemplando producción en serie.

Pero también no se descarta la posibilidad de emplear fresado convencional, y sería cuestión de entrar a análisis de costos de fabricación, y pensamos que no es el objetivo principal de este trabajo aunque ya se tienen contemplados algunos aspectos, que se mencionarán en el capítulo 6.

También no se pueden dar tiempos exactos de fabricación de esta pieza pero consideramos que se puede emplear el mismo tiempo de fabricación que el tornillo sin-fin, por los ajustes que se tengan que realizar.

#### MANGUILLO TENSADOR.

Al igual que en las operaciones primeras de el tornillo sin-fin, se tienen las mismas condiciones para el maquinado en el manguillo tensador.

Ya en las demás operaciones de maquinado, es importante tener en cuenta que se esta aplicando un criterio de cálculo para el parámetro TC. Esto es, nos estamos ayudando de la tabla auxiliar 1.a. para facilitar el cálculo.

También en las operaciones de fresado y barrenado, se tiene la ayuda de tablas auxiliares que se encuentran al final de este trabajo. No se es tan exacto en el caso de que se requiere interpolar para obtener el dato exacto, sino más bien el de saber como obtener las constantes que nos servirán para el cálculo de los parámetros.

Nótese que en las operaciones 8 y 9, se sugiere un sistema de sujeción, pero también esta a reserva de comentarios y sugerencias, así como el trabajo en su totalidad.

## VI.- CONCLUSIONES.

En base a un estudio de mercado realizado, vemos que la demanda de maquinaria para guitarra tiene un alto consumo y que la maquinaria importada existente en el país es distribuida por medio de casas de música y casas importadoras, la existencia de esta maquinaria se encuentra limitada y sujeta a cambios constantes en su costo, provocando esta situación problemas de abastecimiento para los fabricantes de instrumentos.

En el caso de la maquinaria fabricada en el país no satisface las necesidades de calidad requerida, por lo que ésta tiene poca demanda usándose solamente cuando no se puede adquirir la maquinaria importada o cuando los instrumentos son de baja calidad.

El mercado existente para este componente es amplio, básicamente casas de música de todo el país, fabricantes de instrumentos de cuerda y mercado en Centro y Sudamérica, en estos lugares se fabrica maquinaria de mala calidad, ahora bien, si vemos que de cada diez familias el cincuenta por ciento tiene un instrumento que necesariamente involucra este componente, esto nos indica la posibilidad de mercado existente.

En cuanto a la posibilidad de fabricación, tenemos que en base a las diferentes pruebas realizadas creemos que es factible hacerlo, dado que los materiales empleados se pueden conseguir en México a un costo adecuado. Consideramos que se pueden hacer ciertas modificaciones a estos componentes, que de alguna manera facilitarían el proceso de fabricación y reducirían el costo, estas modificaciones serían:

- Configuración de la placa base más sencilla
- Configuración de la paleta más sencilla.

Además de usar materiales de buena calidad, en el caso del recubrimiento metálico aplicar una capa más de Cromo, esto nos

daría mayor durabilidad y mejor presentación. En general se busca un ahorro de material y una aceptable calidad.

Haciendo comparaciones con el costo de la maquinaria importada vemos que es factible que se pueda obtener algo más económico.

En cuanto al equipo requerido para la fabricación de estos accesorios tenemos que básicamente es el siguiente:

Prensa troqueladora, inyectora de plástico, torno, taladro, fresadora y equipo para realizar recubrimientos metálicos.

Por lo que creemos que la fabricación de maquinaria para guitarra de aceptable calidad en México es factible, vislumbrándose así la posibilidad de crear una fuente más de trabajo.

