



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

CAMPUS ARAGON

**“ REDISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA
ENDEREZADO Y CORTE DE
ALAMBRÓN”**

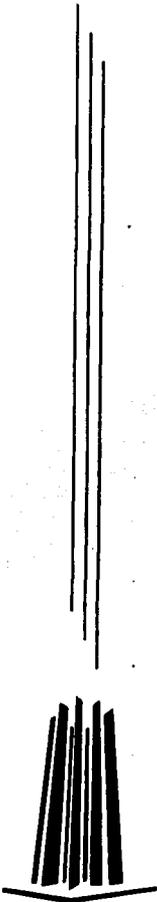
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

JUAN CARLOS VEGA ALDAMA
DAVID HERNÁNDEZ ROQUES

ASESOR DE TESIS : ING. JAVIER NAVA PEREZ



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

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

JUAN CARLOS VEGA ALDAMA
P R E S E N T E.

En contestación a la solicitud de fecha 27 de noviembre del año en curso, presentada por David Hernández Roques y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JAVIER NAVA PÉREZ pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado "REDISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA ENDEREZADO Y CORTE DE ALAMBRO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 3 de diciembre del 2001
LA DIRECTORA


ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ





C p Secretaría Académica.
C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/IIa.





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

DAVID HERNÁNDEZ ROQUES
P R E S E N T E.

En contestación a la solicitud de fecha 27 de noviembre del año en curso, presentada por Juan Carlos Vega Aldama y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JAVIER NAVA PÉREZ pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado "REDISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA ENDEREZADO Y CORTE DE ALAMBRO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 3 de diciembre del 2001
LA DIRECTORA


ARQ. LILIA TURCOTT GONZALEZ





Cp Secretaría Académica.
Cp Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
Cp Asesor de Tesis.

LTG/AIR/lla.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 18 de junio del año en curso, por la que se comunica que los alumnos JUAN CARLOS VEGA ALDAMA y DAVID HERNÁNDEZ ROQUES, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, han concluido su trabajo de investigación intitulado "REDISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA ENDEREZADO Y CORTE DE ALAMBRÓN", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 19 de junio del 2002
EL SECRETARIO

Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/vr

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 18 de junio del año en curso, por la que se comunica que los alumnos DAVID HERNÁNDEZ ROQUES y JUAN CARLOS VEGA ALDAMA, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, han concluido su trabajo de investigación intitulado "REDISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA ENDEREZADO Y CORTE DE ALAMBRÓN", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 19 de junio del 2002
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/vr

~ AGRADECIMIENTOS ~

A DIOS

Tu señor que en silencio me has acompañado a lo largo de mi vida y sin pedirme nada a cambiò hoy me regalas la alegría de ver realizado uno más de mis sueños, por eso y mas, MIL GRACIAS SEÑOR.

A LA VIRGEN DE SAN JUAN

Porque gracias a ti he aprendido a conservar la calma y no caer en la desesperación por ver terminada esta etapa de mi vida y no dar por perdida la ilusión de convertirme en una persona de provecho. Gracias.

A MIS PADRES :

GUDELIA ALDAMA MENDIZABAL
JUAN VEGA VALDEZ

Porque sabiendo que jamás existirá manera de pagarles sus constante esfuerzo, sacrificio, desvelo y toda una vida de lucha; mismos que posibilitaron la conquista de esta meta : Mi formación profesional , la cual constituye la herencia mas valiosa que pudiera recibir.

Solo deseó que comprendan que este logro también es suyo, porque sin sus consejos y sabiduría, su paciencia y tolerancia y sin su amor y cariño no hubiera sido posible la culminación de esta etapa de mi vida.

Gracias por ser unos padres maravillosos.

A MI ASESOR DE TESIS

Ing. JAVIER NAVA PEREZ

Por darnos un apoyo incondicional así como su tiempo y paciencia en la elaboración de nuestra tesis.

A MIS MAESTROS:

Ing. DÁMASO VELAZQUEZ VELAZQUEZ
Ing. JOSÉ SANCHEZ SISNEROS

Por su gran colaboración, orientación y criticas que nos sirvieron en la elaboración de este trabajo.

A LA U.N.A.M.

En especial a la E.N.E.P. campus Aragón, porque de alguna manera, con este trabajo doy por concluida la formación profesional que me proporcione.

A MIS FAMILIARES

Porque al termino de esta etapa de mi vida; quiero expresar un profundo agradecimiento a quienes de manera directa e indirecta me han brindado su ayuda y apoyo; y de manera muy especial a mis primos DANIEL Y JOSÉ LUIS VALERIO MTZ. Porque sin su ayuda este camino difícil hubiera sido aun mas difícil.

A MIS AMIGOS:

De manera muy especial a mi amigo GUILLERMO PAXTIAN RODRIGUEZ por que sin tu ayuda no hubiese sido posible la realización de este trabajo; así como a Salvador, Víctor y Miguel Ávila Chávez por el apoyo brindado de manera incondicional; a Sacramento y Jesús Sandoval Márquez, a Gilberto y Jorge Ávila Solís que me han dado una amistad incondicional y me han hecho crecer como persona y profesionista.

A David Hernández Roques

Por haber creído en la amistad, en mi idea como proyecto de tesis, por las pequeñas indiferencias y malos entendidos que pudimos tener durante nuestra carrera así como en la elaboración de este trabajo. Pero recuerda que siempre fue en el afán de crecer como profesionista y persona.

~ DEDICATORIAS ~

A Mis Padres

Este es el fruto de una lucha constante y es para ustedes...los amo.

A Mis Hermanos

José Ángel

Adriana

Por los buenos y malos momentos que hemos pasado juntos y para que sea un ejemplo de superación personal a seguir por ustedes.

A mis primos

Por que ustedes y en mi esta la responsabilidad de enaltecer a nuestra familia.

Juan Carlos Vega Aldama

A MI MADRE

Madre el día de hoy, he cumplido con uno de tus mayores anhelos, he logrado llegar a la cima, y aunque en estos momentos no comparto conmigo la inmensa felicidad que me invade, y no puedo decirte, con palabras todo lo que siento. Quisiera que desde donde te encuentres compartas conmigo este triunfo, me bendigas y me guíes para ser mejor en mi calidad humana, y en mi desarrollo laboral. Te agradezco los consejos, el tiempo, y la paciencia que me brindaste. Gracias madre por que me dejaste uno de los tesoros más valiosos de tu vida, tu entereza, tu fortaleza y tu perseverancia. Por lo que significas para mí gracias madre

A MI HERMANO

Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constante, sólo deseo que comprendas que el logro mío es tuyo, que mi esfuerzo es inspirado en ti, es por ello que al haber concluido con éxito mi carrera profesional, quiero que sepas que es para ti y que siempre estarás en mi corazón.

Con respeto y admiración.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A MI MADRE

A Dios agradezco el darme la oportunidad de conocerte en un momento difícil de mi vida, tú has llenado una parte del espacio que dejó mi madre, me has impulsado para concluir con esta etapa de mi vida, y con tu comprensión y tolerancia espero lograr cada una de las metas que nos hemos propuesto.

Gracias Dije.

A PABLO

No hay palabras para describir lo que una amistad representa, es la base de todo, y cuando esa amistad se comparte, no hay nada mejor. Al culminar hoy esta etapa quiero darte gracias por que eres parte importante de este proyecto que concluye, y aunque hemos tenido diferencias nuestra amistad es más fuerte, te deseo de corazón que termines las metas, que te has propuesto.

ING. DANILO VERASQUEZ

ING. JOSE FORTINERO

Agradezco los comentarios y la ayuda que nos brindaron para la realización de este trabajo. Me enorgullece haberlos tenido como profesores, ya que siempre han demostrado la gran capacidad que tienen para desarrollar su labor que es la de enseñar. Les doy las gracias por darme la oportunidad de contar con su amistad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS A...

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de determinar mi formación profesional

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón.

Ing. Javier Nava Pérez por la colaboración como asesor para la realización de este trabajo.

Sra. Geny Espinosa Palum

Sra. Victoria Salinas Martínez

Sr. Raúl Hernández Ferreira

Sra. María Concepción Contreras Maldonado

Sra. María Luisa Andrade Olmos

A mis amigos José Luis Corona, Romarico Suárez Alpizar, Adriana Joya Sandre, José Pavón, Abraham Galindo, Gerardo Borbón, Elio Anibal Chávez Sargias, Francisco Sánchez Arévalo, Julio López Torres, Pilar Morales, Edila Duque y demás personas que por alguna razón haya omitido.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

David Hernández Rogues

	Pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	4
 <u>CAPÍTULO I CONCEPTOS BÁSICOS</u>	
1.1. Mecanismos que transmiten potencia	7
1.1.1. Poleas	8
1.1.2. Las poleas y su rendimiento	12
1.1.3. Transmisión con banda	14
1.1.4. Transmisión con cadena	21
1.1.4.1. Diseño de transmisiones de cadena	21
1.1.4.2. Ruedas dentadas	21
1.1.4.3. Ventajas de las cadenas	22
1.1.5. Transmisiones de engranes	23
1.1.5.1. Ventajas de los engranes	23
1.1.6. Motores eléctricos	24
1.1.6.1. Motores sincronicos	26
1.1.6.2. Motores asincronicos	27
1.1.6.3. Motores de corriente continua	27
1.1.7. Reductores de velocidad	28
1.1.7.1. Moto-reductores	28
1.1.7.2. Ventajas de los moto-reductores	29
1.1.7.3. Proceso de selección del moto-reductor	30
1.1.7.4. Clases de moto-reductores	30
1.1.8. Ejes de transmisión	31
1.2. Cojinetes	32
1.3. Resortes	34
1.4. Tratamientos térmicos	35
1.4.1. Clasificación de los tratamientos térmicos	35

CAPÍTULO II PRODUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL ALAMBRÓN

2.1. El acero	40
2.1.1. Acero: propiedades físicas y químicas	41
2.1.2. Clasificación y designación	42
2.1.2.1. Acero forjado al carbono: tipos y usos	43
2.1.3. Formas comerciales	47
2.2. Procesos de laminación	48
2.2.1. Planchado	49
2.2.2. Forjado de lingotes	49
2.2.3. Relaminado (laminado en tiras continuas)	49
2.2.4. Relaminado (secciones y barras)	50
2.2.5. Acabados en laminado	51
2.2.5.1. Laminado en caliente	51
2.2.5.2. Laminado en caliente: baño ácido y aceitado	51
2.2.5.3. Laminado en frío: recocido ligero	51
2.2.5.4. Laminado en frío: recocido brillante	52
2.2.6. Tipos de laminadoras	52
2.2.7. Estirado de alambres y tubos	54
2.3. El alambre: historia y manufactura	55
2.3.1. Definición del alambre	57
2.3.2. Metales utilizados	58
2.3.3. Resistencia	58
2.3.4. Formas	58
2.3.5. Tamaños	58
2.3.6. Acabados	59
2.3.7. Usos del alambre	59
2.4. El alambrón	60
2.4.1. Fabricación	60
2.4.2. Alambrón para estiraje	61
2.4.3. Alambrón para construcción	62
2.4.4. Aplicaciones típicas	63
2.4.4.1. Los estribos para construcción	64

CAPITULO III EL REDISEÑO DE LA MAQUINA

ANTECEDENTES.....	67
3.1. Memoria de cálculo	71
3.1.1. Cálculo del moto-reductor para el sistema de arrastre	73
3.1.2. Selección de las poleas de arrastre	76
3.1.3. Cálculo y selección de las bandas	76
3.1.4. Cálculo y selección de los ejes de transmisión	78
3.1.5. Cálculo de los rodillos	80
3.1.6. Cálculo y selección del resorte	83
3.1.7. Cálculo y selección de los rodamientos	85
3.1.8. Cálculo y selección del tornillo	87
3.1.9. Calculo de la cizalla	88
3.1.9. Calculo de la biela-manivela	90
3.1.10. Calculo del moto-reductor para el sistema de corte	91
3.2. Dimensiones y características	93

CAPITULO IV COSTOS DE LA MÁQUINA

4.1. Importancia de los costos	116
4.2. Clasificación de los costos	117
4.3. Definiciones básicas	118
4.4. Factores de los costos	119
4.5. Costos de fabricación	121

<u>CONCLUSIONES</u>	126
---------------------------	-----

<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	130
---------------------------	-----

~ INTRODUCCIÓN ~

Es importante que los ingenieros ayudemos a resolver los problemas actuales que tienen las pequeñas y medianas empresas en cuanto a la adquisición de tecnología; ya que no es posible que estas empresas cuenten con la tecnología adecuada, debido a que les involucra costos que no pueden solventar por que comúnmente la tecnología es de importación y por lo tanto de costos elevados.

Es por eso que conociendo la necesidad que tiene la industria de la construcción para desarrollar maquinas que faciliten su trabajo, observamos que una de esas necesidades era el de tener un elemento que cortara y enderezara alambraón. Y aunque existen máquinas construidas de forma empírica, no cumplen con las expectativas para el trabajo para el cual son hechas, aquí es en donde se trata de dar solución a esta necesidad decidiendo hacer el rediseño de esta máquina que corta y endereza alambraón, dándole importancia aun buen desempeño así como tratando de reducir el costo de esta máquina esto con la finalidad de que se tenga posibilidad de ser adquirida por pequeños y medianos, empresarios contribuyendo de esta manera al desarrollo nacional.

Quedando estructurado este trabajo en cuatro capítulos y de la siguiente manera:

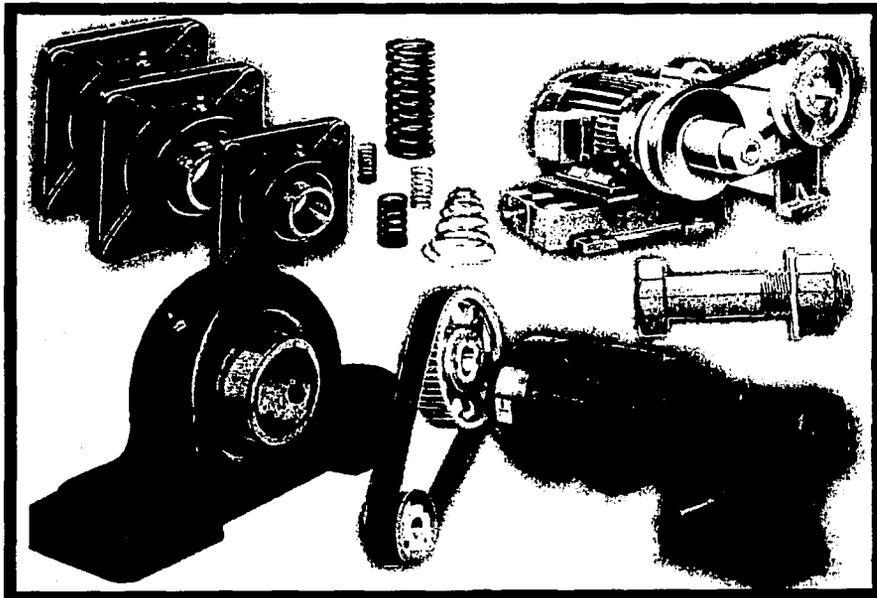
Capítulo 1. Se mencionan los conceptos básicos necesarios para la transmisión de movimiento de la máquina, es decir, contemplamos elementos como poleas, bandas, engranes, cadenas, rodamientos, ejes de transmisión, moto-reductores, etc.

Capítulo 2. En esta parte abordamos una reseña general sobre el alambraón, incluyendo historia, producción, propiedades, características físicas, usos y aplicaciones.

Capítulo 3. Se realiza el diseño necesario para cada elemento que conforma la máquina; iniciando con el cálculo cinemático y posteriormente de elementos como bandas, poleas rodillos, ejes, etc.

Capítulo 4. Finalmente se llega a esta etapa donde se menciona una síntesis de los costos de producción para la máquina enderezadora y cortadora de alambón, también se incluye una lista de precios actualizados en el mercado, esto con el fin de darse una idea del costo más aproximado a la realidad de la máquina.

CAPITULO UNO



Conceptos Basicos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1 Mecanismos de transmisión de potencia.

En la industria en general existe un sin número de máquinas, que de acuerdo a las especificaciones se mueven a diferentes velocidades en revoluciones por minutos, (rpm), los que suministran los diferentes equipos motrices como son los motores eléctricos, los motores de combustión interna, etc.

Para lograr que la máquina opere a la velocidad deseada se recurre a mecanismos que reduzcan esta última:

-Juegos de poleas y banda, plana, de V, (Para alta velocidad, bajo par)
"Timing Belt" en una o más hileras

-Juego de catarinas y cadena, (Para baja velocidad, alto par)
en una o más hileras.

