

4



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTILÁN

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA DE  
PULIDO MANUAL PARA EL LABORATORIO DE  
TECNOLOGÍA DE MATERIALES”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA.

**P R E S E N T A :**

**ALONSO GARCÍA GERARDO**

**ASESORA: ING. JESÚS GARCÍA LIRA**

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2002

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN  
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Diseño y fabricación de una máquina de pulido manual para el  
laboratorio de tecnología de materiales

que presenta el pasante: Alonso García Gerardo  
con número de cuenta: 9404385-7 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de Enero de 2002.

PRESIDENTE	<u>Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio</u>	
VOCAL	<u>Ing. Noe García Lira</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Jesús García Lira</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Jorge de la Cruz Trejo</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Ramón Osorio Galicia</u>	

## *AGRADECIMIENTOS*

### *A MI PADRE:*

*Francisco Alonso Rodríguez , por todas las enseñanzas, apoyo y cariño que me brindó durante todo el periodo de mis estudios, en especial a su gran esfuerzo para que yo pudiera lograr este objetivo.*

### *A MI MADRE:*

*Francisca García Segura, por todo el apoyo y consejos que siempre me ha proporcionado.*

*A LA UNAM.*

*Por su contribución a que se convierta en  
realidad hoy, el ser profesionista.*

*A MIS PROFESORES*

*Mi eterno agradecimiento por todos los conocimientos  
Que en todo nivel de mi educación me transmitieron  
Con el único interés de lograr mi superación.*

*A C. ING. JESÚS GARCÍA LIRA*

*A quien menciono por ser una persona  
importante en la realización de este trabajo;  
mi infinito agradecimiento por motivarme y  
asesorarme en la realización de esta Tesis.*

*A TODOS AQUELLOS*

*También para todas aquellas personas a quien quiero y  
Estimo, e hicieron posible de manera directa o indirecta  
La realización de esta tesis por mencionar algunos, a mis  
Sinodales, a Fanny y a mi hermanas Lizeth y Verónica.*

# INDICE

## INTRODUCCIÓN.

### CAPITULO I

Generalidades sobre las máquinas de pulido manual .....	8
1.1 Objetivo, alcances y especificaciones.....	9
1.2 Tipo de máquinas de pulido ..	11

### CAPITULO II.

Selección del material para elaboración de la máquina.....	15
2.1 Aceros inoxidables.....	16
2.2 Descripción del material seleccionado .....	21
2.3 Características.....	22

### CAPITULO III.

Diseño de la máquina .....	27
3.1 Cálculos con diseño de la máquina.....	28

### CAPITULO IV.

Proceso de fabricación .....	42
4.1 Descripción del proceso.....	42
a) Trazo .....	42
b) Cizallamiento.....	44
c) Doble.....	44
d) Soldadura.....	45
e) Barrenado.....	46
f) Ensamble.....	47

### CAPITULO V

Uso y Mantenimiento	
5.1 Uso.....	49
5.2 Mantenimiento.....	50

## CONCLUSIONES

## BIBLIOGRAFÍA.

## **INTRODUCCIÓN.**

El uso de los abrasivos es más antiguo que cualquiera de las operaciones de maquinado. Hay evidencia arqueológica de que los pueblos antiguos usaron piedras abrasivas como la arenisca para afilar herramientas, armas y raspar porciones no deseadas de materiales más suaves para hacer implementos domésticos.

El esmerilado se convirtió en una técnica comercial importante en el antiguo Egipto. Las grandes piedras usadas para construir las pirámides se cortaron al tamaño por procesos rudimentarios de esmerilado. El esmerilado de metales data alrededor de 2000 años a.c. y, era una Habilidad altamente valorada en aquella época.

Los primeros materiales abrasivos fueron aquellos que se encontraron en la naturaleza como la arenisca, que está compuesta fundamentalmente de cuarzo. Las primeras ruedas de esmeril fueron probablemente de piedra tallada y giradas a mano. Sin embargo las ruedas esmeriladoras hechas en esta forma no tenían una calidad consistente.



En la primera parte del siglo XIX se produjeron en la India, las primeras ruedas de esmeril aglutinadas. Se usaron para esmerilar gemas, un importante artículo de comercio en aglutinante se hizo de resinas naturales de laca. La tecnología se exportó a Europa y Estados Unidos, Donde se introdujeron sucesivamente otros materiales aglutinantes: los de hule a mediados del siglo XIX, los vitrificados alrededor de 1870, los de laca alrededor de 1880, y resinosos en la década de los veinte con el advenimiento de los primeros plásticos termo fijos .

Las primeras máquinas reales de esmerilado fueron hechas en Estados Unidos, por la empresa Brown and Sharpe en la década de 1860 para esmerilar partes de máquinas de coser, una industria importante en esa época. Las máquinas esmeriladoras también contribuyeron al desarrollo de la industria de las bicicletas en la década de 1890, y mas tarde en la industria automotriz. Los procesos de esmerilado se usaban para ajustar el tamaño y el acabado de ciertas partes endurecidas por tratamiento térmico en estos productos.

Toda máquina facilita el trabajo del hombre y esta no es la excepción, la inquietud de diseñar y construir la máquina de pulido manual fija surge para la aportación de esta a la facultad con la finalidad de poner en practica mis conocimientos.

La máquina de pulido manual es importante en la realización de pruebas metalográficas, al implementar la pulidora se disminuirá tiempo, se tendrá un mejor acabado en la cara de la probeta, y por ende se dará homogeneidad a las mismas y al darle estas condiciones se obtendrá como resultado una mejor vista al someterlas al microscopio metalográfico.

# CAPITULO

## 1

### “GENERALIDADES”

## **CAPITULO I.**

Como ingenieros debemos estar listos para la realización de un diseño. Ahora nos toca diseñar y fabricar equipos o máquinas, en este caso se pretende realizar una máquina pulidora manual fija, esta máquina es importante elaborarla debido a que en la carrera de IME de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 no se cuenta con una máquina de este tipo en el área de Ingeniería.

La máquina de pulido manual es importante en la realización de pruebas metalográficas ya que en gran parte, la preparación de las probetas metalográficas es un arte, sin embargo para la realización de estas pruebas existen operaciones básicas que tienden a ser similares como lo es el pulido de las probetas y el ataque químico, el primero es el que nos interesa estudiar ya que implica tres tipos básicos de operaciones que realizará la máquina las cuales son:

- 1) esmerilado fino
- 2) pulido basto
- 3) pulido final

## **1.1 Objetivo, alcances y especificaciones.**

### **Objetivo.**

Contribuir con la enseñanza, al poner las bases necesarias para la construcción de una máquina útil para el pulido de muestras metalográficas, ya que es necesaria en el laboratorio de tecnología de materiales.

### **Alcances.**

Los alcances a seguir son que esta máquina ayudará en la realización de prácticas en el laboratorio de tecnología de materiales, en el aspecto de la preparación de muestras metalográficas, logrando con ésta obtener diferentes grados de pulido.