## **TABLAS DE CONSULTA**

### **AUXILIARES**

**TABLA 1. CONSTANTES PARA EL CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE CORTE EN MINUTOS**

Avance en pulgadas	Velocidad de corte en pies por minuto. Tornado						
	20	25	30	35	45	55	65
<b>Dos pasadas a :</b>							
$\frac{1}{64}$ y $\frac{1}{32}$	1.257	1.005	0.8378	0.7181	0.5581	0.4572	0.386
$\frac{1}{32}$ y $\frac{1}{16}$	0.6283	0.5627	0.4189	0.3590	0.2793	0.2286	0.193
$\frac{1}{16}$ y $\frac{1}{8}$	0.3142	0.2513	0.2094	0.1785	0.1396	0.1143	0.097
$\frac{1}{8}$ y $\frac{1}{4}$	0.1571	0.1257	0.1047	0.0898	0.0698	0.0571	0.048
<b>Una pasada a :</b>							
$\frac{1}{64}$	0.8378	0.6702	0.5585	0.4787	0.3723	0.3046	0.257
$\frac{1}{32}$	0.4189	0.3351	0.2793	0.2394	0.1862	0.1523	0.128
$\frac{1}{16}$	0.2094	0.1676	0.1396	0.1197	0.0931	0.0761	0.064
$\frac{1}{8}$	0.1047	0.0838	0.0698	0.0598	0.0465	0.0381	0.032
$\frac{1}{4}$	0.0524	0.0419	0.0349	0.0299	0.0233	0.0191	0.016

**TABLA 1 a. CONSTANTES PARA EL TIEMPO DE CORTE EN MINUTOS**

Avances en mm	Velocidades de corte en metros por minuto									
	6	8	10	12	15	18	20	25	30	35
<b>Dos cortes a</b>										
0.4 y 0.8	0.00196	0.00147	0.00117	0.00098	0.00078	0.00065	0.00058	0.00047	0.00039	0.00033
0.8 y 1.5	0.00098	0.00075	0.00060	0.00050	0.00040	0.00033	0.00029	0.00024	0.00020	0.00017
1.5 y 3	0.00052	0.00039	0.00031	0.00025	0.00021	0.00017	0.00015	0.00012	0.00010	0.00009
3 y 6	0.00026	0.00019	0.00015	0.00012	0.00010	0.00009	0.00008	0.00006	0.00005	0.00005
<b>Un corte a</b>										
0.4	0.00131	0.00098	0.00078	0.00065	0.00052	0.00043	0.00039	0.00031	0.00026	0.00022
0.8	0.00065	0.00049	0.00039	0.00033	0.00026	0.00022	0.00019	0.00016	0.00013	0.00011
1.5	0.00035	0.00026	0.00021	0.00017	0.00014	0.00011	0.00010	0.00008	0.00007	0.00006
3	0.00017	0.00013	0.00010	0.00008	0.00007	0.00006	0.00005	0.00004	0.00003	0.00003
6	0.00009	0.00006	0.00005	0.00004	0.00003	0.00003	0.00003	0.00002	0.00002	0.00002

## AVANCE O ALIMENTACION PARA BROCAS DE ALTA VELOCIDAD

El avance en las brocas está gobernado por el diámetro de las brocas y por la clase de material por taladrar.

Diámetro de la broca en mm.	Diámetro de la broca en Pulg.	Para trabajo en general. Avance por revolución en mm.	Para trabajo en general. Avance por revolución en Pulg.	Para Acero Inox. austenítico. Avance por Rev. en mm.	Para Acero Inox. austenítico. Avance por Rev. en Pulg.
Hasta 2.38	Hasta 3/32	0.04 0.06	0.0015 0.0025	0.05 0.08	0.002 0.0035
3.17 a 3.96	1/8 a 5/32	0.05 0.10	0.002 0.004	0.06 0.15	0.0025 0.006
4.76 a 5.56	3/16 a 7/32	0.07 0.15	0.003 0.006	0.10 0.23	0.004 0.009
6.35 a 7.94	1/4 a 5/16	0.10 0.20	0.004 0.008	0.13 0.30	0.005 0.012
8.52 a 11.11	3/8 a 7/16	0.15 0.25	0.006 0.010	0.19 0.38	0.0075 0.015
12.70 a 14.29	1/2 a 9/16	0.20 0.30	0.008 0.012	0.25 0.46	0.010 0.018
15.87 a 17.46	5/8 a 11/16	0.22 0.33	0.009 0.013	0.28 0.51	0.011 0.020
19.05 a 20.64	3/4 a 13/16	0.25 0.35	0.010 0.014	0.32 0.53	0.0125 0.021
22.22 a 23.81	7/8 a 15/16	0.27 0.38	0.011 0.015	0.34 0.56	0.0135 0.022
25.40 a 28.57	1 a 1.1/8	0.30 0.40	0.012 0.016	0.38 0.51	0.015 0.024
31.75 a 38.10	1.1/4 a 1.1/2	0.30 0.46	0.014 0.018	0.44 0.68	0.0175 0.027
Arriba de 38.10	Arriba de 1.1/2	0.40 0.51	0.016 0.020	0.51 0.76	0.020 0.030