-Juego de engranaje abierto(de (Para baja velocidad, alto par)
poco uso por problemas de uso
con lubricación y alineación).

-Reductores de velocidad de (Amplio rango de velocidades y pares)
engranaje helicoidal, ó recto
y del tipo corona-sinfín.

-Variadores-reductores-de velocidad. (Amplio rango de velocidades)

Los elementos de máquinas flexibles, como bandas, cables o cadenas se utilizan para la transformación de potencia a distancias comparativamente grandes.

Cuando se utilizan estos elementos, por lo general, sustituyen a grupos de engranes, ejes y sus cojinetes o a dispositivos de transmisión similares. Por lo tanto, simplifican una máquina o instalación mecánica y son, así, un elemento importante para reducir costos. Además, son elásticos y generalmente de gran longitud, de modo que tienen una función importante en la absorción de cargas de choque y en el amortiguamiento de los efectos de las fuerzas vibrantes. Aunque esta ventaja es importante en lo que concierne a la vida de una máquina motriz, el elemento de reducción de costo suele ser el factor principal para seleccionar estos medios de transmisión de potencia.

1.1.1 Poleas

Las poleas, son elementos simples accionados por una cuerda o correa, compuestas por ruedas que giran alrededor de un eje. Sirven para transmitir fuerza o movimiento.

Polea fija

La polea fija es un elemento simple, con una rueda que gira alrededor de un eje. La rueda tiene en su periferia un canal por donde puede pasar una banda. En un extremo de la cuerda se coloca un peso, que será la resistencia R , y en el otro se aplica la fuerza necesaria para elevarlo o potencia P .

La polea es un caso especial de palanca. En ella, el brazo de potencia y el brazo de resistencia son radios de la circunferencia de la polea. El fulcro es el eje alrededor del cual gira la polea.(figura 1-1)

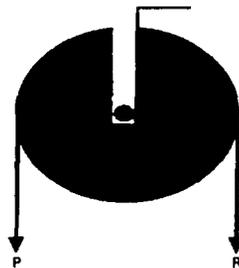


Figura 1-1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Según la ley de equilibrio de las máquinas simples:

$$P * \text{brazo de potencia} = R * \text{brazo de resistencia}$$

$$P = R$$

Por otro lado, podemos observar que al elevar el peso (R) una distancia H, la fuerza P aplicada en el otro extremo se desplaza la misma distancia en sentido contrario, es decir, hacia abajo. (figura 1-2)

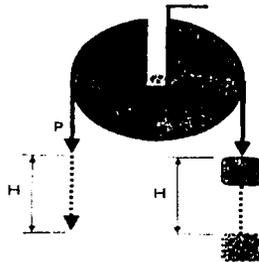


Figura 1-2

Aplicando la ley de equilibrio de las máquinas simples:

$$\text{Trabajo motor (Tm)} = \text{Trabajo resistente (Tr)}$$

$$Tm = P * H; Tr = R * H$$

$$P * H = R * H$$

En consecuencia, $P = R$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es decir, que la fuerza ejercida es igual al peso, lo cual también demuestra que la carga a levantar es la misma a aplicar.

El uso de la polea simple se basa, fundamentalmente, en que es más fácil arrastrar un peso hacia abajo que hacia arriba. Esta cambia la dirección de una fuerza sin alterar la misma a aplicar.

Una polea fija no proporciona ninguna ventaja mecánica, es decir, ninguna ganancia en la transmisión de la fuerza: sólo cambia la dirección o el sentido de la fuerza aplicada a través de la cuerda.

Polea móvil.

Llamamos polea móvil a un dispositivo que consta de dos poleas: una fija, sujeta a un soporte por medio de un gancho y una polea móvil, conectada a la primera mediante una cuerda. La potencia es la fuerza que se aplica en el extremo libre de la cuerda, y la resistencia es el peso que se trata de elevar con este dispositivo y que cuelga del eje de la polea móvil.

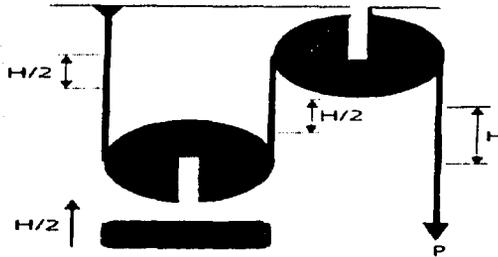


Figura 1-3

Si consideramos que las cuerdas son paralelas, podemos observar que cuando el extremo en el que aplicamos la fuerza P baja una distancia H , la polea móvil se desplaza una altura $H/2$, dado que la distancia inicial H se reparte entre los dos ramales de la cuerda que sostienen la polea móvil. Vemos, por tanto, que el desplazamiento vertical de carga (resistencia) ha sido la mitad del desplazamiento de la cuerda manipulada por nuestros brazos (potencia, figura 1-3). Aplicando la ley de equilibrio de las máquinas simples:

$$\text{Trabajo motor} = \text{Trabajo resistente}$$

$$P * H = R * H/2$$

Donde:

P = fuerza realizada para levantar la carga.

H = longitud del desplazamiento de la potencia.

R = peso de la carga.

$H/2$ = longitud del desplazamiento de la resistencia.

Despejando:

$$P = \frac{R * H}{2 * H} = \frac{R}{2}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De lo que deducimos que con un dispositivo de polea móvil se ha realizado la mitad del esfuerzo; por consiguiente, para reducir el esfuerzo aún más podemos colocar más poleas móviles.

Polipastos.

Se denomina polipasto a un conjunto de varios dispositivos de polea móvil accionados por una sola cuerda, es decir un, dispositivo en el que la mitad de las poleas son fijas y la otra mitad son móviles. (Figura 1-4a y 1-4b)

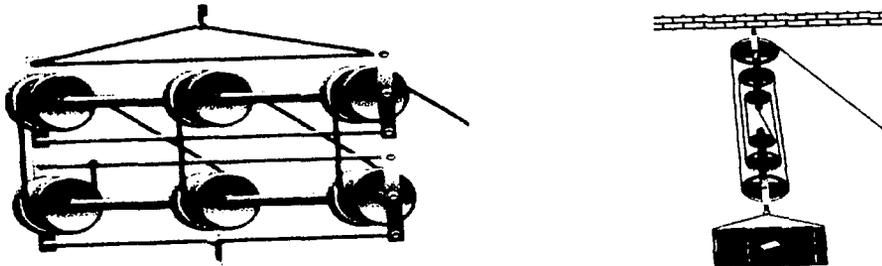


Figura 1-4 a y b Diferentes tipos de polipastos

En un polipasto, estirando de la cuerda una long. L elevaríamos el peso una altura L' .

En el caso de una sola polea móvil: $L = H$ y $L' = H/2$

y por tanto: $L' = L / 2$

o lo que es lo mismo: $L = 2 * L'$

por lo que sí tenemos conectadas N poleas móviles, tendremos que:

$$L = L' * 2$$

Aplicando la ley de equilibrio de las máquinas simples resultará:

$$P * L = R * L'$$

$$P * L' * 2 * N = R * L'$$

$$P = \frac{R * L'}{L' * 2 * N} = \frac{R}{2 * N}$$

La potencia necesaria es menor cuantas más poleas móviles se utilicen, pero no conviene utilizar demasiadas, ya que su peso y el de las cuerdas deben sumarse al de la resistencia. Normalmente, en un polipasto suele haber entre dos y cinco poleas móviles.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1.2 Las poleas y su rendimiento

En una polea, la rueda se halla en combinación con una cuerda, una cadena o una correa. En un engranaje, el borde de la rueda tiene dientes o una rosca espiral para acoplar con otro engranaje de relieve similar. Poleas y engranajes se pueden usar para transmitir un movimiento de rotación entre dos o más árboles o ejes. Si éstos están cerca, como en un reloj o en un motor de coche, suelen usarse engranajes, si están lejos, suelen usarse poleas. Los engranajes se emplean también para cambiar a la dirección perpendicular, la dirección de rotación de un árbol. Ruedas de varios diámetros, ya sean engranajes o poleas, permiten cambiar la velocidad de rotación.

Las máquinas industriales y agrícolas van equipadas de poleas movidas por correas. Una correa circular - sin fin - ,transmite movimiento entre una polea, en el árbol del motor y otra, en el árbol de una máquina, por ejemplo, en un torno. Dando a la polea del motor o árbol conductor un diámetro distinto del de la polea de la máquina o árbol conducido, puede variarse la velocidad de rotación de éste.

A menudo se combinan en el árbol conductor varias poleas de tamaños diferentes para dar una gama de velocidades al árbol conducido, esta disposición se llama sistema escalonado de poleas. La corona de una polea puede ser amplia y plana, para una correa ancha o acanalada, para una correa de sección en V o circular, lo cual impide que ésta se salga.

En un sistema de poleas como las que se presentan en las figuras 1-5a, b y c podemos analizar el rendimiento de cada grupo de poleas, aplicando reiteradamente la Ley de la palanca en cada caso..

En la figura 1-5a, observamos que el brazo de la potencia es el diámetro de una rueda, mientras que el brazo de la resistencia es el radio de la otra rueda. Si las poleas son iguales, entonces la carga levantada será doble de la fuerza ejercida para levantarla.

En la figura 1-5b se aplica dos veces el razonamiento anterior, con lo cual se obtiene que la carga levantada es cuatro veces mayor que la fuerza aplicada en levantarla.

Por extensión, en el caso que presenta la figura 1-5c. se aplica tres veces el mismo razonamiento del primer caso, con lo cual levantaremos una carga ocho veces más grande que la carga aplicada en levantarla.

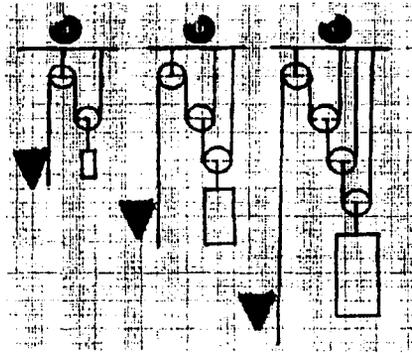


Figura 1-5a, b y c

Otro tipo de experiencias podemos realizar con los sistemas de poleas que se observan en las figuras 1-6a y b. Si en ambos casos la relación que existe entre las poleas pequeñas y las grandes es de 1:3, razonamos en cada caso la ganancia de fuerza y consiguientemente la pérdida de velocidad que acompaña a cada sistema. Para la figura 1-6a, la fuerza ejercida por la polea pequeña inicial se multiplica por tres sobre el eje de giro de la rueda grande del primer grupo de poleas que giran solidariamente una grande con una pequeña, a su vez, la segunda correa transmite la fuerza resultante sobre la última polea grande que hace de nuevo multiplicar por tres la fuerza.

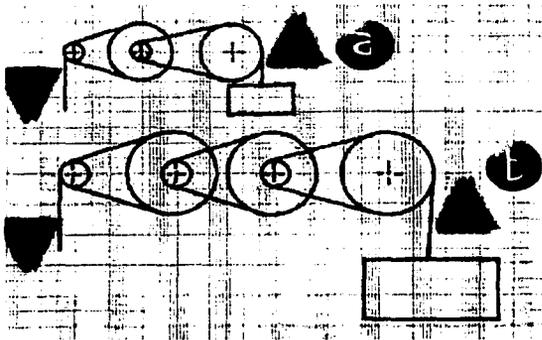


Figura 1-6a y b

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En conjunto observamos que la fuerza inicial se ha multiplicado por nueve. Junto a ello ocurre que la velocidad, por el mismo razonamiento se ha reducido en la novena parte. Para la figura 1-6b se aplica reiteradamente el mismo proceso de razonamiento y obtenemos que la fuerza aumenta en la última polea veintisiete veces de la aplicada a la polea inicial mientras que la velocidad de giro se reduce en veintisiete veces. Como conclusión tenemos que, en un sistema de poleas como en la figura 1-6a, la fuerza se incrementa en la misma proporción que se reduce la velocidad.

1.1.3 Transmisiones con banda.

Las bandas se utilizan para transmitir potencia entre dos ejes paralelos. Tales ejes deben estar situados a una distancia mínima dependiendo del tipo de banda utilizada, para trabajar con la mayor eficiencia. Las bandas tienen las siguientes características:

- ❖ Pueden utilizarse para grandes distancias entre centros.
- ❖ Generalmente es necesario algún ajuste de esta distancia cuando se utilizan las bandas
- ❖ Debido a los efectos de deslizamiento y estirado que se producen en las bandas, la razón entre las velocidades angulares entre los dos ejes no es constante ni exactamente igual a la razón entre los diámetros de las poleas.
- ❖ Cuando se utilizan bandas planas puede obtenerse acción de embrague si se pasa la banda de una polea libre a una polea de fuerza.
- ❖ El empleo de la polea escalonada es un medio económico para cambiar la relación de velocidad.
- ❖ Cuando se emplean bandas en V (o trapeciales) es posible obtener alguna variación en la relación de velocidad angular, si se emplea una polea menor con lados cargados por resortes. Por tanto, el diámetro de la polea es una función de la tensión de la banda y puede modificarse cambiando la distancia entre centros.

Las transmisiones con banda ofrecen la máxima versatilidad como elementos de transmisión de potencia. Esto le permite al diseñador considerable flexibilidad en la localización de los elementos motrices y de la maquinaria impulsada. Las tolerancias no son críticas como en el caso de las transmisiones con engranes; Otra ventaja es que se reduce la vibración y la transmisión con choque.

Además, las transmisiones con banda son relativamente silenciosas.

Bandas Planas.

Las bandas planas de cuero y de gran longitud fueron de uso general durante muchos años, cuando lo común era usar un motor grande para dar movimiento a diferentes máquinas. Actualmente se siguen usando bandas de cuero. Así como también de acero, hule, plástico y bandas tejidas.

Generalmente, las bandas planas están hechas de cuero curtido con corteza de roble, o de tela, como de algodón o rayón, impregnada de caucho o hule. Tienen su mayor aplicación donde las distancias entre centros son bastante grandes.

Debido a la acción de embrague que puede obtenerse y a su adaptabilidad a distancias relativamente grandes, las bandas planas son muy útiles en instalaciones de transmisión de potencia a grupos de máquinas. Debido a la conveniencia y mejor aspecto de las unidades de impulso individual, la mayor parte de las máquinas impulsadas que se fabrican actualmente tienen su propia unidad impulsora; por tanto, el empleo de las transmisiones de banda múltiples ha disminuido notablemente en años recientes. Sin embargo, las bandas planas son muy eficientes para altas velocidades, pueden transmitir grandes potencias, son muy flexibles, no requieren poleas de gran diámetro y pueden transmitir potencia al otro lado de una máquina. Las bandas planas delgadas, son ligeras, de uso muy práctico en máquinas de alta velocidad donde la vibración puede ser un problema muy serio. Una banda plana de superficie lisa debe operar a tensiones altas para transmitir el mismo par que una banda tipo "V". Las bandas planas tipo transmisión positiva, conocidas por lo común como bandas de distribución (Fig. 1-7) tienen dientes igualmente espaciados sobre la superficie interna y trabajan sobre poleas dentadas.

Las tensiones que tienen estas bandas son bajas, y, en consecuencia, las cargas en los baleros o chumaceras son reducidas.

Bandas "V"

Las bandas "V" son probablemente las más usadas en la transmisión de potencia entre motores eléctricos de potencia fraccional y maquinaria impulsada. Las bandas "V" son además muy utilizadas en aplicaciones automotrices e industriales. Las transmisiones con bandas múltiples con capacidades hasta de unos cuantos cientos de caballos son muy usadas industrialmente. Las bandas "V" convencionales son hechas de caucho cubiertas con tejido de caucho impregnado y reforzado con nylon, dacron, rayón, fibra de vidrio o alambre de acero a tensión. Las bandas para aplicaciones automotrices y de agricultura generalmente se diseñan para una vida media de 750 a 1000 hrs. , Mientras que para el uso industrial se basan en una vida más larga.

Con frecuencia, tanto la polea motriz como la conducida permanecen en el mismo plano vertical, y la relación de velocidad es constante. Se usan transmisiones de un cuarto de vuelta para transmitir potencia entre ejes horizontal y vertical, usando poleas ranuradas y de distancias entre centros relativamente grandes. Las bandas planas lisas y las bandas en "V" dependen de la fricción para la tracción sobre las poleas y se tiene algún deslizamiento durante su operación. Por tanto, las relaciones de velocidad no son tan precisas. Las poleas de paso variable son usadas para cambiar las relaciones de velocidad entre la entrada y la salida (Fig.1-8).

En algunas transmisiones de paso variable pueden cambiar las relaciones de velocidad cuando la banda está transmitiendo potencia. Casi todas las poleas (poleas ranuradas) para servicio pesado son hechas de hierro vaciado o acero forjado.