Con respecto a los factores que intervienen en la fabricación de esta máquina podemos mencionar los siguientes:

- Selección del material
- Rigidez mecánica
- Masa requerida

## **Especificaciones.**

El diseño y construcción de la máquina de pulido manual fija, esta sujeta a ciertas especificaciones que deben ser respetadas. Estas especificaciones se refieren a la construcción propiamente dicha; a las probetas y materiales, o bien, a las condiciones en que se deben llevar los pulidos. Por ahora, me referiré solo a las primeras, estas especificaciones son:

- a) La maquina de pulido manual debe ser rígidamente construida
- b) la capacidad de ser trasladada de un lugar a otro con facilidad.
- c) El tipo de material para ser construida debe tener excelente resistencia a la corrosión ( Galvánica)

Desde luego, otros lineamientos a seguir existen, pero se refieren específicamente a determinado tipo de pulido, a un material dado, etc.,

## **1.2 Tipo de máquinas de pulido**

Existen en el mercado una gran variedad de máquinas de pulido , que pueden variar dependiendo de la aplicación estas pueden ser para el pulido o desbaste de diferentes piezas y/o materiales. Las máquinas pueden ser fijas, manuales , con motores, y en la actualidad pueden ser automáticas (CNC), a continuación se nombraran algunas:

**Máquinas de pulido manual fijas.** Esta maquina es de nuestro interés ya que es la mas apropiada para la preparación de probetas metalograficas, esta maquina cuenta con tres pasos básicos de pulido los cuales son: esmerilado fino, pulido basto, pulido final. En estas maquinas no es recomendable tener motores debido a que las revoluciones que tenga esta pueden deformar mucho el metal cercano a la superficie.

Esta maquina utiliza lija de agua la cual tiene las siguientes características:

### ***Lija de agua***

Soporte: Papel impermeable, anti-slip, peso A y C.

Tipos de grano: Carburo de Silicio Negro (SiC)

Recubrimiento: Resina sobre resina

Usos y Aplicaciones: Para pulir en húmedo o en seco. Herramienta indispensable

en la pintura automotriz y los talleres metalmecánicos, los electrodomésticos, las ensambladoras de partes , etc.

**Máquinas de pulido con 1 o 2 motores.** Las máquinas se presentan con 1 o 2 motores, distintas potencias y con diámetros de discos desde 100 a 1000 mm y capacidad para ancho de trabajo hasta 200mm.

Como equipo complementario se puede dotar las máquinas manuales de los siguientes accesorios:

- **Tensores para banda abrasiva**  
Ruedas de contacto de distinta dureza
- **Protecciones para los discos de pulido o bandas abrasivas**
- **Equipo de aspiración de polvo.**

Esta máquina utiliza también bandas abrasivas las cuales tienen las siguientes características:

#### **Telas abrasivas de varios tipos y formas**

**Soporte:** Telas flexibles, resistentes, de pesos X y J

**Tipos de grano:** Oxido de aluminio marrón, Carburo de Silicio.

**Recubrimiento:** Resina sobre resina, resina sobre cola.

**Usos y Aplicaciones:** En el pulido manual o con máquina en seco, sobre madera, láminas y soldadura.

Se utiliza en bandas y tiras. De amplia utilización por la industria metalmecánica,

de aluminio ,de calzado y de fabricantes de muebles metálicos y de madera, carrocerías y la mayoría de los talleres en general.

**Máquinas de pulido con CNC.** El software especial para pulido, permite la programación de una pieza, con facilidad y rapidez, mediante "Teach Pendant" o "Joystick" no precisando especialistas. El acabado de las diferentes zonas de las piezas se consigue moviéndose automáticamente el cabezal y la pieza con la "INTERPOLACION" de los 5 o 6 ejes.

La instalación puede equiparse con los siguientes accesorios:

- Fijación de piezas por vacío, mediante mordazas neumáticas, contrapunto, etc. PALETS PORTAPIEZAS para carga / descarga automática
- Almacén de herramientas (discos y ruedas de pulir)
- Cabinas insonorizadas

Dentro de las aplicaciones tenemos: Grifería sanitaria, herrajes, orfebrería, platería, menaje, lámparas, artesanía, fundición aluminio y zamak, piezas de motocicleta y automóvil, etc; en general para piezas complejas, variadas y que precisen gran calidad de acabado.

Estas dos últimas máquinas no pueden ser comparadas con la máquina que aquí se diseñará debido que éstas deformarían más el material, ya que cuentan con motores y estos dañarían más la estructura del material que la manual.



# CAPITULO

## II

# SELECCIÓN DEL

# MATERIAL

## **CAPITULO II.**

Nosotros a menudo como ingenieros somos consultados sobre la selección de materiales apropiados para una aplicación particular en la cual la rigidez mecánica y/o la resistencia tienen una consideración importante. También el problema puede estar en encontrar el material para el cual la masa requerida sea mínima y/o para el cual el costo de la pieza acabada sea el menor posible o bien por lo menos razonable.

Los aceros inoxidable austeníticos son los mas apropiados para la realización de esta máquina debido a :

- Pueden ser trabajados en frío
- Excelentes propiedades al impacto
- No son ferromagnéticos

Debido a las condiciones de corrosión el material mas apropiado es el acero inoxidable tipo 316L, que esta clasificado dentro de los aceros inoxidables austeníticos .

## 2.1 Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables se seleccionan por su excelente resistencia a la corrosión. Todos los verdaderos aceros inoxidables contienen un mínimo de 12% de Cr, lo que permite la formación de una delgada capa protectora de oxido de cromo cuando el acero se expone al oxígeno.

Hay cuatro categorías de aceros inoxidables basadas en la estructura cristalina y el mecanismo de endurecimiento. En la tabla 2.1 se incluyen ejemplos y propiedades de cada tipo.

Tabla 2.1 Composiciones y Propiedades de algunos aceros inoxidables

Acero	%C	%Cr	%Ni	Otros	Resistencia a la tensión (psi)	Esfuerzo de fluencia (psi)	Elongación (%)
Austenítico							
201	.15	16-18	3.5-5.5	5.5-7.5Mn	95,000	45,000	40
304	.08	18-20	8-10.5		75,000	30,000	30
304L	.03	18-20	8-12		75,000	30,000	30

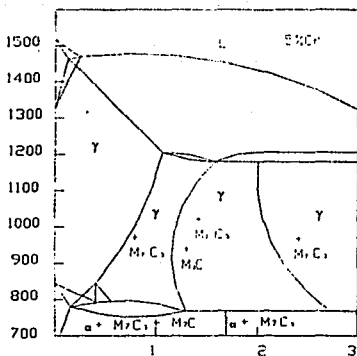
321	.08	17-19	9-12	Ti(5x%C)	85,000	35,000	55
347	.08	17-19	9-13	Nb(10x%C)	90,000	35,000	50
Ferrítico							
430	.12	16-18			65,000	30,000	22
442	.12	18-23			75,000	40,000	20
Martensítico							
416	.15	12-14		.60%Mo	180,000	140,000	18
431	.20	15-17	1.25-2.5		200,000	150,000	16
440C	.95-12	16-18		.75%Mo	285,000	275,000	2
Endurecimiento por precipitación							
17-4	.07	16-18	3-5	.15-.45%Nb	190,000	170,000	10
17-7	.09	16-18	6.5-7.8	.75-1.25%Al	240,000	230,000	6

**Aceros Inoxidables ferríticos.** Estos aceros ferríticos contienen más de 30% de Cr y menos de 0.12% de C. Debido a la estructura cúbica centrada en el cuerpo (CC), los aceros inoxidables ferríticos tienen buena resistencia mecánica y moderada ductilidad derivada del endurecimiento por solución sólida y el endurecimiento por deformación. Cuando los contenidos de carbono o de Cromo son muy altos, la precipitación de partículas de Carbono proporciona un endurecimiento por dispersión, pero también fragiliza la aleación. Los aceros

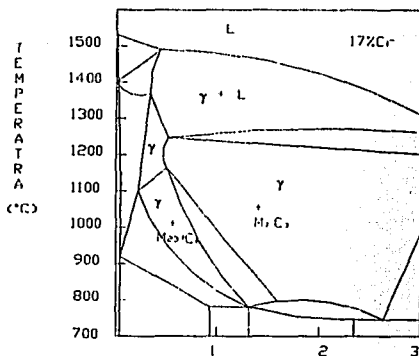
inoxidables ferríticos tienen excelente resistencia a la corrosión una moderada conformabilidad y son relativamente baratos.