Todo trabajo nuevo deberá empezarse a taladrar con la velocidad recomendada más baja y el avance menos pesado, aumentando gradualmente la velocidad hasta obtener el máximo rendimiento por afilado.

## FRESADO VELOCIDAD DE CORTE (MEDIA) EN METROS/MIN

MATERIAL A TRABAJAR	CORTADOS CILINDRICO FONTAL A.V.		CORTADOR FRONTAL CON PAS- TILLAS DE CARBURRO DE TUNGST		CORTADOR VERTICAL CON DIA- METRO MÉR. 10mm.	CORTADOR VERTICAL CON DIA- METRO MAYOR DE 10 mm.	
	DEBASTE PROFUNDIDAD 5 mm.	AFINADO PROFUNDIDAD 0.5 mm.	DEBASTE PROFUNDIDAD 5 mm.	AFINADO PROFUNDIDAD 0.5 mm.	DEBASTE Y AFINADO	DEBASTE	AFINADO
ACERO EXTRA-DURO	8-12	13-18	45-60	55-65	8-10	10-14	14-16
ACERO DURO	12-16	16-25	62-80	80-90	10-12	14-20	20-26
ACERO SUVE	16-22	25-35	100 125	125 140	12-18	18-24	20-28
FUNDICION GRIS	12-16	18-25	45-55	50-90	8-10	12-14	18-25
FUNDICION SEMIDURA	16-22	25-30	55-65	60-100	15-20	22-25	25-28
BRONCE	30-40	40-50	70-120	80-200	20-24	35-45	40-50
LATON	35-50	50-70	80-120	80-200	22-28	35-60	60-70
COBRE	30-50	45-80	100 180	180 300	20-24	30-50	50-80
ALUMINIO	200 250	300 350	500 600	800 1000	120 160	120 150	150 200

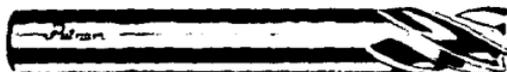
## AVANCE SUGERIDO EN MM/DIENTE

MATERIAL A TRABAJAR	CORTADOR CILINDRICO FRONTAL Y FRESADO PLANO		CORTADOR CON PASTILLAS DE CARR. DE TUNGST.		CORTADOR CIRCULAR A.V.		CORTADOR DE FORMA A.V.		CORTADOR VERTICAL A.V.	
	DESBASTE	AFINADO	DESBASTE	AFINADO	DESBASTE	AFINADO	DESBASTE	AFINADO	DESBASTE	AFINADO
Acero Extra Duro	0.1	0.04	0.1	0.05	0.05	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02
Acero Duro	0.15	0.05	0.2	0.1	0.06	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02
Acero Suave	0.2	0.08	0.25	0.1	0.07	0.03	0.04	0.02	0.08	0.04
Fundición Gris	0.2	0.08	0.3	0.1	0.07	0.03	0.03	0.01	0.06	0.03
Fundición Dura	0.1	0.04	0.2	0.1	0.07	0.03	0.03	0.01	0.05	0.03
Bronce	0.15	0.06	0.5	0.15	0.06	0.03	0.04	0.02	0.08	0.04
Latón	0.2	0.1	0.5	0.15	0.06	0.03	0.04	0.02	0.08	0.04
Aluminio	0.1	0.05	0.5	0.15	0.07	0.03	0.03	0.01	0.08	0.04

$$RPM = \frac{\text{Velocidad de corte en M/MIN.} \times 1000}{3.1416 \times \text{Diámetro del cortador en MM.}}$$