Fig. 1-7 Transmisión con banda de distribución.

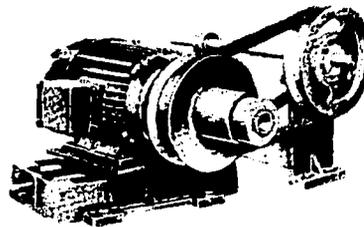


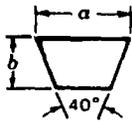
Fig. 1-8 Transmisión de potencia por poleas y Bandas en V ranuradas.

Los fabricantes han estandarizado las dimensiones de la sección trapezoidal de las bandas V, designando a cada sección por una letra; las dimensiones, los diámetros mínimos de poleas y la capacidad de potencia para cada acción se listan en la tabla 1.1.

Para especificar una banda V se enuncian las letras correspondientes a la sección de la banda, seguida por el valor de su perímetro interior en pulgadas.

Por ejemplo, una banda B75 pertenece a la sección B, con un perímetro interior de 75 pulg.

Tabla 1.1 secciones de bandas V estándares



Sección de banda	Ancho a pulg.	Grueso b Pulg.	Diámetro mínimo De polea, pulg.	Capacidad en HP Una o mas bandas
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4}$ -10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9.0	15-100
D	$1 \frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1 \frac{1}{2}$	1	21.6	100 o mas

Los cálculos en que interviene la longitud de la banda se basan generalmente en la longitud de paso, que se obtiene para una sección de banda dada, agregando cierta cantidad al valor del perímetro interior, tabla 1.2.

Tabla 1.2 Conversiones de perímetros interiores a longitud de paso

Sección de Banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar al perímetro interior, pulg.	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por ejemplo, una banda B75 tendrá una longitud de paso de 76.8 pulg.

En forma semejante, los cálculos de las razones de velocidad se efectúan utilizando los diámetros de paso de las poleas y, por esta razón, los diámetros enunciados son generalmente los diámetros de paso, aunque no siempre se especifican así.

El ángulo de ranura de una polea para banda V se hace algo menor que el ángulo de la sección trapezoidal de la banda.

Esto ocasiona que la banda se acuña (o encaje como una cuña) en la ranura, aumentando así la fricción. El valor exacto de este ángulo depende de la sección de la banda, el diámetro de la polea y el ángulo de contacto.

Si fuera mucho menor que el de la banda, sería excesiva la fuerza necesaria para extraer esta de la ranura cuando la banda sale de la polea. Los valores óptimos pueden verse en las publicaciones comerciales. El diseño de una transmisión de banda V es similar al de una transmisión de banda plana; ambos requieren la misma información inicial.

Los diámetros mínimos de polea se tienen en la tabla 1.1 Para lograr mejores resultados de una banda V debe operar a alta velocidad; 20 m/seg; es una buena velocidad.

La longitud de una banda V se obtiene en la misma forma que la de una banda plana. En el caso de bandas planas virtualmente no existe límite alguno para la distancia entre centros.

Sin embargo, no se recomienda grandes distancias entre centros para bandas V, pues la excesiva vibración del lado flojo acortara notablemente la vida de la banda.

En general las distancias entre centros no debe ser mayor que tres veces la suma la suma de los diámetros de las poleas, ni menor que el diámetro de la polea más grande. Las bandas V del tipo eslabonado tienen menos vibraciones debido al mejor equilibrio y, por tanto, pueden utilizarse para mayores distancias entre centros. La selección de bandas V se basa en la obtención de una vida larga y libre de dificultades.

La tabla 1.3 muestra la capacidad de potencia de bandas V estándares simples para diversos diámetros de polea y velocidades de banda correspondientes a una vida satisfactoria, Tales valores se basan en un ángulo de contacto de 180° ; para ángulos más pequeños esta especificación debe ser reducida.

Tabla 1.3 Potencias nominales (HP) de bandas V de tipo estandar

Sección de banda	Diámetro de polea, pulg.	Velocidad de la Banda, pie/min.				
		1000	2000	3000	4000	5000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.1	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 o mas	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
	7.0 o mas	2.01	4.49	4.49	5.01	4.90
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 o mas	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.0	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
	17.0 o mas	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7
E	16.0	8.68	14.2	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	22.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	33.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 o mas	13.4	23.7	31.8	37.7	39.1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

*Cortesía de Browning Manufacturing Company. Estas capacidades son para bandas sencillas con un ángulo de contacto de 180°.

La figura 1-9 da los valores del factor de corrección K₁ que se emplea para reducir la potencia nominal cuando el ángulo de contacto es menor que 180°.

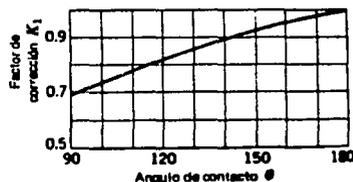


Fig.1-9 Factor de corrección K₂ para ángulo de contacto.

Para una velocidad dada por la polea, la duración o vida en horas de una banda corta es menor que la de una banda larga, porque la primera esta sometida a la acción de la carga un mayor número de veces. Por esta razón es necesario aplicar el factor K2 que se denomina factor de corrección por la longitud de la banda, estos factores se clasifican en la tabla 1.4 para diversas secciones y longitudes de la banda, la potencia nominal de la banda debe multiplicarse por este factor para obtener la potencia corregida.

Tabla 1.4 Factor de corrección de longitud de banda K₂ *

Factor de longitud	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 o mas	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 o mas	330 o mas	540 o mas	660

*Multiplique por este factor la potencia nominal (en HP) para cada banda para obtener la potencia corregida

Las características de las máquinas motriz y movida(o impulsada) debe considerarse al hacer la selección de una banda. Por ejemplo, si la carga arranca con frecuencia impulsada por una fuente de fuerza que desarrolla 200% del momento de rotación a plena carga en el arranque (como en el caso de un motor eléctrico de jaula de ardilla), la potencia de plena carga deberá multiplicarse por un factor de servicio de sobrecarga con gran detalle.

La tabla 1.5 se puede utilizar para obtener dicho factor si se conoce el porcentaje de sobrecarga.

Tabla 1.5 Factores de servicios de sobrecarga *

Porcentaje de sobrecarga	0	25	50	75	100	150
Factor de servicio	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5

*Se multiplica por estos factores la potencia dada para obtener la potencia de diseño. Para operación de 16 a 24h. Sume 0.1 a estos valores.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.1.4. Transmisiones con cadena

Las cadenas se usan para transmisión de potencia y como transportadores. Pueden usarse para cargas altas y donde sea necesario mantener relaciones precisas de velocidad. Aun cuando la localización y la tolerancia de alineación no sean tan precisas como para el caso de los engranes, se podrá esperar un mejor servicio cuando ambas ruedas dentadas permanecen en el mismo plano vertical.

1.1.4.1. Diseño de transmisiones de cadena.

El diseño de una transmisión de cadena consiste en la selección de la cadena y el tamaño de las ruedas dentadas. También se incluyen la determinación de la longitud de la cadena, la distancia entre centros de los ejes, los métodos de lubricación y en algunos casos el sistema de protección de la cadena y el empleo de ruedas dentadas locas.

A diferencia de las correas, donde el factor limitante es la velocidad superficial de éstas, el diseño de las cadenas se basa en la velocidad rotacional o rpm de la más pequeña de las ruedas impulsoras.

1.1.4.2. Ruedas dentadas (catarinas)

Las ruedas dentadas que se utilizan con las cadenas de rodillos de precisión se hacen de acuerdo con las normas A.S.A. Las ruedas dentadas planas sin cubo se usan para montarlas sobre aletas, cubos u otros implementos. Se fabrican de láminas de acero laminada en caliente o de barras de acero, ya sea en construcción maciza o con orificios completos o en bajo-relieve. Los materiales con que normalmente son construidas son de hierro fundido, aunque también las hay de acero fundido o con cubo soldado. Las ruedas dentadas fabricadas por sinterización de polvos metálicos y de nylon y otros plásticos, han llegado a ser económicas en gran escala. Estas ruedas dentadas ofrecen muchas ventajas por ejemplo: las fabricadas en plástico necesitan poca lubricación y se utilizan ampliamente donde la limpieza es esencial, además, producidas en gran escala el costo de fabricación es bajo comparado con las maquinadas.

Existen varios tipos de ruedas dentadas especiales Las ruedas dentadas partidas son fáciles de montar y desmontar contra cojinetes o en puntos intermedios de los ejes.

Las ruedas de doble servicio son pegadas a cubos de hierro fundido y se utilizan cuando el recambio de las mismas es frecuente y que debe hacerse rápida y económicamente. Las ruedas con embrague de mordaza adosado, se utilizan a velocidades bajas o moderadas cuando se necesita un implemento barato para conectar o desconectar la transmisión con poca frecuencia, como protección a sobre cargas se utilizan ruedas dentadas con pasador de cizallamiento, en las cuales el momento torsional de la rueda a dentada es transmitido al cubo a través de dicho pasador.

1.1.4.3. Ventajas de las cadenas.

La distancia entre centros de ejes para transmisiones de cadena prácticamente no tiene restricciones, mientras que los engranajes deben tener la distancia entre centros de tal manera que sus superficies primitivas sean tangentes. Esta ventaja, generalmente da como resultado diseños más sencillos, prácticos y menos costosos. Las cadenas se instalan con facilidad, aunque todos los medios de transmisión requieren instalaciones adecuadas, las tolerancias para las cadenas no son tan restringidas como las de engranes; por consiguiente el ahorro en tiempo de instalación es un punto importante en el programa para poner en marcha un equipo.

La facilidad de instalación inherente a las cadenas, es una ventaja definitiva cuando posteriormente se presentan cambios en el diseño, tales como cambio en la relación de velocidad, capacidad o distancia entre centros. La elasticidad propia de las cadenas en tensión, adicionada por el efecto amortiguador del lubricante en las articulaciones numerosas de la cadena, genera una mayor capacidad para absorber impactos, que la que es posible en el contacto lubricado metal a metal de uno o dos dientes de una transmisión de engranajes.

En trenes de engranajes hay una acción combinada de rotación y deslizamiento entre las superficies de los dientes cuando engranan, mientras que los rodillos de las cadenas, al engranar con las superficies de los dientes, generan únicamente una acción de rotación. El desgaste también es reducido teniendo en cuenta que la cadena está distribuida simultáneamente sobre varios de los dientes de las ruedas dentadas, en contraste con la concentración de carga en uno o dos dientes de los engranajes en acción.

1.1.5. Transmisiones de engranajes.

La función de un engranaje es transmitir movimiento, rotacional o alternativo, de un miembro de una máquina a otro, reduciendo o aumentando la velocidad de un eje. Los engranes pueden ser rectos o cónicos permitiendo una superficie de contacto que garantiza un movimiento positivo entre ellos. Existen muchas clases de engranajes y se pueden agrupar de acuerdo con la posición de ejes que se conectan.

Los engranajes rectos conectan ejes paralelos, los engranajes cónicos conectan ejes con líneas centrales que se interceptan y los engranes de tornillo sin fin, conectan ejes cuyas líneas centrales no se interceptan. Un engranaje recto con una cremallera, convierte el movimiento rotacional, en alterativo o lineal y al más pequeño de alguno de los dos engranes se le denomina piñón.

El diseño de los engranajes es complicado y envuelve problemas de resistencia, desgaste y selección de materiales. Generalmente un dibujante selecciona un engranaje a partir de catálogos comerciales. La mayoría de los engranes se fabrican de hierro fundido o acero, pero también se fabrican de latón, bronce o fibras, cuando se tiene en cuenta factores como desgaste y ruido. Una transmisión simple de engranajes consta de una rueda motriz con dientes que engranan con otra similar, los dientes son diseñados para garantizar la rotación angular uniforme del eje impulsado.

Existen engranajes simplemente fresados y otros terminados con precisión. Los engranes rectos que se utilizan para transmitir rotación entre ejes paralelos, tienen sus dientes sobre la superficie cilíndrica de la rueda llamada superficie primitiva. Existe también otro tipo de engrane llamado helicoidal; en donde los dientes son fresados en forma de espiral, teniendo así mayor área de contacto, reduciendo cargas de impacto y ruido por el golpeteo entre dientes.

1.1.5.1. Ventajas de los engranajes

Cuando la limitación de espacio demanda la menor distancia entre centros de los ejes, es generalmente preferible una transmisión por medio de engranajes, a una de cadena. La máxima relación de velocidad para la operación satisfactoria de una transmisión de engranajes es generalmente mayor que la de una de cadena. Los engranajes pueden ser operados a velocidades rotatorias más altas que las cadenas.

Cuando se necesitan combinaciones de alta velocidad con alta potencia, se considera en general más práctico la utilización de engranajes. Se pueden usar a velocidades y cargas medias, ambos tipos de transmisiones, siendo más ventajosas las transmisiones de engranajes por razones de compactibilidad.

1.1.6. Motores eléctricos

Tanto en la industria como en el pequeño y gran comercio, siempre habrá la necesidad de mover materiales a diferentes velocidades y variables tipos de carga. Y normalmente la selección de algún equipo o parte de él; se hace con solo quitar la pieza dañada y ver las características de placa o número de parte en algún plano de diseño, si se tiene a la mano; si no es así, basta con dirigirse con algún proveedor para que nos muestre lo que más convenga a nuestro sistema. Esto es muy fácil de hacer cuando es solo un cambio de la parte dañada, pero cuando es necesario modificar condiciones de carga, potencia, movimiento o disposición en la instalación misma del equipo; es recomendable tener criterios de diseño y selección.

Por esto, el ingeniero a cargo, debe conocer los fundamentos básicos para una buena operación del equipo motor, si es el caso de una instalación ya terminada o conocer criterios de selección del mismo equipo para una instalación por efectuarse; es precisamente de éste de lo que trataremos: dar criterios generales de diseño y selección para motores eléctricos, reductores de velocidad, acoplamientos y variadores de velocidad.

Es de gran utilidad conocer los principios fundamentales para una selección apropiada de algún motor, con objeto de obtener óptimas condiciones de trabajo; a continuación se dan las reglas fundamentales para el estudio de selección del motor:

- ❖ Estudio de la máquina que deberá mover el motor, para determinar cual es el tipo de motor que debe usarse.

- ❖ Determinar el diseño mecánico que debe utilizarse, es decir, si debe ser abierto, a prueba de goteo, a prueba de salpicaduras, totalmente cerrado, o bien, a prueba de explosión.
- ❖ Determinar la capacidad del motor en HP.
- ❖ Determinar las características eléctricas tales como tensión, frecuencia, par de arranque, factor de potencia y eficiencia.
- ❖ Determinar el equipo de control, es decir, aparatos para conexión de arranque y de protección.

Fundamentalmente, el procedimiento de selección de un accionamiento eléctrico corresponde a la selección de un motor industrialmente disponible que pueda cumplir por lo menos, con tres requisitos de utilización:

- ❖ Fuente de alimentación: tipo, tensión, frecuencia, simetría, equilibrio, etc.
- ❖ Condiciones ambientales: agresividad, peligrosidad, altitud, temperatura, etc.
- ❖ Exigencias de carga y condiciones de servicio: potencia solicitada, velocidad angular, esfuerzos mecánicos, etc.

La figura 1-10 esquematiza este concepto

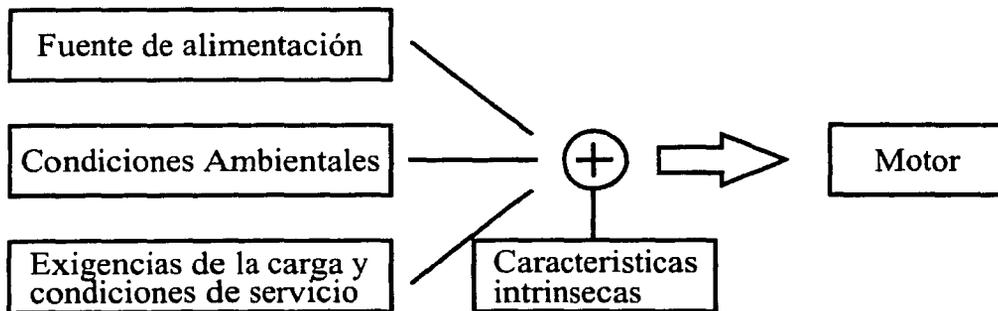


Figura 1-10 Proceso de selección de accionamientos eléctricos.

Con el objeto de visualizar los diferentes tipos básicos de motores eléctricos, en la figura 1-11 se presenta el árbol genealógico de los motores eléctricos. No se han incluido tipos de motores extremadamente peculiares, o bien, su aplicación está reducida a casos singularmente específicos.