**Aceros inoxidables martensíticos.** De la Fig. 2.1 encontramos que aleación 17% Cr -0.5% C calentada a 1200°C produce 100% de austenita, la cual se transforma en martensita en el templado. La martensita es luego revenida para producir altas durezas y resistencias manteniendo una adecuada resistencia a la corrosión. Estos aceros tienen excelente templabilidad y resisten el ablandamiento a temperaturas elevadas, haciendo a las aleaciones útiles para aplicaciones como cuchillos de alta calidad, balas para rodamientos y válvulas.

El contenido de cromo es usualmente menor que 17% de otra forma el campo de la austenita se hace tan pequeño que se requiere un control muy estricto sobre las temperaturas de austenización y el contenido de carbono. Los contenidos más bajos de cromo permiten que el contenido de carbono varíe aproximadamente de 0.1% a 1.0%, permitiendo que se produzcan martensitas de diferentes durezas.



PESO PORCENTUAL DE CARBONO



PESO PORCENTUAL DE CARBONO

Figura 2.1. Efecto del cromo en el diagrama de fases hierro- carbono

**Aceros inoxidables austeníticos.** El níquel es un elemento estabilizador de austenita incrementa el tamaño del campo de austenita pero casi elimina la ferrita de las aleaciones hierro-cromo-carbono(Fig. 2.2). Si el contenido de carbono es inferior a 0.03%, los carburos no se forman y el acero es casi todo austenítico a temperatura ambiente.

Los aceros austeníticos , CCC (cúbica centrada en las caras) ,tienen excelente ductilidad, conformabilidad y resistencia a la corrosión. La resistencia se obtiene por un endurecimiento extenso por solución sólida, y los aceros inoxidables austeníticos pueden ser trabajados en frío para obtener resistencias mayores que las de los aceros inoxidables ferríticos. Estos aceros tienen excelentes

propiedades al impacto a bajas temperaturas, puesto que no presentan temperatura de transición frágil-dúctil. Más aún, los aceros inoxidables austeníticos no son ferromagnéticos como los ferríticos y martensíticos. Desafortunadamente, los altos contenidos de níquel y de cromo hacen costosas a estas aleaciones.

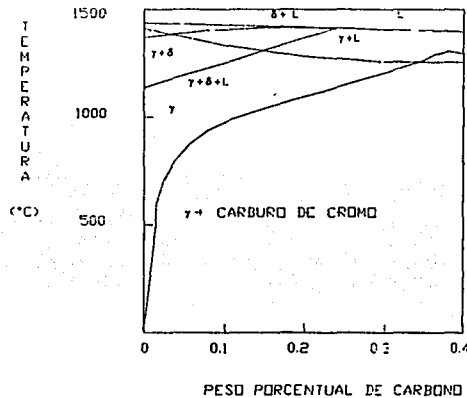


Figura 2.2. Sección del diagrama de fases hierro-cromo-níquel-carbono a un contenido constante de 18% de Cr-8% Ni

**Aceros inoxidables endurecidos por precipitación (EP).** La composición de los aceros inoxidables endurecidos por precipitación (EP o PH, de precipitation hardening) es similar a la de los aceros inoxidables austeníticos, a excepción de la presencia de aluminio, niobio o tantalio. Los aceros inoxidables EP deben sus

propiedades al endurecimiento por solución sólida, al endurecimiento por deformación, al endurecimiento por envejecimiento y a la reacción martensítica. Se obtienen excelentes propiedades mecánicas aún con bajos contenidos con bajos contenidos de carbono.

El tratamiento térmico para acero inoxidable 17-7 PH típico requiere de tres pasos. Primero, el acero es acondicionado entre 760°C y 955°C , preparando la austenita para una transformación subsecuente a martensita. Enseguida el acero es templado a 15°C o menos, para que la austenita se transforme en martensita.

Finalmente, el acero es recalentado entre 500°C y 600°C , lo que permite que el Ni<sub>3</sub>Al y otros precipitados se formen a partir de la martensita. Se obtienen mayores resistencias con menores temperaturas de envejecimiento.

## **2.2 Descripción del material seleccionado**

El material que a continuación se describirá , será aplicado para cada uno de los componentes de la máquina ya que todos estarán expuestos ala corrosión galvánica.

El material mas adecuado para la realización de esta máquina es un acero inoxidable austenítico tipo 316L debido al contenido de molibdeno, su resistencia a la corrosión es superior, sobre todo al ácido sulfúrico, a los cloruros y a los ácidos orgánicos, esto es importante debido a que en la preparación de probetas



para pruebas metalográficas se pueden desprender minerales que con el acción del agua pueden aumentar la corrosión en nuestra máquina.

A continuación se darán las características del acero inoxidable 316L esto para dar una mayor descripción del material a utilizarse.

### 2.3 Características

Acero inoxidable austenítico (correspondencia con AISI-316)<sup>1</sup>.

Composición química (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr.	Mo	Ni
0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	16.00	2.00	10.00
máx.	máx.	máx.	máx.	Máx.	18.00	3.00	14.00

#### Generalidades.

Debido al contenido de molibdeno, su resistencia a la corrosión es superior, sobre todo al ácido sulfúrico, a los cloruros y a los ácidos orgánicos. También es mas resistente en presencia de agua de mar y en medios atmosféricos, pero es menos

<sup>1</sup> (AISI) - Instituto Americano del hierro y del acero.

resistente frente al ácido nítrico en ebullición. Es menos sensible a la corrosión por picaduras ante los vapores del ácido acético y soluciones de cloruros, ioduros y bromuros.

Cuando se le mantiene a temperaturas entre 450 y 900°C se provoca una precipitación de carburos que lo hace sensible a la corrosión intergranular (este problema no nos afecta debido a que la máquina siempre estará trabajando a temperatura ambiente).

Las soldaduras es posible con todos los procedimientos. Las soldaduras deberán ser decapadas y pasivadas para evitar focos de corrosión.

La estructura de este acero es austenítica a todas las temperaturas, también se puede mencionar que es amagnético (no le atrae el imán).

#### **Transformaciones en caliente.**

De 1,150 a 900°C con enfriamiento en aire. La temperatura inicial dependerá del grado de deformación. Para grandes reducciones puede elevarse la temperatura inicial hasta 1,225°C, pero las permanencias deberán ser cortas para que la formación de ferrita sea la menor posible ya que esta dificulta la transformación en caliente.

Para su baja conductividad térmica es necesario darle mayores permanencias que en el caso de los aceros comunes.

### Tratamientos térmicos.

Con un temple austenítico (hipertemple) entre 1,050 y 1,120°C disolveremos los carburos precipitados. El enfriamiento se hará en agua.

Con este tratamiento la estructura estará formada básicamente por austenita aunque puede aparecer pequeñas cantidades de ferrita. Esto dependerá de la composición química de la temperatura del tratamiento y de su enfriamiento.

### Propiedades físicas.

-Características mecánicas a temperatura ambiente

Tratamiento	Rm	Rp	Rp		A en %		$\rho$ (KU)	Dureza
	N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )	del 0.2% mín N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )	del 1% mín N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )		Min		min J (kgfm)	HB
				Barras 5≤d≤160	Planos .5se≤3	Planos 3se≤30		
Hipertemple	490-685 (50-70)	205 (21)	255 (26)	40	33	40	118 (12)	192 máx

-Propiedades de tracción a temperatura ambiente de diferentes perfiles (recocidos)

Perfil	Resistencia a la tracción (Rm) N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )	Limite elástico del 0.2%(Rp) N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (L=50mm) %	Estricción %	Dureza
Chapa y fleje	620(63)	275(28)	50	-	85 HRb
Plancha	590(60)	245(25)	55	-	150HB
Barras	550(56)	205(21)	60	70	150HB
Alambre (mm)					
0.05-0.50	660-895(67-91)	275-510(28-52)	35-55	-	
0.51-3.20	620-755(63-77)	245-410(25-42)	25-55	-	76-83HRb
3.21-9.50	590-725(60-74)	245-275(25-28)	25-55	-	

-Limite de fatiga típico de chapa recocida = 265 N/mm<sup>2</sup> (227kgf/mm<sup>2</sup>)

Por todo esto antes mencionado el acero inoxidable tipo 316L es el mas conveniente para la realización de esta máquina.