# CORTADOR VERTICAL CORTO CORTE AL CENTRO UNA PUNTA

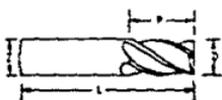
CUATRO RANURAS



APLICACION. Para fresado de ranuras poco profundas y cortes laterales en casi todas las materias de acero, y meda a proporcionando un acabado fino.

NUMERO DE SERIE	DIAMETRO D		DIAMETRO DE ZANCO Z		LONGITUD DE RANURAS R		LONGITUD TOTAL L	
	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.
240 06	3.2	(1/8 )	4.7	(3/16 )	4.7	(3/16 )	26.5	(1 1/2 )
240 10	4.8	(5/32 )	4.7	(3/16 )	6.3	(1/4 )	21.7	(1 1/4 )
240 12	4.8	(3/16 )	4.7	(3/16 )	7.1	(5/32 )	28.1	(1 1/2 )

DISEÑO: Acero de alta velocidad, una punta  
4 ranuras cortas zanco recto, ángulo de  
perforación 30° con tres cortos a la de  
recto, ángulo de rancho 8° a 10°,  
primer ángulo de alivio tangencial  
14° a 16°





## TABLA DE VELOCIDADES DE CORTE PARA BROCAS DE TIPO ESTANDAR

Velocidad de corte en metros/minuto		15.2	18.2	21.3	24.3	30.4
Velocidad de corte en pies/minuto		50	60	70	80	100
Diámetro de la broca en mm.	Diámetro de la broca en fracciones de pulgada	RÉVOLUCIONES POR MINUTO				
		0.39	1/64	12,224	14,656	17,088
0.79	1/32	6,112	7,328	8,544	9,760	12,224
1.19	3/64	4,064	4,896	5,696	6,528	8,160
1.59	1/16	3,056	3,664	4,272	4,880	6,112
1.98	5/64	2,448	2,928	3,424	3,904	4,896
2.38	3/32	2,032	2,448	2,848	3,264	4,080
3.16	1/8	1,528	1,832	2,136	2,440	3,056
3.97	5/32	1,224	1,464	1,712	1,952	2,448
4.76	3/16	1,016	1,224	1,424	1,632	2,040
5.56	7/32	872	1,048	1,224	1,400	1,744
6.35	1/4	764	916	1,068	1,220	1,528
7.94	5/16	612	732	856	976	1,224
9.52	3/8	508	612	712	816	1,020
11.11	7/16	436	524	612	700	872
12.70	1/2	382	458	534	610	764
14.29	9/16	340	408	476	544	680
15.87	5/8	306	366	428	488	612
17.45	11/16	278	334	388	444	556
18.05	3/4	254	306	356	408	510
20.64	13/16	234	282	330	376	470
22.22	7/8	218	262	306	350	436
23.81	15/16	204	244	286	326	408
25.40	1	191	226	267	305	382
28.57	1. 1/8	170	204	238	272	340
31.75	1. 1/4	153	183	214	244	306
34.92	1. 3/8	139	167	194	222	278
38.10	1. 1/2	127	153	178	204	255
41.27	1. 5/8	117	141	165	188	235
44.45	1. 3/4	109	131	153	175	218
47.62	1. 7/8	102	122	143	163	204
50.80	2	95	114	133	152	191
57.15	2. 1/4	85	102	119	136	170
63.50	2. 1/2	76	92	107	122	153
69.85	2. 3/4	69	83	97	111	139
76.20	3	64	76	89	102	127
101.60	4	48	57	67	76	95
127.00	5	38	46	53	61	76
152.40	6	32	38	45	51	64

Las R.P.M. para velocidades de corte no dadas aquí se pueden obtener sumando o restando.  
Ejemplo: 45.6 Metros por minuto igual a 30.4 + 15.2 = 1,146 R.P.M. (para broca de 12.7 mm. de diámetro).