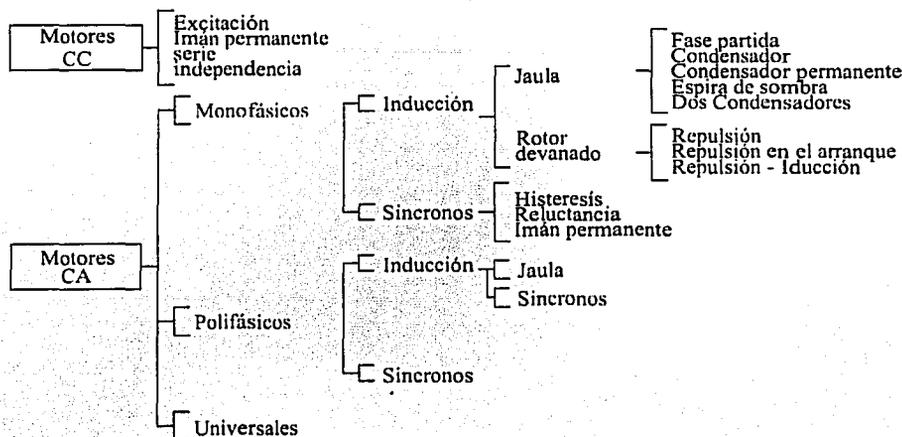


Figura 1-11. Árbol genealógico de los motores.

1.1.6.1. Motores síncronos

Los motores síncronos son motores de velocidad rigurosamente constante con la frecuencia de la red. Los polos del motor siguen el campo giratorio impuesto al estator por la red de alimentación. Así la velocidad del motor es la del campo giratorio.

Existen 3 ventajas inherentes a los motores síncronos que los hacen particularmente indicados para algunos tipos de accionamientos.

- ❖ El rendimiento del motor sincrónico es mayor que el del motor de inducción equivalente, particularmente a baja velocidad angular.
- ❖ Los motores síncronos pueden trabajar con factor de potencia capacitivo o unitario.
- ❖ La velocidad angular es rigurosamente constante con la frecuencia de alimentación.

Hay motores síncronos entre 80 y 3600 rpm. Esto permite que el motor se pueda acoplar directamente a la carga, incluso a baja velocidad angular, mientras que un motor de inducción exigirá un reductor de velocidad, pues éstos, a baja velocidad angular presentan rendimiento y factor de potencia pobres. Las ventajas antes mencionadas tienden a ser más expresivas a medida que aumenta el tamaño del motor. En general, los motores síncronos empiezan a ser industrialmente importantes a partir de unos 300 cv, siendo casi exclusivos en potencias superiores a 15.000 cv.

1.1.6.2. Motores asíncronos

Los motores asíncronos o de inducción, por ser robustos o baratos, son los más extensamente empleados en la industria. En estos motores, el campo gira a velocidad sincrónica, como en las máquinas síncronas. Hay que destacar que el motor de inducción ideal tiene una velocidad comprendida entre 900 y 1800 rpm. y potencias inferiores a algunos miles de kilovatios. Asociados a los modernos convertidores electrónicos de tensión y de frecuencia variable, los motores de inducción tienden a asumir un papel casi exclusivo en los accionamientos eléctricos.

1.1.6.3. Motores de corriente continua

Son motores de velocidad ajustable, que el advenimiento de los convertidores tiristorizados (rectificadores de tensión controlada) ha popularizado nuevamente. La velocidad de un motor de corriente continua con excitación independiente puede ser obtenida por la variación de la tensión del inductor y/o por la variación del flujo en el entrehierro (excitación). La flexibilidad que se puede obtener de los motores de corriente continua con sus varios tipos de excitación, asociada a la relativa simplicidad de los modernos convertidores de corriente continua, acaba por determinar una ventaja decisiva de estos motores sobre las máquinas de corriente alterna, siempre que altos pares o amplia variación de velocidad sean deseable. No obstante, tenemos que subrayar algunas desventajas. Para una misma potencia, los motores de corriente continua son mayores y más caros que los motores de inducción. Debido a la presencia del colector existe una mayor necesidad de mantenimiento. Además, la conmutación de corriente por un elemento mecánico implica arcos y chispas, un impedimento decisivo si el motor debe ser aplicado en ambientes peligrosos.

1.1.7. Reductores de velocidad

Como ya se explicó anteriormente; existen diferentes formas de transmitir potencia y movimiento, se mencionó también que es posible modificar la potencia o movimiento interconectando elementos en el sistema, ya sea por, bandas, cadenas o incrementando los diámetros en la relación de contacto. Es precisamente este concepto al que daremos mayor énfasis, debido a que es necesario encontrar velocidades menores, justificadas para el diseño del sistema. Partiendo de lo anterior, habremos de definir la ley fundamental de engranamiento y relación de velocidad, para poder seleccionar la máquina motriz que más se adecúe a nuestras necesidades. Esta ley puede establecerse de la siguiente manera: la forma de los dientes de un engrane debe ser tal que, la normal común en el punto de contacto entre dos dientes, debe pasar siempre a través de un punto fijo sobre la línea de centros. Cuando dos engranes que están acoplados satisfacen la ley fundamental, se dice que éstos producen una acción conjugada. La relación de velocidad mencionada en conexión con la ley fundamental se define como la relación de velocidad angular de la rueda impulsada a la velocidad angular de la motriz.

1.1.7.1. Moto-reductores

De acuerdo a la definición anterior, un reductor de velocidad es una máquina que se compone básicamente de un tren de engranes, el cual dará una variación de velocidad con relación al diámetro de ruedas acopladas. Un moto-reductor es un motor y un reductor acoplados integralmente, dando los mismos resultados.

Aunque en ocasiones es muy fácil seleccionar algún tipo de motor y acoplarlo directamente al sistema que se desea imprimir movimiento, éste tiene sus desventajas, porque los motores eléctricos trifásicos se construyen normalmente para velocidades síncronas de 3000, 1500, 1000 y 750 r.p.m., a 50 Hz. O bien, para 3600 .1800 .1200 y 900 rpm. a 60 Hz. Que corresponden a motores de 2, 4, 6 y 8 polos respectivamente. Las velocidades más usuales, 1500 o 1800 rpm. o sea las correspondientes a motores de 4 polos, son las más económicas en la mayoría de los casos, pero hay muchas aplicaciones que requieren velocidades menores aún más que las de motores de 8 polos, (900 rpm); lo que hacen aplicaciones con desventajas,

por lo siguiente, como el motor debe ser de baja velocidad, normalmente su factor de potencia y su eficiencia son bajos, lo cual se traduce en un aumento del costo de la energía eléctrica utilizada. Por otra parte, el tamaño y peso del motor representan desventajas que en algunos casos son notables.

1.1.7.2. Ventajas del moto reductor

Debido a que en un moto-reductor el motor se monta en una caja compacta de engranes, lo cual constituye normalmente el medio más conveniente y económico para obtener bajas velocidades (entre 1 y 300 rpm aproximadamente), generalmente un moto-reductor está formado por un motor normal de 4 polos C.A. a unas 1800 r.p.m., una caja de engranes y un adaptador que reemplaza a la tapa del motor del lado del eje y conecta mecánicamente al motor con los engranes; en el eje del motor se monta el piñón de mando del tren de engranes y en éste se acopla al eje de salida. Las ventajas de esas unidades son obvias. Una es su compactibilidad, porque el motor y el reductor de velocidad de engranes forman un solo cuerpo.

En algunas ocasiones el moto-reductor resulta más pequeño que un motor de baja velocidad de la misma capacidad. Los moto-reductores tienen una elevada eficiencia. En cambio, con los motores normales que requieren bandas en "V", cadenas o engranes para obtener bajas velocidades, disminuye la eficiencia total del conjunto. Por todo esto, son muy fáciles de instalar y mantener, porque sus partes componentes forman una sola unidad, trabajan juntas y tienen una base común.

Para muy bajas velocidades la solución más económica es utilizar un moto-reductor (Fig. 1-12) combinado con una transmisión por banda o cadena. Los moto-reductores pueden usarse para una gran diversidad de cargas, que varía desde transportadores ligeros hasta revolvedoras de concreto y otras muchas máquinas para trabajo pesado.

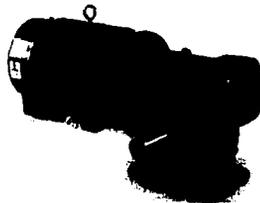


Fig. 1-12 Moto-reductor

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1.7.3. Proceso de selección del moto-reductor

Para seleccionar un moto-reductor, debe tomarse en consideración: primero la selección del motor y luego la selección del reductor, basándose en las características de funcionamiento del motor y de la carga.

Actualmente, en la mayor parte de los casos, no hay necesidad de seleccionar el motor, porque los fabricantes de maquinaria normalmente suministran el motor que según ellos dará el mejor resultado, o bien, especifican el tipo exacto que debe usarse para determinada aplicación. Sin embargo, es muy útil conocer los principios fundamentales en los que se basa la selección apropiada de un motor, con objeto de lograr que las máquinas, en general, tengan un motor adecuado y conservarlas en las mejores condiciones de trabajo. Considerando además costos de operación, mantenimiento y seguridad, siempre habrá un motor dentro de un grupo de selección que reúna las características necesarias para cierto tipo de trabajo.

1.1.7.4. Clases de reductores

La selección del reductor debe basarse en consideraciones mecánicas para ello, se dividen en tres clases según NEMA. Cada clase utiliza diferentes tamaños de ruedas dentadas de acuerdo con las cargas que se operen, considerando que los engranes deben de tener en cualquier caso aproximadamente la misma vida o duración. Las tres clases de reductores son:

- ❖ Clase A: En esta clase, el reductor tiene una capacidad en HP igual a la del motor.
- ❖ Clase B: La capacidad normal mínima del reductor debe ser igual a 1.41 veces la capacidad del motor en HP.
- ❖ Clase C: La capacidad normal del reductor debe ser igual a 2 veces la capacidad del motor en HP.

La razón por la cual se seleccionan reductores con diferentes capacidades a las de sus propios motores, se debe a que los reductores reaccionan en forma diferente con la sobrecarga.

1.1.8. Ejes de transmisión

Un eje de transmisión (o árbol) es un elemento cilíndrico de sección circular estacionario (pero movable) o rotatorio, sobre el que se montan engranes, poleas, volantes, ruedas de cadena, manivelas o manubrios, así como otros elementos mecánicos de transmisión de fuerza o potencia. Los ejes de transmisión o, "ejes", son barras sometidas a cargas de flexión, tensión, compresión o torsión, que actúan individualmente o combinadas.

En este último caso es de esperar que la resistencia estática y la de fatiga sean consideraciones de diseño importantes puesto que en un eje puede estar sometido simultáneamente a la acción de esfuerzos completamente invertidos en forma alternante y repetidos sin cambio de sentido.

El termino "eje" abarca otras variedades, como los ejes de soporte y los husillos. Un eje de soporte es el aquel que no transmite carga de torsión y puede ser estacionario o rotatorio. Un eje de transmisión rotatorio de corta longitud se denomina husillo.

Cuando la deformación lateral o torsional de un eje debe mantenerse dentro de límites estrechos, entonces hay que fijar sus dimensiones, considerando tal deformación antes de analizar los esfuerzos.

La razón es que si un eje se hace lo bastante rígido para que estas deformaciones no sean considerables, es probable que los esfuerzos resultantes no rebasen la seguridad. Pero de ninguna manera debe suponer el diseñador que son seguros; casi siempre es necesario calcularlos para comprobar que esta dentro de los límites aceptables.

Siempre que sea posible, los elementos de transmisión de potencia como poleas o engranes, deben montarse cerca de los cojinetes de soporte. Esto reduce el momento flexionante y, en consecuencia, la deflexión y el esfuerzo por flexión.

El diseño de ejes consiste básicamente en la determinación del diámetro correcto del eje para asegurar rigidez y resistencia satisfactorias cuando el eje transmite potencia en diferentes condiciones de carga y operación.

Generalmente los ejes tienen sección transversal circular y pueden ser huecos o macizos.

1.2. Cojinetes

Aplicamos aquí el término *cojinete* en su sentido más amplio. Siempre que dos piezas tengan movimiento relativo entre ellas, constituyen por definición un cojinete, sin importar su forma o configuración. Por lo general, en cualquier cojinete debe haber lubricación, a fin de reducir la fricción y eliminar el calor. Los cojinetes giran o se deslizan, o ambas cosas a la vez.

Un cojinete simple está formado por dos materiales en contacto uno contra el otro, trátase de un manguito alrededor de una flecha o de una superficie plana por debajo de una corredera.

En un cojinete simple, por lo general una de las partes en movimiento será de acero o de hierro fundido o de algún material estructural, a fin de alcanzar la resistencia y dureza requerida.

Por ejemplo, en esta categoría entran flechas de transmisión, eslabones y espigas.

Las piezas contra las cuales se mueve por lo general estarán fabricadas de un material para "cojinete" como el bronce, el babitt o algún polímero no metálico. Un cojinete radial simple pudiera estar dividido axialmente, para ensamblarlo sobre la flecha, o puede ser una circunferencia completa en cuyo caso se llama *buje*. Un cojinete de empuje soporta cargas axiales.

Por otra parte, un rodamiento de elementos rodantes –con bolas o rodillos de acero endurecido, sujeto entre pistas de acero también endurecido– sirve para alcanzar fricciones muy bajas. Los cojinetes simples se diseñan en especial para cada aplicación, en tanto que los de elementos rodantes se seleccionan de catálogos de fabricantes para adecuarlos a las cargas, velocidades de vida deseada de la aplicación en particular. Los rodamientos de elementos rodantes, dependiendo de su diseño, soportan cargas radiales y al empuje, o combinación de ellas.

En la figura 1-15 se muestran dos tipos de soportes para cojinetes de elementos rodantes.

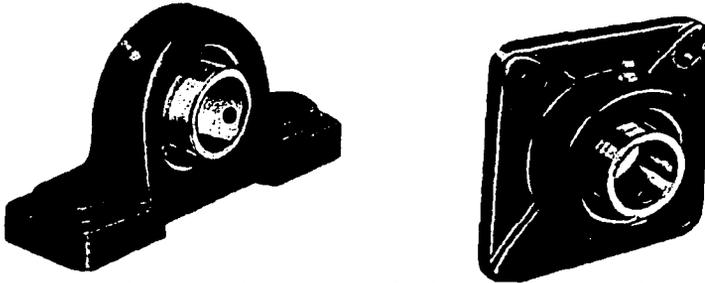


Figura 1-15 Cojinete unitario en caja de chumacera de pie y de pared

Los rodamientos de bolas son capaces de desarrollar velocidades mas altas y los de rodillos pueden soportar cargas más grandes. La mayoría de los rodamientos se pueden clasificar en tres grupos:

- ❖ *Radial*: para soportar cargas que son principalmente radiales.
- ❖ *Empuje o de contacto axial*: para soportar las que son principalmente axiales.
- ❖ *Contacto angular*: para soportar cargas axiales y radiales combinadas.

Los rodamientos de rodillos se clasifican según la configuración de los rodillos, en los cuatro tipos siguientes:

- ❖ Cilíndricos
- ❖ Esféricos
- ❖ Cónicos y
- ❖ De agujas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los rodamientos de agujas pueden considerarse como un caso especial de los rodillos cilíndricos donde éstos tienen una razón de largo a diámetro de cuatro o más grande.

1.3. Resortes

Casi cualquier pieza fabricada con material elástico conserva cierta propiedad de "resorte". El término resorte se refiere a piezas fabricadas con configuraciones particulares que proporcionan un rango de esfuerzo a lo largo de una flexión significativa y para almacenar energía potencial. Los resortes se diseñan para dar una fuerza de empujar, tirar o torcer (par de torsión), o para almacenar energía—principalmente—, y se clasifican en cuatro categorías generales.

Dentro de cada una de éstas, son posibles muchas configuraciones. Los resortes se fabrican de alambre redondo o rectangular doblado según una forma adecuada de espira o fabricados con material plano, cargado con una viga. Están disponibles muchas configuraciones estándar de resortes como elementos de catálogo de fabricantes de resortes, los mas comunes son: resortes a compresión (Fig. 1-13), torsión y tensión .

Por lo general para el diseñador es más económico, de ser posible, recurrir a resortes comerciales. Algunas veces la tarea requiere un diseño en particular de resorte. Los resortes especiales realizan funciones secundarias, como la localización o montaje de otras piezas. En cualquier caso, el diseñador debe comprender y aplicar correctamente la teoría de diseño de resortes, a fin de especificar o diseñar la pieza tomando en cuenta los parámetros dimensionales de los resortes (Fig.1-14).