# CAPITULO

## III

# DISEÑO DE LA MAQUINA

### **CAPITULO III.**

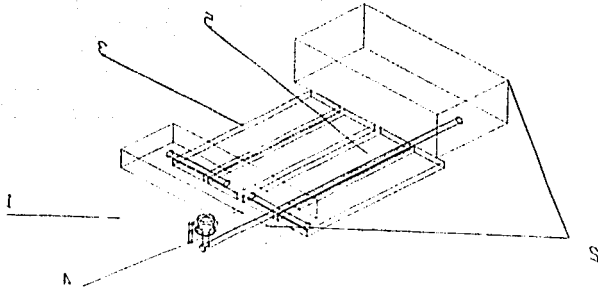
#### **Diseño de la máquina,**

Es importante mencionar que el presente diseño es un prototipo que tiene la finalidad de comprobar su funcionamiento y como conclusión formular sugerencias de cómo se puede mejorar tanto el diseño mismo, con adaptaciones y una mejor selección de materiales de construcción y ensamble con la finalidad de ampliar sus alcances.

En forma general el diseño considera los siguientes elementos principales

1. Caja principal (tina): Es el soporte principal de la máquina y tiene entre otras funciones la recepción del agua así como los residuos del material desbastado.
2. Tapas: su función serán almacenar lija.
3. Soleras: Es la parte de la máquina donde se sujetan las lijas y se realiza el desbaste.
4. Sistema de riego: Es el que proporciona el agua a las lijas, para evitar seguir deformando el material.
5. tubería de drenaje: Esta parte de la máquina tiene como función drenar los líquidos o residuos.

como se muestra en el siguiente dibujo:



A continuación se mostrarán los cálculos necesarios para el diseño de la máquina de pulido manual fija los cuales constan del cálculo de la masa así como de las pérdidas en el sistema de riego.

**PERDIDAS EN EL SISTEMA DE RIEGO.**

A continuación se harán los cálculos de las pérdidas en el sistema de riego, se tratará de que estas pérdidas sean las menos posibles ya que no existen normas que regulen que caudal se necesita.

Para el sistema de riego se utilizó la siguiente formula:

$$h_r = \lambda \left[ \left( \sum L + \sum L_e \right) / D \right] v^2 / 2g \dots \dots \dots (3.1)$$

donde:

$h_r$  = pérdidas

$\lambda$  = coeficiente de rozamiento Darcy

$\sum L$  = sumatoria de longitud

$\Sigma L_e$  = sumatoria de longitud equivalente

$v$  = velocidad = .5m/s

$g$  = gravedad = 9.81m/s<sup>2</sup>

El procedimiento es el siguiente, se calcula como primer paso el número se Reynolds como se muestra a continuación:

$$Re = VD/v = (.5m/s) (0.00635m) / 1.01 \times 10^{-6} m^2/s = 3143.564$$

Como segundo paso calculamos la rugosidad la cual esta dada por:

$$\text{Rugosidad Relativa} = \epsilon/D = .05mm / .0254mm = 0.001968$$

Tercer paso con el número de Reynolds y la Rugosidad se calcula el coeficiente  $\lambda$ , en el diagrama de Moody (ver apéndice Diagrama 1) ya una vez encontrado el punto de encuentro entre el numero de Reynolds y la Rugosidad se tiene que:

$$\lambda = 0.043$$

Cuarto paso, debido a que se tienen accesorios se tienen que tomar longitudes equivalentes (ver apéndice Tabla 1) las cuales son:

Curva de 90° de ¼ de diámetro = 0.2m

Válvula de globo = 2.05m

T de salida bilateral = 1m

Quinto paso, ya teniendo las longitudes equivalentes de cada uno de los accesorios se procede a hacer la suma de todos los accesorios:

$$\text{No. De curvas} = 5 = .2m \times 5 = 1m$$

$$\Sigma L_e = 1m + 2.05m + 1m = 4.05m$$



Sexto paso, se hace la sumatoria de todas las distancias de tubería como se muestra a continuación:

$$\Sigma L = 0.03175\text{m} + 0.03175\text{m} + 0.6096\text{m} + 0.04445\text{m} + 0.04445\text{m} + 0.0888\text{m} + 0.0888\text{m} = 0.9398\text{m}$$

Séptimo paso se procede a acomodar los elementos en la ecuación (3.1):

$$h_{r1} = 0.043 [ ( 0.9398\text{m} + 4.05 \text{ m} ) / 6.35 \times 10^{-3}\text{m} ] ( 0.5 )^2 / 2 (9.81) = 0.4305 \text{ m}$$

A este resultado hay que sumarle las pérdidas por el tramo de tubo de  $\frac{1}{2}$ " , aplicando la ecuación (3.1) tenemos:

$$h_{r2} = 0.036 [ 0.043 / 0.0127 ] (0.5)^2 / 2 (9.81) = 0.015596\text{m}$$

$$\therefore \text{pérdidas total en el sistema son: } h_{r1} + h_{r2} = 0.4305 + 0.015596 = 0.44609\text{m}$$

se puede decir que tenemos en aproximadamente un metro de tubería vencer una carga de 0.44609 metros columna de agua.

## CALCULOS DE LA MASA NECESARIA

La masa de la maquina debe de ser mínima debido a que debe ser trasladada con facilidad de un lugar a otro a continuación se mostraran los cálculos.

Para el cálculo de la masa necesaria es necesario aplicar la siguiente ecuación:

$$M = V \times \delta \dots\dots\dots(3.2)$$

Donde :

M = masa

V = volumen

$\delta$  = densidad del acero inox.

Después de estos cálculos se mostrarán las piezas que conforman nuestra máquina así se podrá ver los planos de cada una de las piezas aquí calculadas, a continuación se calculará la masa de cada uno de los componentes:

### BASE

Para la base se tiene un volumen

$$V = 37" \times 18" \times 1/16" = 41.625 \text{ in}^3$$

a esto hay que sumarle dos tapas laterales las cuales su volumen es de

$$V = 4" \times 21" \times 1/16" \times 2 = 10.5 \text{ in}^3 .$$

La densidad del acero inoxidable es  $0.129 \text{ kg / in}^3$  ( ver apéndice tabla 2)

Por lo tanto aplicamos la ecuación (3.2) y tenemos:

$$M_1 = 52.125 \text{ in}^3 \times 0.129 \text{ kg / in}^3 = 6.7241 \text{ kg}$$

### CAJA 1

Para la caja 1 se tiene un volumen de  $V = 37" \times 18" \times 1/16" = 6.75 \text{ in}^3$

Por lo tanto aplicamos la ecuación (3.2) y tenemos:

$$M_2 = 6.75 \text{ in}^3 \times 0.129 \text{ kg / in}^3 = 0.870 \text{ Kg}$$

### CAJA 2

Para la caja 2 se tiene un volumen de:

$$V = 13" \times 18" \times 1/16" = 14.625 \text{ in}^3$$

Por lo tanto aplicamos la ecuación (3.2) y tenemos:

$$M_3 = 14.625 \text{ in}^3 \times 0.129 \text{ Kg / in}^3 = 1.88 \text{ Kg}$$

### SOLERAS

Para las soleras grandes se tiene un volumen de

$$V = 11" \times 3.375" \times .5" = 18.56 \text{ in}^3 \times 4 \text{ soleras} = 74.25 \text{ in}^3$$