## VELOCIDAD PERIFERICA SUGERIDA PARA BROCAS DE ALTA VELOCIDAD

MATERIAL POR TALADRAR	Velocidad Perifera en metros por minuto	Velocidad Perifera en pies por minuto
Aceros Aleados hasta de 29 Rc. de Dureza	15.2 a 21.3	50 a 70
Aceros Aleados arriba de 29 Rc. a 38 Rc. de Dureza	9.1 a 15.2	30 a 50
Aceros Aleados de más de 38 Rc. de Dureza	4.5 a 9.1	15 a 30
Aceros Forjados	15.2 a 18.2	50 a 60
Aceros Inoxidables "Magnéticos"	12.2 a 18.2	40 a 60
Aceros Inoxidables "No Magnéticos"	6.1 a 15.2	20 a 50
Aceros de "Libre Maquinado"	22.8 a 38.1	75 a 125
Aceros Maq. o Estruct. 0.10 a 0.30% de C.	24.3 a 33.6	80 a 110
Aceros Maq. o Estruct. 0.30 a 0.70% de C.	21.3 a 24.3	70 a 80
Aceros Maq. o Estruct. 0.70 a 1.20% de C.	12.2 a 18.2	40 a 60
Aluminio y sus Aleaciones	60.9 a 91.4	200 a 300
Bakelite	30.4 a 45.7	100 a 150
Bronce	45.7 a 91.4	150 a 300
Bronce de "Alta Resistencia Tenaz"	21.3 a 45.7	70 a 150
Hierro Fundido "Alado"	15.2 a 21.3	50 a 70
Hierro Fundido "Gris"	24.3 a 30.4	80 a 100
Hierro Maleable	24.3 a 27.4	80 a 90
Latón	30.4 a 60.9	100 a 200
Madera	91.4 a 121.9	300 a 400
Marmol, Pizarra y Piedra de Construcción	4.5 a 7.6	15 a 25
Metal Muel	12.2 a 15.2	40 a 50

Las brocas al "Carbono" deberán trabajarse en un 40 a 50% menos de la velocidad  
perifera indicada para las brocas de Alta Velocidad

**VELOCIDADES DE MACHUELAR  
Y LUBRICANTES DE CORTE SUGERIDOS**

Material	Pies por minuto (F) Metros por minuto (M)								Lubricantes de corte
	Machuelos de acero al carbón				Machuelos de acero alta velocidad				
	Normal		Tipo "Gus"		Normal		Tipo "Gus"		
	NC	NF	NC	NF	NC	NF	NC	NF	
Acero inoxidable	---	---	---	---	(15 F) 4.57M	(20 F) 6.09M	(20 F) 6.09M	(25 F) 7.62M	Aceite sulfurado
Acero forjado	(20 F) 6.09M	(25 F) 7.62M	(20 F) 6.09M	(25 F) 6.09M	(50 F) 15.24M	(55 F) 16.76M	(60 F) 18.28M	(65 F) 19.81M	Acero soluble o sulfurado
Alumina y aleaciones suaves	---	---	---	---	(70 F) 21.33M	(90 F) 27.43M	(80 F) 24.38M	(100 F) 30.48M	Petróleo y aceite de máquinas
Acero suave	(35 F) 10.66M	(40 F) 12.19M	(35 F) 10.66M	(40 F) 12.19M	(70 F) 21.33M	(80 F) 24.38M	(90 F) 27.43M	(100 F) 30.48M	Acero sulfurado
Hierro fundido	(35 F) 10.66M	(40 F) 12.19M	(35 F) 10.66M	(40 F) 12.19M	(80 F) 24.38M	(90 F) 27.43M	(100 F) 30.48M	(110 F) 33.52M	En saco o aceite soluble
Latón	(70 F) 21.33M	(80 F) 24.38M	(70 F) 21.33M	(80 F) 24.38M	(160 F) 48.76M	(180 F) 54.86M	(200 F) 60.96M	(220 F) 67.05M	Acero soluble o diluido