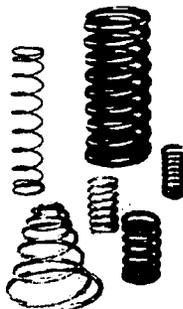


Fig. 1-13 Diferentes tipos de resortes a compresión .

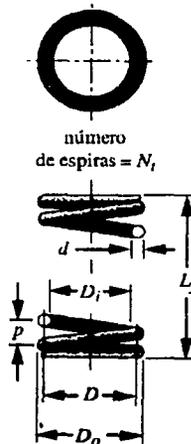


Fig. 1-14 Parámetros dimensionales de un resorte helicoidal a compresión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.4. Tratamientos térmicos

Las propiedades mecánicas indispensables de los metales, que aseguran un trabajo normal de las piezas de las máquinas y de las herramientas, pueden obtenerse cambiando la composición química o la estructura del metal. La estructura, y por consiguiente las propiedades mecánicas del acero son afectadas profundamente por el tratamiento térmico a que se somete el material.

El tratamiento térmico es un concepto que se aplica en la industria para describir un proceso de cambio de estructura de los aceros, y consiste en calentar y mantener las piezas o herramientas de acero a temperaturas adecuadas durante un cierto tiempo y enfriarlas luego en condiciones convenientes, para darles características más aptas para su empleo.

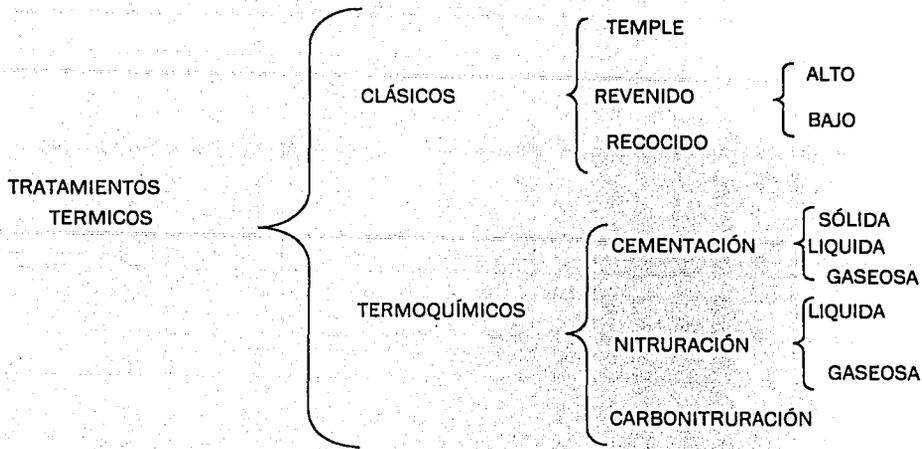
El tiempo y la temperatura son los factores principales y hay que fijarlos siempre de antemano de acuerdo con la composición del acero, la forma y el tamaño de las piezas y las características que se deben de obtener.

Solamente con ayuda del tratamiento térmico se pueden obtener altas propiedades mecánicas (tenacidad, dureza, tracción, compresión, tensión, etc) del acero que garantizan un trabajo normal de los elementos de las máquinas o herramientas.

En la fabricación de piezas el tratamiento térmico es generalmente una de las operaciones finales del proceso y por esto, al efectuarlo, es muy importante eliminar todo aquello que pueda concluir a la fabricación de piezas defectuosas o de baja calidad, es decir, fuera de las especificaciones estipuladas por control de calidad.

1.4.1. Clasificación de los tratamientos térmicos.

En la actualidad se emplean diferentes clases de tratamientos térmicos destinados para diferentes fines. Las clases principales de tratamientos térmicos son: temple, revenido, recocido y normalizado. Además de estos se usan ampliamente los tratamientos termoquímicos del acero.



Siendo un campo tan amplio, vamos hablar de los más comunes.

Temple de los aceros

Se utiliza el temple para mejorar las características mecánicas de los aceros para maquinaria, para herramientas, etc. Y principalmente su dureza.

La operación de temple consiste en el calentamiento al cual se somete el acero a temperatura de 40°C a 60°C arriba del punto crítico superior, ubicándolo en la zona austenítica y enfriando con la mayor o menor rapidez en un medio adecuado, previamente seleccionado, como agua, aceite, medio ambiente, etc., dependiendo de la dureza que se pretenda alcanzar y de la calidad del acero

Los resultados del temple dependen de las condiciones siguientes: temperatura, velocidad de calentamiento, duración del calentamiento y también de la velocidad de enfriamiento.

Revenido

El revenido es un tratamiento complementario del temple, que comúnmente sigue a éste. Consiste en calentar el acero después del templado a una temperatura inferior a la del punto crítico (aproximadamente 720°C) mantenerlo durante un tiempo determinado y enfriarlo después generalmente al aire, aunque algunos tipos de aceros se enfrían en agua o en aceite.

El revenido es el verdadero tratamiento acondicionador del acero, con el que se le da las propiedades más adecuadas al fin que se destina. El temple es solo un tratamiento preparatorio, cuyo fin es convertir la mayor cantidad de acero en martensita dura, es decir, obtener la máxima dureza. Por eso deben elegirse aceros de suficiente templabilidad, para conseguir el temple en todo el diámetro de la pieza.

Cuanto mayor sea la dureza del acero, o sea cuanto mayor sea la cantidad de la martensita que contengan, mayor será el margen de las propiedades que pueden lograrse con un buen revenido, disminuyendo la dureza hasta un valor suficiente y aumentando en cambio la tenacidad.

Además, con el revenido se destruyen las tensiones internas, se estabiliza el material y se consigue una estructura perfecta de cementita y carburos precipitados sobre una matriz dúctil de ferrita.

Recocido

El recocido es muy importante porque devuelve la ductilidad a los metales que han sido intensamente endurecidos por deformación (trabajados en caliente o en frío). Por consiguiente al intercalar operaciones de recocido después de deformaciones intensas, es posible realizar grandes deformaciones en la mayoría de los metales.

Se entiende por recocido al calentamiento del acero a temperaturas superiores e inferiores a las críticas dependiendo de la composición del acero y del tipo de recocido que se le vaya a aplicar, seguido de un enfriamiento lento hasta la temperatura ambiente. Uno de los principales objetivos del recocido es destruir estados anormales de los metales y aleaciones. Y como las anomalías constitucionales y estructurales, en general, endurecen el material al destruirlas con el recocido se consigue ablandar los metales, para así poder trabajarlos mejor.

Normalizado

El normalizado es en realidad una variedad del recocido que se aplica exclusivamente a los aceros. Se practica calentando el material a una temperatura de 40°C a 60°C arriba de la temperatura crítica, una vez que haya pasado todo el metal al estado austenítico, se deja enfriar al aire ambiente o en el mismo horno. Se diferencia el normalizado del recocido en el enfriamiento, el cual es mucho más lento

Cementación

La cementación es un tratamiento termoquímico de endurecimiento superficial, que consiste en aumentar el contenido de carbono de la superficie de un acero mediante un calentamiento a temperaturas comprendidas entre 850 y 950°C y sometiéndolo a un medio (sólido, líquido o gaseoso) capaz de cederle carbono. Al tratamiento de cementación propiamente dicho sigue siempre un tratamiento térmico de temple y revenido. Los aceros que se cementan son: aceros al carbono y aceros de media aleación.

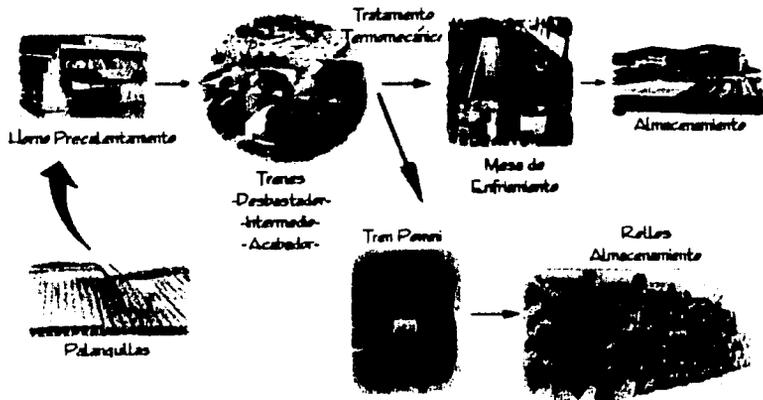
Nitruración.

Es un tratamiento termoquímico de endurecimiento superficial, con el cual se logran obtener elevadas durezas (70 a 80 HRC) en la superficie de las piezas, al difundirles nitrógeno, para ello, se introducen a un medio capaz de cederlo. Se opera a una temperatura de 500 a 570 °C durante un tiempo de 4 a 20 horas y no existe peligro de distorsión en las piezas. Además la capa nitrurada es dura por sí misma y no necesita de un temple para alcanzar altas durezas. Se aplica a piezas que van a ser sometidas a esfuerzos simultáneos de choque y rozamiento (punzones, matrices) ó que requieren ser muy resistente al desgaste (camisas de cilindros, engranes, levas, etc.).

Carburización.

La carbo-nitruración es una combinación de la cementación y nitruración, es decir, que por difusión se aporta simultáneamente carbono y nitrógeno en grandes cantidades, calentando el acero a una temperatura entre 800 y 850°C y en una atmósfera gaseosa formada por una mezcla de hidrocarburos, amoníaco y óxido de carbono. Se aplica preferentemente para tratar ruedas dentadas y piezas de poco espesor.

CAPITULO DOS



*Producción y Aplicaciones
del Alambres*

2.1 El acero

Historia y manufactura

Los primeros aceros se obtuvieron tal vez por accidente, aunque no se sabe cómo y dónde. Los famosos aceros de Damasco y Toledo utilizados para hacer espadas eran realmente aceros al molibdeno, porque el mineral utilizado contenía molibdeno. El acero original Wootz o indio usado para el mismo propósito contenía pequeñas cantidades de aluminio, adicionado por métodos desconocidos.

Hasta 1783, los molinos de laminación de acero producían solamente formas planas y cuadradas. En ese año, el inglés Cort construyó un molino de laminación con rodillos acanalados que fueron el prototipo de los molinos de laminación actuales que usan acero en forma de barra de estirado.

Las barras se hacen en un laminador de desbaste, donde los lingotes se reducen primero a desbastes cuadrados y luego a barras de estirado del tamaño apropiado. En el molino de rolado, se revisan las barras para comprobar si tienen imperfecciones, las cuales, en general, se eliminan mediante quemado con acetileno, y luego se pasan a través de un horno horizontal que los calienta a la temperatura correcta para el rolado.

Ahora cada barra pasa a través de una serie de rodillos acanalados a una velocidad de constante aumento; cada rodillo reduce la sección transversal y aumenta la longitud. Cada rodillo sucesivo opera a mayor velocidad. Dependiendo del tipo de molino de laminación que se trate, las varillas continúan pasando por rodillos en línea recta hasta el área de enfriamiento o bien, se regresan varias veces para pasar por la llamada mesa de transferencia antes de llegar a los rodillos de acabado. Algunos molinos de laminación de una sola línea tienen el rodillo final (de acabado) descargando una cantidad de 2600 pies/min.

Los lingotes de acero hechos por los diversos métodos (hogar abierto o eléctrico) se procesan antes de la fabricación en un molino primario de laminación, donde primero se calienta a una temperatura uniforme cerca de 1204°C en hornos subterráneos (fosas de colada) y luego se rolan en 3 formas: barras de estirado, tochos y barras planas. El proceso completo desde el mineral de hierro hasta los productos fabricados, se reduce en el diagrama de flujo fig. 2-1.

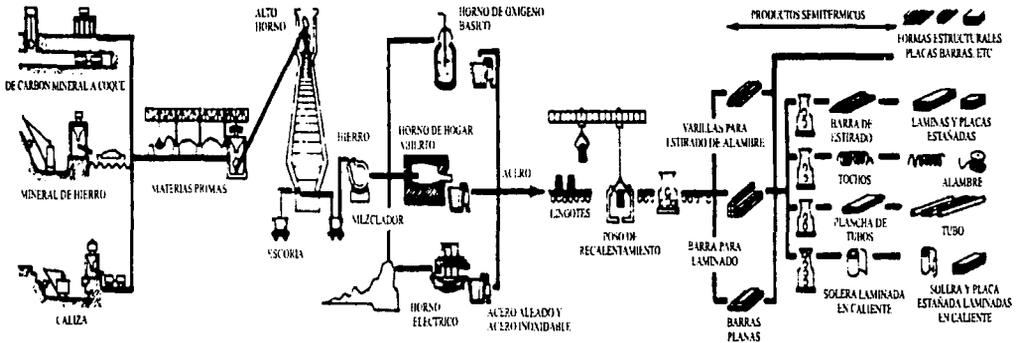


Figura 2-1 Diagrama de flujo de fabricación de hierro y acero

2.1.1. Acero: Propiedades físicas y químicas

La palabra acero usualmente se refiere a los aceros al carbono comunes, que se define como aleaciones de acero y carbono que no contienen más del 2% de carbono y estos se clasifican en bajo de 0.06 - 0.3, medio de 0.3 - 0.6, alto de 0.6 - 1.7 ò hasta 2% y que son maleables en forma de bloque o lingote. Los aceros inoxidables y las aleaciones de acero se estudian por separados.

En los aceros al carbono comunes o sin otra combinación, el hierro siempre constituye más del 95%. También están presentes azufre, oxígeno, nitrógeno y fósforo y otras impurezas, los primeros tres siempre en forma de impureza. Pueden estar presentes también manganeso, silicio, aluminio, cobre y níquel, ya sea como impurezas residuales del método de horno utilizado, o como elementos adicionados deliberadamente en pequeñas cantidades para controlar las propiedades del acero.

Modificación de propiedades

Las propiedades de un acero al carbón varían en gran medida no solo en relación con su composición química, es decir, la cantidad de carbono y otros elementos presentes, si no también porque son determinadas en gran medida por la clase de tratamiento en caliente y el trabajo mecánico aplicados durante su fabricación, es decir si el acero al carbono se cuela rola en frío o en caliente o si se enfría lenta o rápidamente.

2.1.2. Clasificación y designación

Debido a que tantos factores determinan las características del acero al carbono y de otros aceros, no existe un sistema sencillo de designación o de identificación. El acero se puede especificar de acuerdo con :

- ❖ Composición química
- ❖ Método de fabricación
- ❖ Propiedades mecánicas
- ❖ Un sistema de designación numérica de graduaciones de los aceros estándar.

Clasificación de acuerdo con el contenido de carbono.

Tanto los aceros al carbono fundidos como dulces se clasifican generalmente en graduaciones aproximadas basadas en el contenido de carbono como sigue:

- ❖ Hierro en lingote: el contenido más bajo posible de carbono y otros elementos de aleación; hecho en hornos básicos de hogar abierto; resistentes a la corrosión; usado en gran medida para lámina.
- ❖ Acero extra suave o muy suave: de 0.08 a 0.18% de carbono; este tipo de acero se le caracteriza por su ductibilidad tenacidad, soldabilidad y se usa cuando se requiere facilidad de labrado en frío; por lo general se usa cuando la resistencia o la rigidez no son importantes (por ejemplo tubería, remaches, hoja y alambre).

- ❖ Grado estructural dúctil: de 0.15 a 0.29% de carbono; se caracteriza por su resistencia combinada con facilidad para maquinado; se usa para construcción de edificios, puentes, tornillos pasantes, calderas, material rodante de ferrocarril.
- ❖ Grado medio: de 0.25 a 0.35% de carbono; más duro y fuerte que el grado estructural dúctil pero se puede forjar en caliente; se usa para construcción de barcos y maquinaria.
- ❖ Grado medio duro: de 0.35 a 0.65% de carbono.
- ❖ Grados para resorte: de 0.85 a 1.05% de carbono.
- ❖ Aceros al alto carbono para herramienta: de 1.05 a 1.20% de carbono.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.1.2.1 Acero al carbono forjado (tipos y usos)

Los aceros al carbono forjados se usan para acero estructural, barras de refuerzo, para concreto, lámina y solera, lámina corrugada, malla y tela de alambre, obra metálica ornamental y hueca, ventanas, puertas, diversos tipos de clavos de acero, tornillos comunes, remaches etc., (ver tablas 2.1 y 2.2).

Todos los productos fabricados y manufacturados se estudian en grupos separados en nuestro caso: a) Acero para concreto: lámina y solera de acero; b) Acero estructural.