Por lo tanto aplicamos la ecuación (3.2) y tenemos:

$$M_4 = 74.25 \text{ in}^3 \times 0.129 \text{ Kg / in}^3 = 9.578 \text{ Kg}$$

Para las soleras chicas se tiene un volumen de:

$$V = 1/8" \times 1/2" \times 84 = 5.25 \text{ in}^3$$

Por lo tanto aplicamos la ecuación (3.2) y tenemos:

$$M_5 = 5.25 \text{ in}^3 \times 0.129 \text{ Kg} / \text{in}^3 = 0.67725 \text{ Kg}$$

La masa total esta dada por la siguiente ecuación:

$$M_T = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 = 19.72 \text{ Kg} + 1 \text{ Kg}_{\text{tornería}} = 20.72 \text{ Kg}$$

### COSTOS

Se puede tomar como cálculos el costo de fabricación, el cual se describirá a continuación:

Punto numero 1. Para la producción de esta máquina se toma el costo del material el cual fue de 3,500 pesos (tres mil quinientos pesos) el cual incluye lo siguiente:

CANTIDADES	MATERIAL	DIMENSIONES
1 hoja	Lamina tipo 316L	3 Mts. X 6 Mts.
1 pieza	Válvula de bola de 1/2" OD	Ver dibujo.
2 tramos	Tubing de acero inoxidable en diámetros de 1/2" y 1/4"	Tramo de 6 Mts.
1 pieza	Te de 1/2" con reducción al centro de 1/4" en acero inoxidable	Dimensiones de 1/2" con reducción al centro de 1/4"
1 tramo	Solera de 1/2" de grosor y 3 3/8" de ancho	Tramo de 2 Mts.
16 piezas	Tornillería	De 1/2" de diámetro X 1/2" de largo
1 tramo	Solera de 1/8" de grosor y 1/2" de ancho.	Tramo de 2 Mts.
	Otros de consumo.	

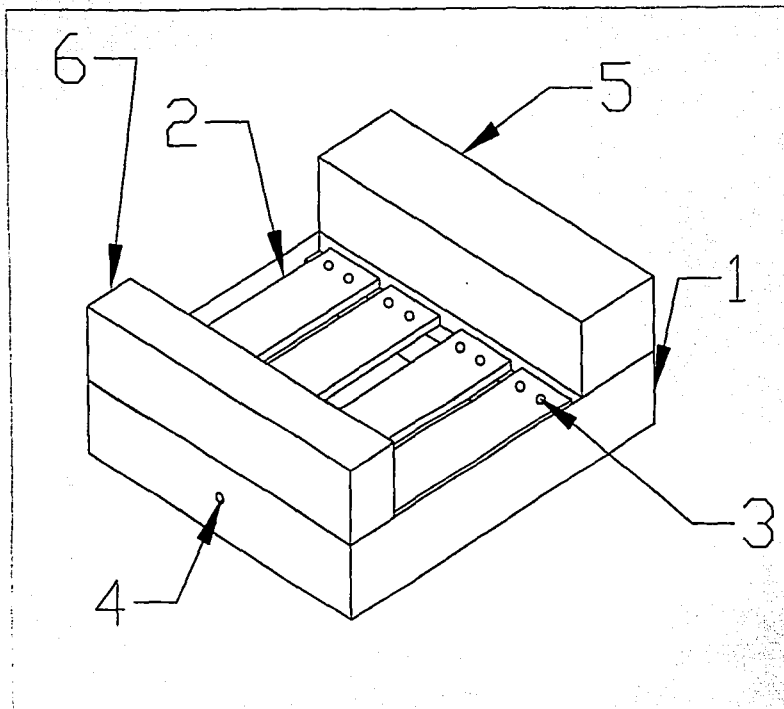
Como punto número 2 se tiene el costo de mano de obra el cual es de 6, 500 pesos (seis mil quinientos pesos) , incluye lo siguiente:

- Trazado
- Cortes
- Dobleces
- Barrenado
- Soldadura
- Ensamble
- Pulido

Todo lo anterior tiene una Mano de obra la cual consta de un tiempo de 72 horas, las cuales son divididos en 8 horas diarias, lo que se reduce a una semana y media para producir la máquina

Cabe mencionar que el costo total de la máquina será de 10,000 pesos ( diez mil pesos 00/100 MN) aunque los costos de fabricación disminuirían si se fabricara en serie esta máquina, esta disminución sería en la parte de mano de obra y también en la del material debido a que si se compra el material, por mayoreo disminuyen sus costos .No se tomaron costos administrativos debido a que la máquina va a ser donada y no con fines de lucro.

Ya una vez teniendo los cálculos anteriormente descritos se pasara al diseño general mostrados en los siguientes dibujos. Todos los diseños fueron realizados en el Software AutoCad 2000.



6	Tapa delantera
5	Tapa trasera
4	Valvula
3	Tornillos
2	Soleras
1	Caja
No. Pzas	Descripción

35

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO- UNAM

ALONSO GARCIA GERARDO

MAQUINA DE PULIDO MANUAL FIJA



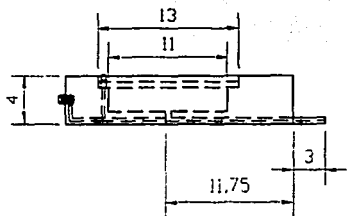
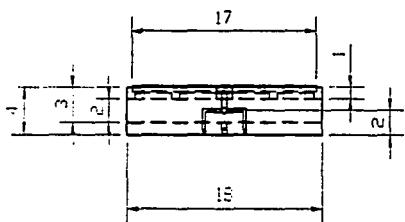
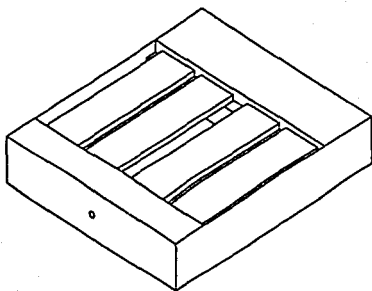
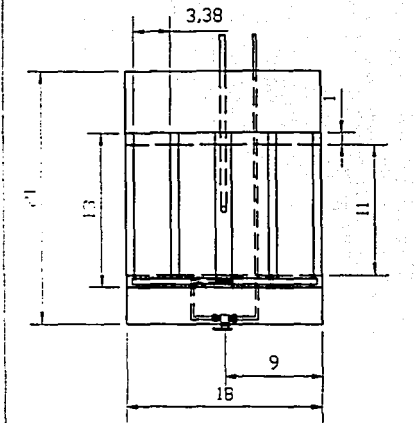
ACOT: PULGADAS