## BIBLIOGRAFIA

- DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA  
4ª EDICION  
JOSEPH EDWARD SHIGLEY  
LARRY D. MITCHELL  
ED. MC GRAW-HILL
- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  
1ª EDICION  
V. M FAIRES  
ED. MONTANER Y SIMON, S.A.  
BARCELONA
- MANUAL DE ACEROS ASSAB  
ESTOCOLMO SUECIA
- ENCICLOPEDIA BIBLIOTECA DEL MECANICO  
TOMOS 4 Y 5  
ED. G. GILI, S.A. de C.V.  
MEXICO 1988.
- MANUAL DEL TALLER MECANICO TOMO I  
FRED H. COLVIN  
FRANK A. STANLEY  
ED. LABOR, S.A.
- TRABAJOS DE TALLER  
BROCHADO ASERRADO DE LOS METALES  
LEONHARD KNOLL  
ARTUR SCHATZ  
H. HOLLAENDER  
ED. LABOR, S.A.  
ARGENTINA 1941.

- TROQUELADO Y ESTAMPACION  
TERCERA EDICION  
TOMAS LOPEZ NAVARRO  
ED. GUSTAVO GILI, S.A.
  
- MACHINERY'S HANDBOOK  
TWENTIETH EDITION  
BY. ERIK OBERG  
FRANKLIN D. JONES  
HOLBROOK L. HORTON  
INDUSTRIAL PRESS INC.  
NEW YORK.
  
- CATALOGO ENGRANES Y SU LUBRICACION  
MOBIL  
IMPRESO EN MEXICO
  
- MANUAL DEL INGENIERO MECANICO  
MARKS  
OCTAVA EDICION  
MC. GRAW HILL
  
- METODOS INSTRUMENTALES DE ANALISIS  
HOBART H. W. WILLARD  
LYME L. MERRITT  
JOHN A. DEAN  
5ª EDICION  
ED. CECSA
  
- CATALOGO GALVANOLYTE  
EQUIPO PARA GALVANOPLASTICA Y PULIDO.
  
- PATENTES Y NORMAS  
4, 329, 904 MAY.18,1982  
INFOTEC

- PROPIEDADES MECANICAS  
CIENCIA III DE LOS MATERIALES  
JOHN WULFF, WILLIAM G. MOFFATT, H.W. HAYDEN.  
ED. LIMUSA
  
- ESPECTROSCOPIA  
CURSO BASICO SOBRE LA ESPECTROSCOPIA E.N.C.B.  
I.P.N. MEXICO  
DRA. ROCIO POZAS HORCASITAS  
DR. JOSE ANTONIO NOGUEZ  
1979
  
- METALOGRAFIA PRACTICA  
BUFETE METAL MECANICO S.C.  
ELISABETH WEIDMANN - HARRY MAZAL S.A.  
YVAN HOUBAERT - FAC. DE INGENIERIA U.N.A.M.  
1979
  
- M. TOURNIER  
LA SELECCION DEL RECUBRIMIENTO ADECUADO  
EDICIONES CEDEL  
1972 BARCELONA
  
- OPTIMIZACION DEL GALVANIZADO POR DIFUSION  
TESIS PROFESIONAL ING. MECANICO ELECTRICISTA  
U.N.A.M.  
FERNANDO CASTAÑEDA FERNANDEZ  
RUBEN MAURICIO BERNARDO RETANA ONTIVEROS  
ROBERTO PEREZ LOPEZ  
DIRECTORES: M.C. ARTURO BARBA PINGARRON  
ING. EDUARDO UBALDO MARQUEZ  
AMADOR  
MEXICO D.F., 1985

**- MATERIALES DE INGENIERIA Y SUS APLICACIONES**  
**RICHARD A. FLINN PAUL K. TROJAN**  
**ED. MC. GRAW HILL**

**- INTRODUCCION A LA METALURGIA FISICA**  
**AVNER**  
**2ª EDICION**  
**ED. MC. GRAW HILL**