Tabla 2.1 Algunos aceros típicos empleados en la construcción

Uso principal	Proceso de fabricación	Uso principal	Proceso de fabricación
Colados de acero	Hogar abierto básico, oxígeno básico, eléctrico	Formas (perfiles) estructurales	Oxígeno básico, hogar abierto básico, hogar abierto ácido
Acero laminado en frío	Oxígeno básico, hogar abierto básico	Alambre para malla y tela de alambre	Oxígeno básico
Refuerzo para concreto	Oxígeno básico, hogar abierto básico	Alambre para concreto pretensado	Eléctrico
Forjados	Oxígeno básico, hogar abierto básico, hogar abierto ácido	Remaches	Oxígeno básico, hogar abierto básico
Placas estructurales	Oxígeno básico, hogar abierto básico, hogar abierto ácido	Tornillos, clavos, etc.	Oxígeno básico
Perfiles estructurales pequeños	Oxígeno básico, hogar abierto básico	Tornillos de alta resistencia para construcción	Oxígeno básico, hogar abierto básico, eléctrico

Tabla 2.2 Requisitos químicos y físicos para el acero estructural.

Tipo de producto de acero	Requisitos químicos					
	C	Mn	P (porcentaje máx.)	S	Si	Cu ^a (porcentaje mín.)
Perfiles^b	0.26		0.04	0.05		0.20
Plancha						
Hasta $\frac{1}{4}$ pulg (19.05 mm) inclusive	0.25		0.04	0.05		0.20
Más de $\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$ pulg inclusive (19.05 a 38.1 mm)	0.25	0.80-1.20	0.04	0.05	0.15-0.30	0.20
Más de $1\frac{1}{4}$ a $2\frac{1}{2}$ pulg inclusive (38.1 a 63.5 mm)	0.26	0.80-1.20	0.04	0.05	0.15-0.30	0.20
Más de $2\frac{1}{2}$ a 4 pulg inclusive (63.5 a 101.6 mm)	0.27	0.85-1.20	0.04	0.05	0.15-0.30	0.20
Más de 4 pulg (101.6 mm)	0.29	0.85-1.20	0.04	0.05	0.15-0.30	0.20
Barras						
Hasta $\frac{1}{4}$ pulg (19.05 mm) inclusive	0.26		0.04	0.05	0.15-0.30	0.20
Más de $\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$ pulg inclusive (19.05 a 38.1 mm)	0.27	0.60-0.90	0.04	0.05		0.20
Más de $1\frac{1}{4}$ a 4 pulg inclusive (38.1 a 101.6 mm)	0.28	0.60-0.90	0.04	0.05		0.20
Más de 4 pulg (101.6 mm)	0.29	0.60-0.90	0.04	0.05		0.20

^a Para el acero cobre, éste es el porcentaje mínimo requerido.

^b Se requieren contenido de 0.85 a 1.35% de manganeso, y de 0.15 a 0.30% de silicio para perfiles de más de 426 lb/pie (6.33.97 kg/m).

a) Acero para concreto: Propiedades físicas y químicas.

El acero se usa para refuerzo en obras de concreto, en la forma de:

- ❖ Barras de refuerzo roladas en caliente.
- ❖ Alambre estirado y tejido como cable o como malla de refuerzo.
- ❖ Láminas planas y corrugadas de acero, artesas, cubiertas y otras formas de concreto.

b) Aceros estructurales.

Los aceros de alta resistencia se utilizan en proyectos de ingeniería civil. Los nuevos aceros, por lo general, los establecen sus fabricantes con marca registrada, pero un breve examen de sus composiciones, tratamiento térmico y propiedades suele permitir relacionarlos con otros materiales ya existentes. En seguida aparecen algunas clasificaciones que permiten comparar los nuevos productos con los que ya están normalizados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las clasificaciones generales permiten agrupar los aceros estructurales disponibles en la actualidad en cuatro categorías principales, algunas de las cuales tienen subdivisiones.

Los aceros que utilizan el carbono como elemento principal en la aleación se llaman *aceros estructurales al carbono*. Los grados más antiguos en esta categoría fueron el "caballo de batalla" de la industria de la construcción durante muchos años y los aceros al carbono más nuevos, mejorados, constituyen aún la mayor parte del tonelaje estructura.

Dos subcategorías pueden agruparse dentro de la clasificación general de *aceros al carbono de baja aleación*. Los aceros con bajo contenido de aleación tienen cantidades moderadas de uno o más elementos de aleación, aparte del carbono para desarrollar resistencias más altas que las de los aceros comunes al carbono. Los *aceros al columbio-vanadio* son metales de elevada resistencia al límite de fluencia, producidos con la adición de pequeñas cantidades de estos dos elementos a los aceros de bajo contenido de carbono.

En el mercado hay dos clases de *aceros con tratamiento térmico*, para usos en la construcción. Los *aceros al carbono con tratamiento térmico* están disponibles bien en su condición estándar o enfriados y templados; Su endurecimiento se logra a base del contenido de carbono. Los *aceros de aleación con tratamiento térmico para construcción* son aceros enfriados y templados que contienen cantidades moderadas de elementos de aleación, además del carbono.

Propiedades mecánicas de los aceros estructurales.

- ❖ *Alta resistencia.* La alta resistencia del acero, por unidad de peso, significa que las cargas muertas serán menores. Este hecho es de gran importancia en puentes de gran claro, edificios elevados, y en estructuras cimentadas en condiciones precarias.
- ❖ *Durabilidad.* Las estructuras de acero, con mantenimiento adecuado durarán indefinidamente. La investigación en algunos de los nuevos aceros indica que bajo ciertas condiciones, sólo requieren pintura como mantenimiento.

- ❖ *Uniformidad.* Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo, como sucede con las del concreto reforzado.
- ❖ *Elasticidad.* El acero está más cerca de las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, porque sigue la Ley de Hooke hasta para esfuerzos relativamente altos. Los momentos de inercia de una estructura de acero pueden ser calculados con precisión, en tanto que los valores obtenidos para una estructura de concreto reforzado son un tanto indefinidos.
- ❖ *Ductilidad.* La propiedad de un material que le permite soportar deformaciones generales sin fallar, bajo esfuerzos de tensión elevados, se conoce como su ductilidad. Cuando un miembro de acero dulce se somete a la prueba de tensión, ocurrirán una reducción considerable de su área transversal y un fuerte alargamiento, en el lugar de la falla, antes de que la fractura real ocurra. Un material que no tenga esta propiedad es probablemente duro y quebradizo, vítreo, y posiblemente se rompa si recibe un choque súbito.

En los miembros estructurales bajo cargas normales, se desarrollan concentraciones de esfuerzos elevadas en varios puntos. La naturaleza dúctil de los aceros estructurales usuales, les permite fluir localmente en dichos puntos, previniendo así fallas prematuras. Una ventaja adicional de las estructuras dúctiles es que cuando se sobrecargan, sus grandes deflexiones dan una evidencia de falla inminente.

Ventajas del acero como material estructural

- ❖ *Ampliación de estructuras existentes.* Las estructuras de acero se prestan para fines de ampliación. Nuevos tramos y en ocasiones alas totalmente nuevas pueden añadirse a las estructuras de acero de edificaciones ya existentes, y en los puentes de acero a menudo pueden ampliarse.
- ❖ *Diversos.* Algunas otras ventajas importantes del acero estructural son: (a) adaptación a prefabricación, (b) rapidez de montaje, (c) soldabilidad, (d) tenacidad y resistencia a la fatiga, (e) posible reutilización después de que la

estructura se desmonte, y (f) valor de rescate, aun cuando no pueda usarse sino como chatarra.

Desventajas del acero como material estructural

En general, el acero tiene las siguientes desventajas:

- ❖ *Costo de mantenimiento.* La mayoría de los aceros se corroen cuando están expuestos libremente al aire y deben pintarse periódicamente
- ❖ *Costo de protección contra incendio.* La resistencia del acero estructural se reduce notablemente a las temperaturas que se alcanzan durante los incendios. La estructura de acero de un edificio debe estar a prueba de incendio a fin de asegurarla con primas bajas. Debe recordarse, sin embargo, que el acero es incombustible.
- ❖ *Susceptibilidad al pandeo.* A medida que los miembros sujetos a compresión son más largos y delgados, mayor es el peligro de pandeo. Como se indicó previamente, el acero tiene alta resistencia por unidad de peso, y cuando se usa para columnas de acero no siempre resulta económico, porque debe utilizarse una considerable cantidad de material tan sólo para reforzar las columnas y evitar su pandeo.

2.1.3. Formas comerciales

Los aceros al carbono forjados se obtiene en forma de láminas y solera, formas estructurales, barras, varillas, placas, tubo, tubería y alambre.

Los aceros colados se obtienen en casi cualquier forma colada. Para la composición típica de un acero al carbono colado de uso común en construcción ver tabla 2.3.

Tabla 2.3 Composición típica del acero al carbono empleado en construcción (porcentaje de contenido)

Elemento	C	Mn	Si	(max)	P	S
Contenido de carbono	0.2-0.5	0.5-1.0	0.25-0.75	0.5	0.04	0.05

2.2. Procesos de laminación.

El aplanado del metal entre cilindros se utiliza para la producción de tiras, láminas, placas, barras, y secciones. Al quedar formada el metal por una fuerza que lo oprime, el laminado puede considerarse como un proceso continuo de forja, en los que los rodillos actúan como acopladores y el metal resulta estirado.

El laminado puede llevarse a cabo a temperatura superior a la de recristalización (laminado en caliente) o por debajo de la temperatura de recristalización (laminado en frío). El laminado en caliente se utiliza siempre para el laminado inicial de los lingotes de fundición. No solamente resulta más fácil dar el tamaño adecuado al lingote cuando éste se encuentra caliente y plástico, sino que el proceso de laminado en caliente cierra cualquier discontinuidad de la fundición, y suelda a forja sus superficies entre sí. Esto evita la presencia de fallas, que podrían dar lugar a que la pieza fuera sometida, con dichas fallas presentes, a posteriores operaciones de laminado. Los procesos de laminado y, en particular, el laminado en frío da a las tiras y láminas de metal una clara orientación granular en dirección de la operación de laminado. Para evitar grietas y roturas, las posteriores operaciones de doblado deberán llevarse a cabo en ángulo recto con la dirección de laminado, es decir perpendicular a la dirección del grano. Las ventajas y limitaciones del laminado en caliente y en frío aparecen comparadas en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Ventajas y limitaciones del laminado en caliente y en frío

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Laminado en caliente**Ventajas**

1. Las discontinuidades del lingote quedan soldadas a presión, resultando un material homogéneo
2. Con cada paso entre los rodillos se logran grandes reducciones en tamaño, por ser relativamente plástico el metal caliente

Limitaciones

1. Precisión en las dimensiones relativamente
2. Precisión geométrica relativamente baja
3. Ausencia de "derechura"
4. Mal acabado (muy escamoso)
5. Burda estructura granular, debida al enfriamiento lento a partir de temperaturas elevadas

Laminado en frío**Ventajas**

1. Elevada precisión en las dimensiones
2. Elevada precisión geométrica
3. Buen acabado superficial
4. Buenas cualidades para el mecanizado y fuerza en aumento debido al grano fino
5. El "temple" puede controlarse mediante el grado de endurecimiento de la pieza

Limitaciones

1. Sólo son posibles pequeñas reducciones, por ser muy elevadas las fuerzas de laminado
2. Los rodillos deben ser rectificadas con frecuencia, para mantener el acabado únicamente
3. Procesos de acabado únicamente
4. Más costoso en planta y en energía que el laminado en caliente

2.2.1. Planchado

Este es el proceso que consiste en convertir el lingote en "planchas", listas para ser laminadas en tiras, láminas, y placas. Este proceso se realiza a una temperatura de 1300°C, forjándose las discontinuidades que existan en el lingote y dando homogeneidad a la plancha.

2.2.2. Forjado en lingotes

Este proceso es semejante al de planchado, salvo que el lingote se lamina en "tochos", listos para su laminado como barras y secciones. Para el laminado, tanto en planchas como en tochos, se utilizan laminadores reversibles dúo y cuarto.

2.2.3 Relaminado (laminado en tiras continuas)

El relaminado de planchas, para su conversión en tiras, se lleva a cabo habitualmente en un laminador continuo de tiras, tal como el que se ve en la figura 2-2, la plancha se vuelve a calentar hasta 1300°C, y se pasa a través del rociador de agua y de los rodillos para eliminar las incrustaciones que quedan en la superficie de la plancha después del procesado previo. A continuación se le lamina en bruto, para hacerla pasar finalmente al sistema Sendzimir para su acabado. Cada juego completo de rodillos en el sistema se denomina bastidor, pudiendo observarse tres de éstos en la figura 2-2. La tira es a continuación arrollada antes de someterla a posteriores procesos.

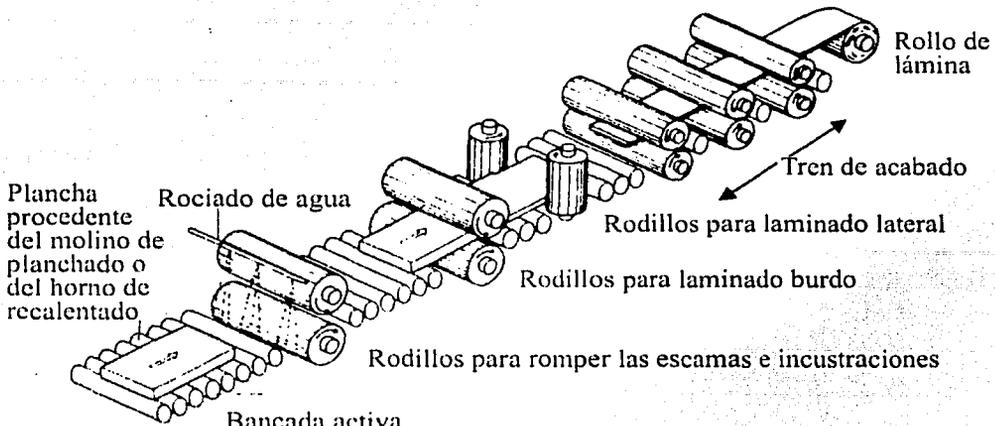


Figura 2-2 Laminadora continua

2.2.4 Relaminado (secciones y barras)

El relaminado de secciones y barras se lleva a cabo habitualmente en una laminadora dúo reversible provista de rodillos ranurados. Algunas plantas modernas que manejan grandes cantidades de vigas y juntas de sección estándar, están frecuentemente dispuestas de manera que se logre un tren continuo. La figura 2-3 muestra las etapas de laminado de algunas secciones comunes.

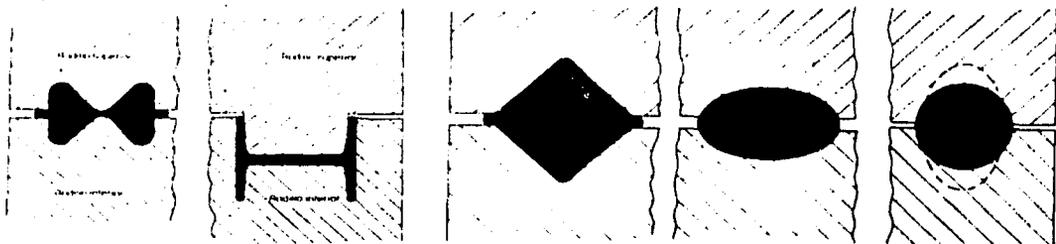


Figura 2-3 Secciones de laminado

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2.2.5 Acabados en el laminado.

El acabado que queda en la tira, lámina, o barra después del proceso de laminado puede decir mucho al usuario acerca del proceso a que se ha sometido al material y del tipo de características que probablemente poseerá.

2.2.5.1 Laminado en caliente.

La superficie del metal aparecerá burda y cubierta con escamas cuyo color irá desde azul-gris al negro. Este es el más barato de los acabados, pero las incrustaciones pueden desprenderse durante el procesado posterior, dañando las herramientas que se utilicen, por ser dichas escamas muy abrasivas. El metal que ha sido laminado en caliente se encuentra virtualmente en situación de recocido, y será muy dúctil, con escasa orientación granular. Tiende a romperse durante el maquinado y deja un mal acabado.

2.2.5.2 Laminado en caliente, baño ácido y aceitado.

El metal habrá sido procesado mediante laminado en caliente, y tendrá las características del punto anterior. Sin embargo las escamas habrán sido eliminadas mediante un baño de ácido, y el metal habrá sido lavado a continuación para eliminar cualquier ácido residual. A continuación se le aceita, para evitar su oxidación. En este caso presentará una superficie de color pardo, y podrá ser utilizado con toda seguridad en herramientas de compresión sin que éstas sufran daño, o podrá ser laminado de nuevo para obtener tiras brillantes.