TESIS

I M E


OCTUBRE 2001

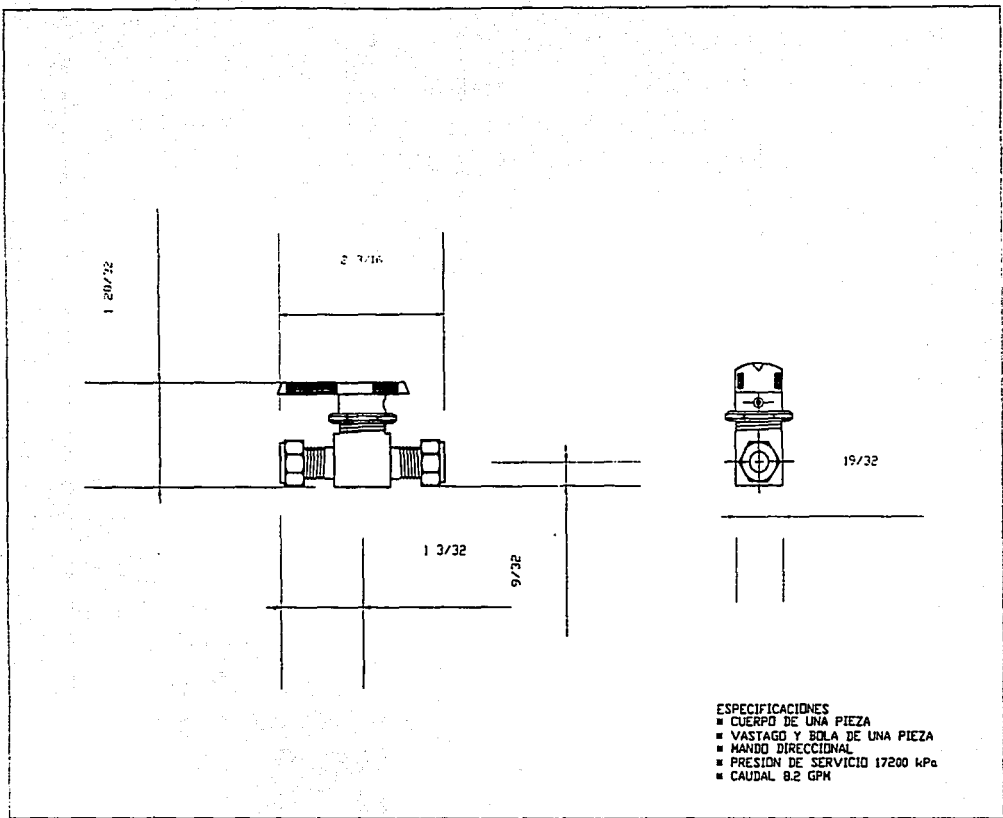
ISOMETRICO



36

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO- UNAM  
 DIMENSIONES DE LA MAQUINA  
 TESIS I M E

ALONSO GARCIA GERARDO  
 ACOT: PULGADAS  
 OCTUBRE 2001 ESCALA 10:1



37

- ESPECIFICACIONES
- CUERPO DE UNA PIEZA
  - VASTAGO Y BOLA DE UNA PIEZA
  - MANDO DIRECCIONAL
  - PRESION DE SERVICIO 17200 kPa
  - CAUDAL 8.2 GPM

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO- UNAM

ALONSO GARCIA GERARDO

VAVULA (COMPRADA)



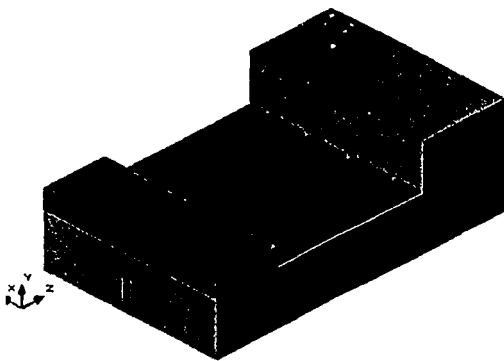
ACOT: PULGADAS

TESIS

I M E

OCTUBRE 2001





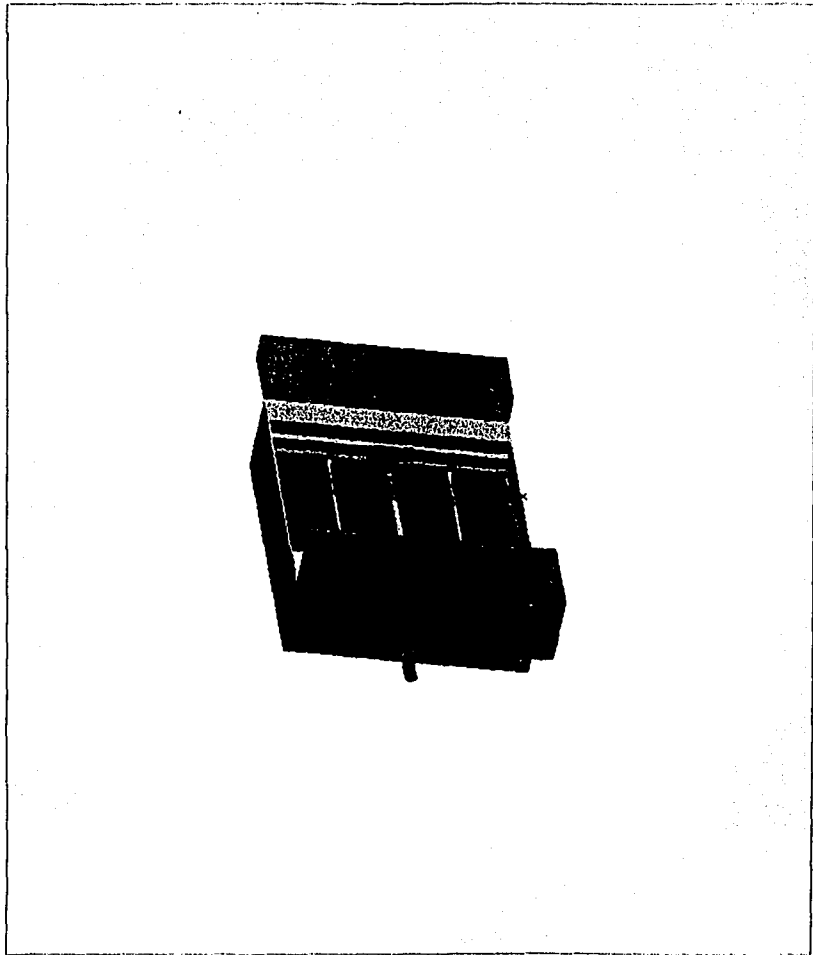
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO - UNAM  
MAQUINA DE PULIDO MANUAL FIJA  
TESIS I H E

ALONSO GARCIA GERARDO



VISTA SOLIDO

OCTUBRE 2001



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO- UNAM

ALONSO GARCIA GERARDO

MAQUINA DE PULIDO MANUAL FIJA

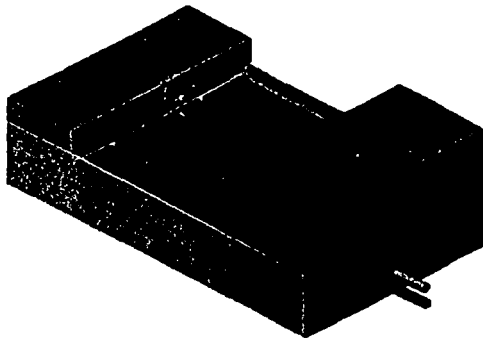


VISTA SOLIDO

TESIS

I H E

OCTUBRE 2001



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO- UNAM		ALONSO GARCIA GERARDO	
MAQUINA DE PULIDO MANUAL FIJA		—⊙—	VISTA SOLIDO
TESIS	I M E		OCTUBRE 2001

# CAPITULO

## IV

### PROCESO DE

### FABRICACIÓN

## **CAPITULO IV.**

Dentro del proceso de fabricación analizaremos cinco puntos importantes e iremos describiendo cada uno de ellos de manera individual así como se ira ilustrando cada proceso por medio de fotografías las cuales harán más comprensibles cada uno de los procesos a describir estos procesos son: trazo, cizallamiento, soldadura, barrenado, ensamble.

### **4.1 Descripción del proceso**

Se definirá un conjunto de fases sucesivas que nos llevaran a la realización de la máquina de pulido manual fija este conjunto de fases son las siguientes:

**TRAZO.** El trazado es un término de taller que significa marcar o trazar líneas, centros o círculos en piezas de trabajo para mostrar la forma, tamaño y posición de agujeros o aberturas que se tengan que maquinar. Es algo así como un dibujo mecánico, en el trazado lo mas importante es la exactitud debido a que un error arruinaría nuestro trabajo antes de comenzarlo, en nuestro caso para poder realizar un buen trabajo (máquina de pulido manual fija), tenemos que:

- a) Poder leer y comprender dibujos
- b) Poder seleccionar y usar herramientas de trazo
- c) Poder transferir cuidadosamente y con precisión las dimensiones del dibujo al metal mismo.

Ya una vez leído y comprendido el dibujo nos dispondremos a trazar con las siguientes herramientas:

**Rallador (trazador).**- Es una herramienta puntiaguda que se emplea para dibujar o trazar líneas en nuestra pieza de metal.

**Martillo Mecánico.** Se utiliza para golpear, martillar con la peña, perfilar y conformar metales.

**Punzón de marcar.** Es una herramienta de trazado que se utiliza para marcar la posición de los agujeros después que se han trazado las líneas.

Las herramientas descritas anteriormente son algunas que utilizaremos para la realización de la máquina.

**Procedimiento.** Es el método que seguiremos depende de la precisión requerida, de las herramientas disponibles y del tiempo permitido, estos métodos son los siguientes:

- a) Quitaremos con una lima todas las rebabas existentes
- b) Deberemos escuadrar los extremos del material comercial, ya sea limándolo o maquinándolo.
- c) Deberemos limpiar la superficie que vamos a trazar.
- d) Trabajaremos siempre a partir de una superficie o línea base.
- e) Para el trazado sujetaremos con firmeza la escuadra contra el lado de la lámina de trabajo.
- f) Trazaremos líneas simples, nítidas y agudas debido a que si las líneas son borrosas o dobles son inservibles e indican un mal trazo.

**CIZALLAMIENTO.** Ya una vez trazado el material continuaremos con el corte del mismo por medio del proceso de cizallamiento el cual se caracteriza por un metal sólido (conformación bidimensional) y un estado cortante de esfuerzo. Nuestra pieza se puede sujetar de tal manera que la herramienta realice tanto el movimiento de cizallamiento como el de avance. Nuestro metal es cortado entre dos hojas cortantes que tienen una holgura de 5 a 10% de grosor del material. Este proceso de cizallamiento se usa extensamente en la industria para cortar láminas y placa, como existe una amplia variedad de máquinas para el cizallamiento se utilizara una cizalla de guillotina mecánica.

**DOBLEZ.** Ya una vez teniendo cortada la lámina se entrará en el proceso de doblez. La técnica mas sencilla de obtener un doblez en lámina es la prensa o plegadora, donde el cuerpo de nuestro material (lámina acero inoxidable tipo 316L) se sujeta a la cama de la máquina con la línea del doblez situada a lo largo del borde, y una placa dobla la parte que se sobrepase al borde.



**SOLDADURA.** La soldadura que utilizaremos será por arco en atmósfera gaseosa con electrodo fusible (o procedimiento TIG). Este tipo de soldadura será la que emplearemos debido a que no se usa ni fundente ni escoria, se utiliza el argón como gas protector y corriente continua con polaridad inversa.

En nuestro caso por tener un tipo estabilizado de acero inoxidable como lo es el 316L se debe de unir por soldadura fuerte ya que con esta se tiene el menor peligro posible a que disminuya la resistencia a la corrosión del metal base.

El tipo de unión será de los dos tipos en algunas partes a solape y algunas otras a tope.





**BARRENADO.** Ya una vez teniendo unida la pieza procedemos a marcar y a realizar los agujeros para la alimentación de agua así como la de drenaje, por medio de un proceso de barrenado, en este proceso se recomienda colocar exactamente debajo de la punta de la broca el centro del sitio marcado para realizar así la penetración de la broca sobre el material, es recomendable en nuestro caso meter una guía de aproximadamente 1/8" debido a que nuestro diámetro es aproximadamente grande (1/2"), esta guía nos ayuda a evitar accidentes debido a que si metemos la broca de 1/2" se puede atorar en la lámina ocasionando algún tipo de golpe o torcedura.



**ENSAMBLE.** Una vez teniendo la lámina doblada, soldada y barrenada continuaremos con el proceso de ensamble el cual como su nombre lo dice es acoplar o juntar piezas.

Lo que ensamblaremos nosotros serán las placas, la válvula de paso de agua, así como los tubos de llenado y drenado de agua .



**CAPITULO**

**V**

**USO Y**

**MATENIMENTO**

## USO

La máquina de pulido manual es importante en la realización de pruebas metalográficas ya que en gran parte, la preparación de las probetas metalográficas es un arte, sin embargo para la realización de estas pruebas existen operaciones básicas que tienden a ser similares como lo es el pulido de las probetas y el ataque químico, el primero es el que nos interesa , ya que implica tres tipos básicos de operaciones que realizará la máquina las cuales son:

1. **Esmerilado fino:** La probeta es frotada a mano contra la lija de grado 320, que se coloca sobre la solera, por lo común la superficie se lubrica con agua, la que proporciona la acción lavadora que retira las partículas cortadas de la superficie.
2. **Pulido basto :**La probeta es frotada a mano contra la lijas de grados 400 y 600, que se coloca sobre las dos siguientes soleras .

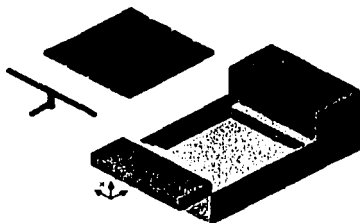
En cada uno de estos pasos de esmerilado y pulido, se mueve la pieza de manera que se formen las rayas en sólo una dirección, al proseguir de una lija a otra, se hace girar la muestra 45° de manera que las nuevas rayas queden situadas sobre la superficie en ángulo con las formadas durante el paso precedente. Entonces se continua el esmerilado hasta desaparecer las rayas del paso anterior

3. **Pulido final** : en este pulido se coloca sobre la solera nylon sin pelo, que con acción del compuesto pulidor usado que es la alúmina se obtiene por fin una superficie libre de rayas y lista para pasar a un ataque químico y completar la practica de metalografía.

### MANTENIMIENTO

La máquina fue diseñada de tal manera que tenga un excelente mantenimiento debido a que consta de partes de fácil desplazamiento o desensamble, por medio de tornillos se pueden desplazar las soleras que portan la lija , el sistema de riego consta con conectores para poder ser desarmado con facilidad.

El mantenimiento constaría de limpieza para evitar el impregnamiento de minerales en las paredes de la maquina, así como el cambio de la válvula , ésta por uso, el desensamble esta previsto para tener un excelente mantenimiento en la lámina y tornillería que conforman la máquina de pulido manual fija como se muestra en la figura:



## CONCLUSIONES

Se puede concluir que el presente trabajo ayudará a un mejor desempeño en la remoción del material a desbastar en las probetas que se somentan a la pulidora manual fija. Esta nace por necesidad de agilizar las prácticas en el laboratorio, lo cual origina el diseño de la pulidora.

Toda máquina que se construye es para facilitar el trabajo del hombre y ésta no es la excepción, este equipo se construyó para abatir tiempo, esfuerzo y a su vez dar un mejor acabado en la superficie de las caras de las probetas.

Esto da como resultado el auto equipamiento del laboratorio de tecnología de materiales.

Los ingenieros debemos permanecer siempre alertas, a todo aquello que ocurre y que puede mejorar nuestra actuación, en la enorme responsabilidad que tenemos de crear los medios que hagan posible el desarrollo armónico de nuestro país. Detectando a tiempo y corrigiendo valientemente todas aquellas tendencias que puedan desviarnos de nuestro objetivo principal. Manteniendo el rumbo correcto con sabiduría y cada vez mayor capacidad, sostenida siempre vigente a través del tiempo.