2.2.5.3 Laminado en frío, recocido ligero.

La placa laminada en caliente, después de pasar por el baño ácido y de ser aceitada, se vuelve a laminar para formar láminas y tiras en frío, utilizando rodillos muy pulimentados. Esto mejora en gran medida la precisión, la calidad de acabado, y las propiedades mecánicas del metal, pero también aumenta el costo. El metal en este

estado tiene una orientación granular muy pronunciada, y puede resultar inadecuado para ciertos trabajos en prensa y para aplicaciones en que se utilice el metal como lámina. Para recocer el metal se le introduce en el horno en paquetes, de forma que únicamente se oxiden las capas exteriores. Las capas interiores del paquete se recuecen, con únicamente una ligera reducción en la calidad de su acabado superficial.

2.2.5.4 Laminado en frío, recocido brillante.

En lugar del recocido en paquetes se recuece el metal laminado en un horno con atmósfera controlada, para que no haya pérdida de brillantez en la superficie del metal ya laminado. El laminado en frío endurece el metal mediante endurecimiento en el trabajo y el "temple" o elasticidad y dureza del metal pueden ajustarse después del recocido brillante, pasando ligeramente al metal entre rodillos pulimentados, para obtener acabados a cuartos de dureza, media dureza, tres cuartos de dureza, o dureza total (templado elástico).

2.2.6 Tipos de laminadoras

Las laminadoras se describen de acuerdo con la disposición de los rodillos, como puede verse en la figura 2-4.

El dispositivo más sencillo es el denominado dúo, reversible. Se asemeja en cierta forma a un torno secador doméstico provisto de rodillos de acero muy pulimentados. El metal pasa entre ellos, desde un lado hacia el otro; se reduce el espacio entre los rodillos y se invierte su dirección de giro, y de nuevo pasa el metal entre los rodillos en movimiento. Se repite este ciclo hasta que el metal haya adquirido el grueso requerido.

En el laminador trío los rodillos giran continuamente en la dirección indicada. Las bancadas suben y bajan para hacer pasar al metal en primer lugar entre los dos rodillos bajos, y a continuación entre los dos rodillos altos. El ciclo se repite hasta que el metal haya adquirido el grueso requerido.

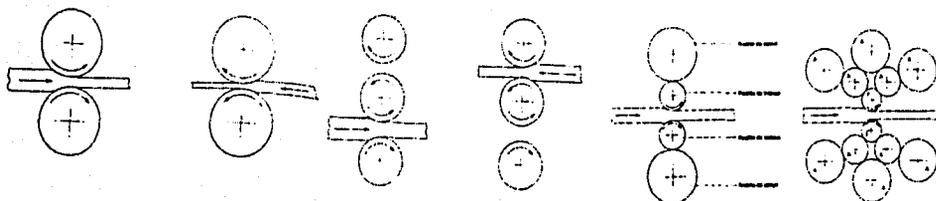


Figura 2-4 Clasificación de las laminadoras.

En el laminador cuarto y en el tren de laminado sistema "Sendzimir", se cuenta con rodillos adicionales que "respaldan o apoyan" los rodillos de trabajo, permitiéndoles aplicar una presión mayor al metal que está siendo laminado sin que se produzcan desvíos. Los laminadores cuarto y los sistemas "Sendzimir" operan de la misma forma que el laminador dúo reversible, y se les utiliza ampliamente para obtener tiras acabadas laminadas en frío y brillantes.

Uno de los problemas del laminado se debe al hecho de que a medida de que los rodillos se hacen mayores en diámetro, para que aumenten su fuerza y su rigidez, el arco de contacto entre ellos y el metal que está siendo laminado aumenta igualmente, como se observa en la figura 2-5 como cualquier aumento en el arco de contacto aumenta también la carga en los rodillos, el aumento en el tamaño de éstos no constituye una solución al problema orientado a aumentar la rigidez. Mediante el empleo de rodillos de respaldo como se ve en los laminadores cuarto y en los del sistema "Sendzimir" se mejora la rigidez y la fuerza sin aumentar el arco de contacto de los rodillos de trabajo. Algunos procesos comunes de laminado son los siguientes:

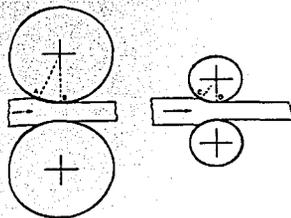


Figura 2-5 Arco de contacto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.7. Estirado de alambres y tubos.

En tanto que los materiales que son forjados y laminados requieren contar con la propiedad de la maleabilidad, los materiales que son estirados para formar alambres y tubos requieren ser dúctiles, propiedad combinada con una resistencia a la tensión relativamente elevada y una capacidad baja para endurecimiento, ya que el proceso se realiza en frío. La reducción en tamaño de la sección estirada se logra ejerciendo tracción sobre el material, en tanto éste pasa a través de un dado. La figura 2-6 contiene la representación básica del estirado del alambre, y la figura 2-7 contiene la representación de un banco simple de estirado.

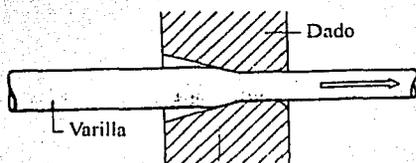


Fig. 2-6 Principio del estirado de varillas y alambres.

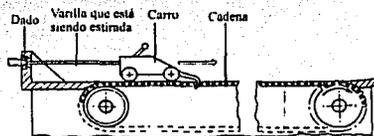


Fig. 2-7 Banco simple de estirado para varillas.

Los bancos de estirado se utilizan habitualmente para varillas y barras, ya que la longitud del banco limita la longitud del material que está siendo estirado. Las bobinas de alambre grueso (varilla delgada) se forman inicialmente en una máquina para estirado de alambre provista de un solo dado, utilizando para ello un "bloque para estirar" con el que se ejerce tracción sobre el alambre que pasa a través del dado, en la forma que se indica en la figura 2-8.

El alambre delgado especialmente el alambre de cobre utilizado para conductores eléctricos se estira en máquinas con varios dados. Con un molinete se tira del alambre a través de cada uno de los dados, pasándolo a la etapa siguiente de la máquina, en la forma que se indica en la figura 2-9. A medida que el alambre se adelgaza, aumenta su longitud, y la velocidad del último molinete requiere ser mucho más elevada que la del primero. Entre cada dos molinetes se pasa el alambre alrededor de una polea con resorte que va unida al control de velocidad del molinete que viene a continuación. Si la

tensión de la polea se hace demasiado grande, el molinete disminuye su velocidad y viceversa.

El estirado de tubos es semejante al de varillas, usándose para él un banco de estirado. Sin embargo, se debe perforar el lingote para iniciar la cavidad del tubo, siendo éste sometido a tracción sobre un mandril o alineador. Cuando se requieren longitudes grandes de tubo, tanto la pieza en bruto como el tubo ya estirado tienen que ser enrollados. Esto impide el empleo de un mandril fijo, siendo necesario utilizar un mandril flotante.

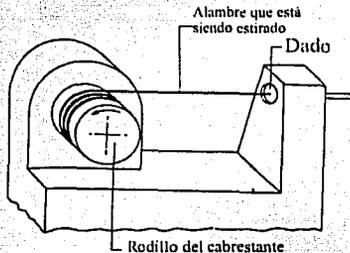


Fig 2-8
Estirado de alambre por medio de una sola hilera

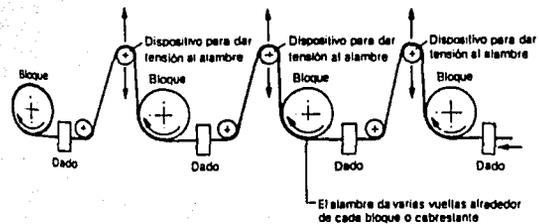


Fig. 2-9
Estirado de alambre con varios dados.

2.3 El alambre historia y manufactura

La primera manera de hacer el alambre fue mediante martillado del metal y luego cortándolo en tiras delgadas. Aunque este tipo se debe haber conocido ya en los primeros tiempos prehistóricos, la primera referencia escrita se encuentra en la Biblia. Para hacer alambre redondo con estas tiras, se les daba forma mediante martillado y para obtener longitudes mayores se unían varias piezas mediante martillado también. Enseguida estas tiras se jalaban a mano a través de hoyos de una piedra, y después a través de moldes similares hechos de hierro. Este método de jalado limitaba la cantidad de reducción posible y el tipo de metal utilizado a la fuerza del hombre que lo jalaba, y la longitud del alambre a la de los brazos y piernas. La fuerza del agua se utilizó por primera vez en Alemania hacia 1350; en Inglaterra en 1565, y en EU 1650.

Ésta y la invención de la máquina a vapor en 1769 marcaron el inicio de las técnicas modernas del estirado del alambre. Hacia 1840, la demanda de cable de alambre y luego de alambre para alambre de púas y de otros para cercados, telégrafo, teléfono y finalmente para líneas de transmisión, de energía eléctrica incrementaron la demanda de alambre a un tonelaje enorme. En la actualidad, el tonelaje de alambre producido solamente en la industria del acero, constituye más del 6% de todo el acero procesado y terminado.

En la actualidad la fabricación del alambre es similar a la de todos los metales. La descripción que se da aquí es para alambre hecho de barras de acero para alambre. Primero se limpian las barras bañándolas en ácido diluido caliente para eliminar las escamas de óxido de hierro de sus superficies, y luego se lavan con agua. En este punto se le da un recubrimiento de emulsión de cal, de la solución a base de fosfato o de alguna otra sustancia que actúe como lubricante en el estirado y que también neutralice cualquier remanente de ácido.

Dependiendo de la longitud continua del alambre que se producirá, se prepara una barra para estirla mediante resistencia eléctrica, empalmado y soldando entre sí el número correcto de unidades de barra para alambre.

El proceso de estirado de alambre consiste en afilar primero la barra, luego haciendo un filamento con esta punta a través de un dado y conectándolo al bloque o carrete de estirado. A medida que se forja el alambre, se crea calor, por tanto, el molde o dado se tiene que enfriar con agua y lubricantes utilizados en las barras para que éstas fluyan suavemente a través del dado. La ilustración del estirado del alambre en un solo carrete, en la figura 2-10 muestra la reducción única y sencilla de barra o varilla de alambre.

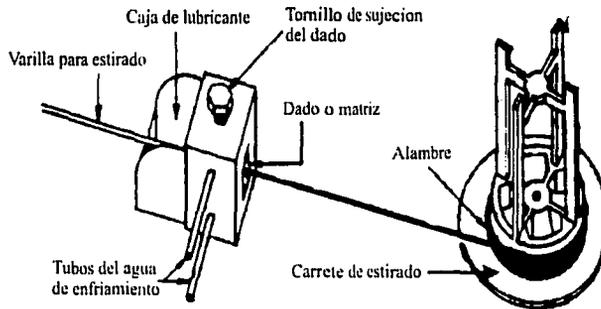


Figura 2-10 Estirado de alambre mediante un solo carrete.

Cuando se requiere alambre más delgado, se combinan una serie de moldes de estirado. La varilla para estirado empieza a través del primer dado, que la reduce y alarga. Luego pasa por un segundo dado, a través del cual debe pasar a mayor velocidad debido a que su longitud se ha incrementado; después pasa a través de un tercer dado y aún a mayor velocidad y a través de cada dado sucesivo a un ritmo siempre creciente.

El alambre no siempre se puede terminar directamente al hacerlo de una varilla de estirado ya que tal estirado puede hacer al metal demasiado duro y quebradizo. En este caso el alambre se calienta (templa) éste en estirado, aunque a, todos los alambres se estiran de un modo similar, cada metal o aleación requiere su propio lubricante específico, su solución limpiadora, su técnica de templado, velocidad de estirado y tipos y secuencias de dado o matrices para satisfacer requisitos de propiedades químicas y físicas para el alambre acabado.

2.3.1. Definición del alambre.

El alambre es una varilla delgada o filamento de metal, usualmente flexible. El material del cual se obtiene se conoce como barra de alambre y cualquiera de éstas que se haya estirado en frío se considera alambre, aun cuando sea tan grande como de una pulg. (25.04 mm) de sección transversal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.3.2. Metales utilizados.

Los metales tanto ferrosos como no ferrosos y sus aleaciones se pueden hacer alambre. En construcción los metales que más se usan son: hierro, acero, acero inoxidable, aluminio, cobre, latón, bronce y platas de níquel.

2.3.3. Resistencia.

El alambre puede tener una gran gama de resistencias que se determinan por su composición química, tratamiento en caliente y la cantidad de estirado en frío de la aleación. Las resistencias a la tensión puede ser tan altas como 344.75 Kg_f/mm², para un solo alambre, y para cable de alambre ³/₈ a ¹/₄ pulg (9.53 a 101.6mm) de diámetro, 13 790 Kg_f/mm² o mayor.

2.3.4. Formas.

Por lo general se piensa que el alambre es redondo, pero se produce en muchas formas, incluyendo la redonda, plana, ovalada, semiovalada, semirredonda, triangular, hexagonal, y octagonal.

2.3.5. Tamaños.

El tamaño del alambre el cual se acostumbra designar por número de calibre, hoy se designa casi universalmente en decimales de pulgada o en milímetros (diámetro), o por milésimos de pulgada circular (área transversal) equivaliendo ésta al área de un círculo de 0.0254 mm. de diámetro. Sin embargo, en construcción aún se emplean los números de calibre (Ver tabla 2.5).

Tabla 2.5 calibre estándar utilizado para alambres

Número de calibre	Calibre de alambre de acero estadounidense (Waaburn y Muen) ferroso		Calibre de alambre estadounidense (Brown y Sharpe) no ferroso		Calibre de alambre de piano o para instrumento musical		Número de calibre	Calibre de alambre de acero estadounidense (Washburn y Muen) ferroso		Calibre de alambre estadounidense (Brown y Sharpe) no ferroso		Calibre de alambre de piano o para instrumento musical	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm		pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
000000	0.4900	12.440					21	0.0318	0.808	0.0285	0.724	0.047	1.194
000000	0.4615	11.722	0.5800	14.732	0.004	0.102	22	0.0286	0.726	0.0253	0.643	0.049	1.245
00000	0.4300	10.922	0.5165	13.119	0.005	0.127	23	0.0258	0.655	0.0226	0.574	0.051	1.295
0000	0.3938	10.003	0.4600	11.664	0.006	0.152	24	0.0230	0.584	0.0201	0.511	0.055	1.397
000	0.3625	9.208	0.4096	10.404	0.007	0.178	25	0.0204	0.518	0.0179	0.455	0.059	1.499
00	0.3310	8.407	0.3648	9.266	0.008	0.203	26	0.0181	0.460	0.0159	0.404	0.063	1.600
0	0.3065	7.785	0.3249	8.269	0.009	0.229	27	0.0173	0.439	0.0142	0.361	0.067	1.702
1	0.2830	7.188	0.2893	7.348	0.010	0.254	28	0.0162	0.415	0.0126	0.320	0.071	1.803
2	0.2625	6.668	0.2576	6.543	0.011	0.279	29	0.0150	0.381	0.0113	0.287	0.075	1.905
3	0.2437	6.543	0.2294	5.287	0.012	0.305	30	0.0140	0.356	0.0100	0.254	0.080	2.032
4	0.2253	5.723	0.2043	5.189	0.013	0.330	31	0.0132	0.335	0.0089	0.226	0.085	2.159
5	0.2070	5.258	0.1819	4.620	0.014	0.356	32	0.0128	0.325	0.0079	0.201	0.090	2.286
6	0.1920	4.877	0.1620	4.115	0.016	0.406	33	0.018	0.300	0.0071	0.180	0.095	2.413
7	0.1770	4.496	0.1443	3.665	0.018	0.457	34	0.0104	0.264	0.0063	0.160	0.100	2.540
8	0.1620	4.115	0.1285	3.264	0.020	0.508	35	0.0095	0.241	0.0056	0.142	0.106	2.692
9	0.1483	3.767	0.1144	2.907	0.022	0.559	36	0.0090	0.229	0.0050	0.127	0.112	2.849
10	0.1350	3.329	0.1019	2.588	0.024	0.610	37	0.0085	0.216	0.0044	0.112	0.118	2.997
11	0.1205	3.060	0.0907	2.304	0.026	0.660	38	0.0080	0.203	0.0040	0.102	0.124	3.150
12	0.1055	2.680	0.0808	2.052	0.029	0.737	39	0.0075	0.191	0.0035	0.089	0.130	3.302
13	0.0915	2.324	0.0720	1.829	0.031	0.787	40	0.0070	0.179	0.0031	0.079	0.138	3.505
14	0.0800	2.032	0.0641	1.628	0.033	0.838	41	0.0066	0.168			0.146	3.708
15	0.0720	1.826	0.0571	1.450	0.035	0.867	42	0.0062	0.158			0.154	3.912
16	0.0625	1.588	0.0508	1.290	0.037	0.940	43	0.0060	0.152			0.162	4.115
17	0.0540	1.372	0.0453	1.151	0.039	0.991	44	0.0058	1.147			0.170	4.318
18	0.0475	1.207	0.0403	1.024	0.041	1.041	45	0.0055	0.140			0.180	4.572
19	0.041	1.041	0.0359	0.912	0.043	1.092							
20	0.0348	0.884	0.0320	0.813	0.045	1.143							

2.3.6. Acabados.

El alambre se obtiene en acabado brillante o mate, galvanizado, revestido con diversos metales, templado o tratado en caliente, doblado, corrugado y en forma de cable.