Con unidad de propósito y determinación. Esto se puede lograr influyendo en las decisiones de los grandes actores y reconociendo que la educación y la capacitación y el trabajo conjunto, constituyen la palanca fundamental que nos llevará a mejores estatutos de desarrollo.

Debemos participar, en las grandes decisiones, debemos convencer que debemos vender el mejor de los sueños. El futuro depende de nosotros, el futuro somos nosotros.

# APENDICE

## “DIAGRAMAS Y TABLAS”



DIAGRAMA 1. DIGRAMA DE MOODY.

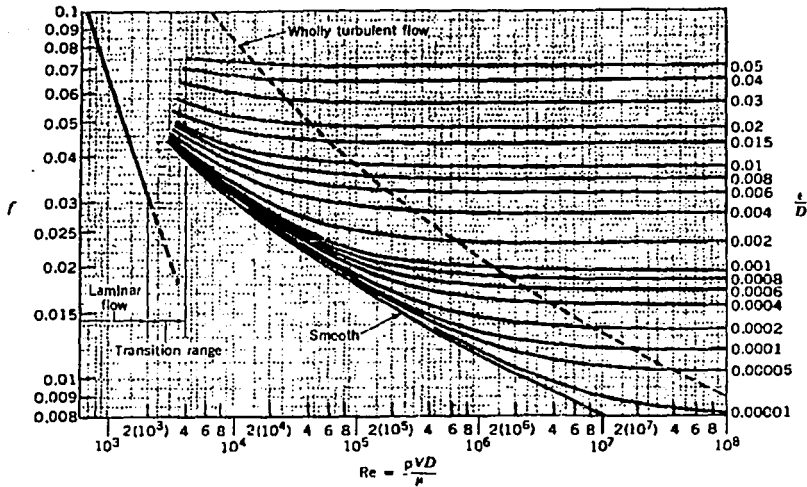


TABLA 1. LONGITUDES EQUIVALENTES ( EXPRESADAS EN METROS DE TUBERIA RECTILINEA )

TUBERÍA		COEF. DE BIL.	COEF. DE BIL.	COEF. DE BIL.	SEÑAL DE	CURVA DE BIL. 10	CURVA DE BIL. 1	CURVA DE BIL. 0.1	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BUNDA	VÁLVULA DE CERRADURA ABIERTA	VÁLVULA DE CERRADURA ABIERTA	VÁLVULA DE ANCHOZGADA	PASO DIRECTO	SALEN LATERAL	SALEN BILATERAL	VÁLVULA DE PE	SALEN DE TUBERÍA	VÁLVULA DE INTERSECCIÓN EN T	VÁLVULA DE INTERSECCIÓN EN Y
mm	in																			
13	1/2	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.1	4.9	2.6	0.3	1.0	1.0	3.6	0.4	1.1	1.6
19	3/4	0.4	0.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.5	0.1	6.7	3.6	0.4	1.4	1.4	5.6	0.5	1.6	2.4
25	1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.7	0.2	8.2	4.6	0.5	1.7	1.7	7.3	0.7	2.1	3.2
32	1 1/4	0.7	0.9	1.1	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.9	0.2	11.3	5.6	0.7	2.3	2.3	10.0	0.9	2.7	4.0
38	1 1/2	0.9	1.1	1.3	0.6	0.5	0.7	0.3	0.5	1.0	0.3	13.4	6.7	0.9	2.8	2.8	11.6	1.0	3.2	4.8
50	2	1.1	1.4	1.7	0.8	0.6	0.9	0.4	0.7	1.5	0.4	17.4	8.5	1.1	3.5	3.5	14.0	1.5	4.2	6.4
63	2 1/2	1.3	1.7	2.0	0.9	0.8	1.0	0.5	0.9	1.9	0.4	21.0	10.0	1.3	4.3	4.3	17.0	1.9	5.2	8.1
75	3	1.6	2.1	2.5	1.2	1.0	1.3	0.6	1.1	2.2	0.5	26.0	13.0	1.6	5.2	5.2	20.0	2.2	6.3	9.7
100	4	2.1	2.8	3.4	1.5	1.3	1.6	0.7	1.6	3.2	0.7	34.0	17.0	2.1	6.7	6.7	23.0	3.2	6.4	12.9
125	5	2.7	3.7	4.2	1.9	1.6	2.1	0.9	2.0	4.0	0.9	43.0	21.0	2.7	8.4	8.4	30.0	4.0	10.4	16.1
150	6	3.4	4.3	4.9	2.3	1.9	2.5	1.1	2.5	5.0	1.1	51.0	26.0	3.4	10.0	10.0	36.0	5.0	12.5	19.3
200	8	4.3	5.5	6.4	3.0	2.4	3.3	1.5	3.5	6.0	1.4	67.0	34.0	4.3	13.0	13.0	42.0	6.0	16.0	25.0
250	10	5.5	6.7	7.9	3.8	3.0	4.1	1.8	4.5	7.5	1.7	85.0	43.0	5.5	16.0	16.0	65.0	7.5	20.0	32.0
300	12	6.1	7.9	9.5	4.6	3.6	4.8	2.2	5.5	9.0	2.1	102.0	51.0	6.1	19.0	19.0	78.0	9.0	24.0	38.0
350	14	7.3	9.5	10.5	5.3	4.4	5.4	2.5	6.2	11.0	2.4	120.0	60.0	7.3	22.0	22.0	90.0	11.0	28.0	45.0

**TABLA 2. DENSIDAD DE MATERIALES SELECTOS DE INGENIERIA**

MATERIAL	DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>
ALUMINIO	2.7
ALEACIONES DE ALUMINIO	2.7
LATON	8.5
BRONCE	8.8
HIERRO FUNDIDO (GRIS)	7.15
HIERRO FUNDIDO (BLANCO)	7.7
COBRE	8.9
HIERRO	7.87
PLOMO	11.34
MAGNESIO	1.74
MONEL	8.8
PLATA	10.4
ACERO	7.86
ACERO INOXIDABLE	7.93

## BIBLIOGRAFÍA

- ACEROS INOXIDABLES Y ACEROS RESISTENTES AL CALOR  
Inchaurza Zavala Adrian  
Editorial limusa  
México, 1981.
- PRINCIPIOS DE INGENIERIA DE MANUFACTURA  
Chiles-Black-Lissaman Martín  
Editorial Cecsa  
3° Edición en Ingles, 1° en Español, México 1999
- PRINCIPIOS DE METALURGIA FÍSICA  
Robert E. Reed-Hill  
Editorial Continental S.A de C.V.  
4° Edición, Enero 1986.
- PROCESOS PARA INGENIERIA DE MANUFACTURA  
Leo Alting  
Editorial Alfa Omega  
México, 1990
- CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES  
Donal R. Askeland  
Editorial Iberoamericana  
México, 1985
- INGENIERIA DE MANUFACTURA  
Jose Antonio Rico Mora  
Joaquin Cruz Sánchez  
Leonides Solares Gerardo  
Ulrich Sharer Sauberli
- METALOGRAFIA MICROSCÓPICA PRACTICA  
Greaves Richard Henry
- PRACTICA PROCESS ENGINEERING  
Sandler J. Henry/Luckiewicz  
Editorial MC GRAW HILL  
USA, 1987

- PRINCIPIOS ELEMENTALES DE LOS PROCESOS

Ferder M Richard  
Editorial Iberoamericana  
USA, 1991

- PROBLEMAS DE FLUJO DE FLUIDOS

M.C. Antonio Valiente B.  
Editorial Limusa Noriega Editores  
1998

- MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRÁULICAS

Claudio Mataix  
Hala México 1982  
2da Adición