2.3.7. Usos del alambre.

El alambre mismo y los productos de alambre tienen muchos usos en el campo de la construcción, por ejemplo, como malla y telas de alambre, como refuerzos para concreto, como base para aplanado, cercados, cable, cadena, tornillos pasantes, tornillos comunes, clavos, conectores, e incontables accesorios similares y artículos de ferretería.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.4.2. Alambrón para Estiraje

El alambrón es un producto de acero redondo laminado en caliente, fabricado bajo la norma ASTM A510-A510M en grados de acero SAE bajo y alto carbono (1005-1095).

Este alambrón se destina para el trefilado o estirado en frío, obteniéndose como producto de alambre.

- ❖ DENOMINACIÓN: ALAM 1006.
- ❖ DESCRIPCIÓN: Producto laminado en caliente de sección circular y de superficie lisa.
- ❖ USOS: Para la fabricación de alambres por trefilado; los cuales son utilizados para hacer clavos, púas, etc.

❖ NORMA TÉCNICA

COMPOSICION QUIMICA (%)										
C	Mn	Si	Cantidades Máximas							
			P	S	N (*)	Cr	Ni	Cu	Sn	Mo
0.08	0.30-0.45	0.06-0.12	0.035	0.035	0.008	0.04	0.04	0.10	0.025	0.02

(*)El contenido de nitrógeno es sólo referencial

Además la suma de elementos residuales no debe ser mayor a 20%.

- ❖ Propiedades mecánicas
- Resistencia a la Tracción máx. : 38.7 Kg/mm²
- Estricción min(%) (*) : 75

❖ DIMENSIONES Y PESOS:

Diámetro (mm)*	Área de sección, mm.	Peso, Kg/m*
5.5	23.8	0.186

❖ TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Tolerancia en el Diámetro = $\pm 0,3$ mm

Tolerancia en la Ovalización = + 0,50 mm máx.

❖ DUCTILIDAD: Muy Buena.

❖ PRESENTACIÓN: En rollos de 1.3 - 1.4 TM.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.4.3. Alambrrn para construcci3n.

El alambrrn es un producto de acero redondo laminado en caliente, fabricado bajo la norma ASTM A510 A510M en grados de acero SAE (1005 1025).

- ❖ DENOMINACI3N: ALAM ITIN 341.030-G63.
- ❖ DESCRIPCI3N: Es un producto laminado en caliente de secci3n circular y de superficie lisa.
- ❖ USOS: Como estribo en columnas y vigas. En barras rectas, en lozas como refuerzo de repartici3n y temperatura.

NORMA T3CNICA: ITINTEC 341.030 - GA63-R.

COMPOSICI3N QU3MICA:

NORMA	% P. m3x.	% S m3x.
ITINTEC 341.030	0.050	0.060

❖ PROPIEDADES MEC3NICAS:

- L3mite de Fluencia (fy) = 3800 kg/cm² m3nimo.
- Resistencia a la Tracci3n (R) = 6300 kg/cm² m3nimo.
- Alargamiento en 200 mm = 8% m3nimo.
- Doblado a -180° = Bueno.
- Di3metro de Doblado = 24.0 mm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- ❖ DUCTILIDAD: El alambrrn liso para construcci3n de 6 mm de Aceros Arequipa, es fabricado por laminaci3n en caliente y enfriamiento natural, lo que le da alta ductilidad y trabajabilidad.

❖ ESPECIFICACIONES

Unidades	Diámetros											
mm	5.5	6.35	7.0	8.0	8.5	9.0	9.5	10	11.5	12.0	12.5	12.7
	0.216	0.25	0.275	0.314	0.334	0.354	0.376	0.394	0.452	0.472	0.492	0.5
	7/32	¼	19/64	5/16	21/64	23/64	3/8	25/64	29/64	61/128	64/128	½

*En algunos casos las fracciones corresponden a valores aproximados.

❖ TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Según Norma ASTM A-510 M:

Diámetro	mm	(in)
	± 0.40	± 0.016
Ovalidad (medidas sobre el mismo plano)	0.60 máx.	0.024 máx.

❖ CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DEL ACERO

Parámetro	Valor	Norma de Referencia
Microlimpieza (inclusiones no metálicas)	≤ 3	ASTM E-45 Método A
Tamaño de grano Austenítico (Ver definición de las normas)	7 a 11	ASTM E-112

❖ DIMENSIONES Y PESO DEL ROLLO

	mm	in.
Diámetro externo	1100(±50)	43.3 (± 2)
Diámetro interior	800 - 900	32 - 35
Longitud	1600 (± 100)	63 (± 4)

	Kgs.	Lbs.
Peso del rollo	1900 (± 50)	4000 (± 100)

Todos los rollos son identificados con una etiqueta individual que incluye; calidad del acero, diámetro, nombre del fabricante y peso.

2.4.4. Aplicaciones Típicas.

- ❖ Alambres trellados en diferentes diámetros
- ❖ Alambre y barra para soldadura
- ❖ ~~Estribos para construcción~~
- ❖ Cable galvanizado, cable mecánico, resortes
- ❖ Mallas electro soldadas
- ❖ Tuercas, tornillos, remaches, clavos, pernos, resortes y sujetadores
- ❖ Alambre para pre-esfuerzo y post-tensado, para ceja de llantas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4.4.1. Estribos para construcción.

Los estribos para construcción son un producto derivado del alambrrón, también llamados refuerzos transversales, que son utilizados en la industria de la construcción en los elementos de concreto como son las columnas, vigas y mampostería (Fig. 2-11).



Fig. 2-11 Aplicación típica de los estribos.

Los dos tipos más comunes de estribos son los de forma en U y los cerrados también llamados anillos como se muestra en la figura 2-12, siendo los cerrados los más utilizados; sin embargo, en algunos casos se utilizan los estribos de cuatro ramas llamados W.



Fig. 2-12 Tipos de estribos a) U, b) Anillo, c) W

El tipo de estribo más eficiente es aquel que tiene sus extremos doblados con un ángulo interior no mayor de 135° ya que de esta manera, quedan mejor anclados a los extremos. Cabe mencionar que existen dos tipos de estribos cerrados (figura 2-13), en ambos tipos es esencial que se desarrolle el esfuerzo de fluencia del acero.

En el tipo de la figura 2-13a esto se logra mediante ganchos, mientras que en el tipo de la figura 2-13b, se consigue traslapando los extremos de la varilla. El tipo a parece proporcionar mejor confinamiento al concreto, pero el tipo b es más fácil de fabricar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

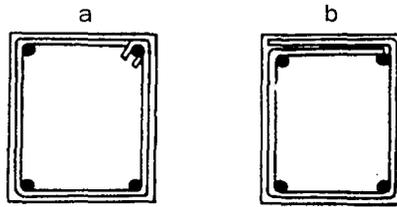
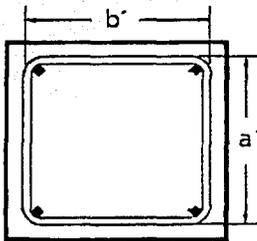


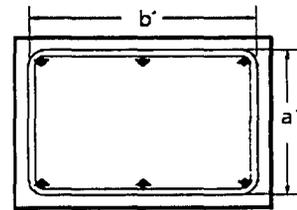
Fig. 2-13 Tipos de estribos cerrados.

Los estribos tienen una mayor aplicación en la construcción de las casas habitación, siendo los cuadrados y los rectangulares los más usuales; A continuación enumeramos las medidas más comerciales a la venta en las casas materiales para construcción:

Línea	Diámetro del Alambren en mm.	Dimensiones del estribo a x b (cm x cm)	Longitud total en cm.
Cuadrada	6	10 x 10	48
		15 x 15	68
		20 x 20	88
Rectangular	6	10 x 15	58
		10 x 20	68
		10 x 25	78
		10 x 30	88
		15 x 20	78
		15 x 25	88
		15 x 30	98



Estribos cuadrados

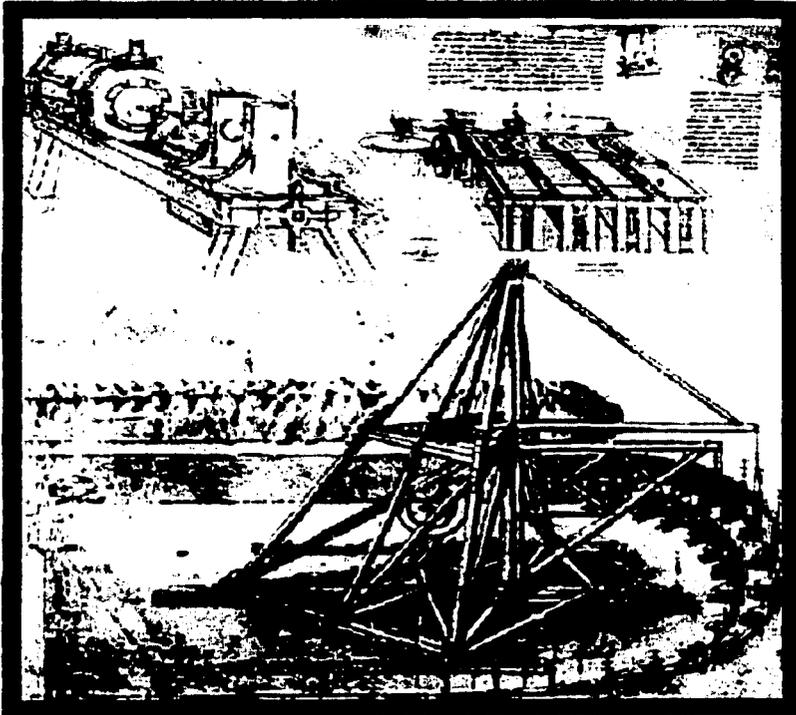


Estribos rectangulares



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CAPITULO TRES



El Rediseño de la Máquina

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Antecedentes

La base de nuestra tesis corresponde, aún rediseño de una máquina de enderezado y corte de alambro con un diámetro de $\frac{1}{4}$ de in. Lo que pretendemos es mejorar estas dos actividades y abaratar costos para la industria de la construcción.

Cabe mencionar que para comenzar nuestro proyecto iniciamos aplicando el proceso del diseño. Se han definido varios "procesos de diseño" para ayudar a organizar el ataque sobre el "problema no estructurado", es decir, aquel para el cual la definición del problema es aún vago y para el que hay muchas soluciones posibles. Algunas de estas definiciones de procesos de diseño sólo incluyen unos cuantos pasos, a continuación, enlistamos los pasos en el proceso del diseño:

1. Reconocimiento de la necesidad
2. Definición del problema
3. Obtención de información
4. Conceptualización
5. Evaluación
6. Comunicación del diseño
7. Producción

1.- Reconocimiento de la necesidad.

Las necesidades pueden venir de datos en las operaciones del personal de servicio o de los clientes a través de la ventas o los representantes de mercadotecnia. Otras necesidades son generadas por consultores externos, agentes de ventas, agencias de gobierno, o asociaciones comerciales o por decisiones del público en general.

Las necesidades usualmente se dan por alguna insatisfacción con la situación existente. Puede ser para reducir costos, incrementar la confiabilidad y comportamiento, o solo por cambiar, porque, el público se ha aburrido del producto.

2.- Definición del problema.

Probablemente el paso crítico en el proceso del diseño es la definición del problema, es ventajoso tan ampliamente como sea posible. La definición de un problema debería incluir un documento escrito que debería especificar qué se intenta realizar con el diseño, deberá incluir objetivos y metas, definiciones de términos técnicos, las restricciones para el diseño y el criterio que se usará para evaluar el diseño.

3.- Obtención de la información.

Tal vez la mayor frustración en el primer proyecto se deberá a la escasez o plenitud de información, tal vez se tenga una montaña de reportes de trabajos previos y tal vez la tarea consista en plasmarlo en papel patentes, catálogos, libros de consulta y literatura publicada por vendedores y proveedores de material y equipos son fuentes importantes de información

4.- La conceptualización.

Es determinar los elementos, mecanismos, procesos o configuraciones que en alguna combinación den como resultado un diseño que satisfaga las necesidades. Es el paso clave para emplear la inventiva y la creatividad, incluya la formulación de un modelo que puede ser de dos tipos generales: analítico y experimental.

La conceptualización viene a hacer el corazón del proceso del diseño.

5.- Evaluación.

El paso de la evaluación implica un rudo análisis del diseño debe incluir un cálculo detallado, a menudo en computadora, del comportamiento del diseño usando un modelo analítico. Los chequeos matemáticos se refieren a las ecuaciones y cálculos matemáticos usados en el modelo analítico, es de especial importancia asegurarse de que cada ecuación es dimensionalmente consistente, se deben usar técnicas de optimización, se checa el desempeño contra las metas y necesidades del cliente.

6.- Comunicación de diseño.

El propósito del diseño es satisfacer las necesidades del cliente; la comunicación es usualmente por medio de una presentación oral al patrocinador al mismo tiempo que un reporte escrito. 60% del tiempo lo gastan en discusiones de diseño y preparando documentos escritos, 40% del tiempo analizar y hacer diseños. Se debe anexar dibujos detallados de ingeniería, programas de computación y modelos. En un proyecto de diseño bien llevado hay comunicación oral continua y diálogo escrito entre el gerente del proyecto y el cliente.

La descripción arriba proporcionada quizás de una impresión equivocada de que este proceso es realizable en forma lineal del modo en que se enumera. Por lo contrario, durante todo el proceso se requiere de la interacción, pasando de cualquiera de los pasos de vuelta a cualquier paso anterior, en todas las posibles combinaciones y realizándolo repetidamente.

En otras palabras, en el proceso de diseño todo está permitido, incluyendo, si fuera necesario, volver a la definición del problema. No es posible diseñar en forma lineal, son tres pasos adelante y dos (o más) para atrás, hasta que el final surja uno con una solución factible. En teoría podríamos continuar para siempre esta interacción sobre un problema dado de diseño, creando constantemente pequeñas mejoras, es inevitable que a lo largo del tiempo la ganancia acumulativa en funcionamiento o la reducción en costo tenderán a cero.

Llegado a cierto punto, deberemos declarar el diseño "lo suficientemente bueno" y lanzarlo. A menudo alguna otra persona (lo más probable es que sea el jefe) lo tomará de nuestras manos y lo echará andar a pesar de nuestra protestas de que "aún no está perfecto". Máquinas que han estado funcionando durante mucho tiempo y que han sido mejoradas por muchos diseñadores, alcanzan un nivel tal de "perfección" que es difícilmente mejorarlas más. Un ejemplo es la bicicleta ordinaria, aunque los inventores siguen intentado mejorar esta máquina, el diseño básico ha quedado bastante estático, después de más de un siglo de perfeccionamiento.

En el diseño de máquinas, los primeros pasos del diseño, por lo general, implican la síntesis de tipo de configuraciones cinemáticas adecuadas que proporcionen los movimientos necesarios. La síntesis de tipo incluye la elección de tipo más adecuado del problema. Esta es una tarea difícil para el estudiante, ya que requiere de experiencia y conocimiento de los diversos tipos de mecanismos existentes que serían factibles desde un punto de vista de desempeño y manufactura.

Por lo antes expuestos, en el siguiente capítulo hablaremos y mostraremos los cálculos correspondientes del rediseño propuesto, para fundamentar la nueva máquina y dar un costo aproximado de ésta. Por lo tanto, iniciaremos el análisis correspondiente, empleando una secuencia lógica, con el fin de que el diseño sea entendido por cualquier persona que lea este diseño. Los temas aquí analizados son:

- ❖ Mecanismos de transmisión de potencia
- ❖ Poleas
- ❖ Bandas
- ❖ Cadenas
- ❖ Catarinas
- ❖ Engranés
- ❖ Cojinetes
- ❖ Resortes
- ❖ Motores
- ❖ Moto-reductores
- ❖ Tipos de aceros
- ❖ Alambrón
- ❖ Estribos para construcción

Cabe mencionar que para nuestro diseño se han separado en dos partes los cálculos realizados:

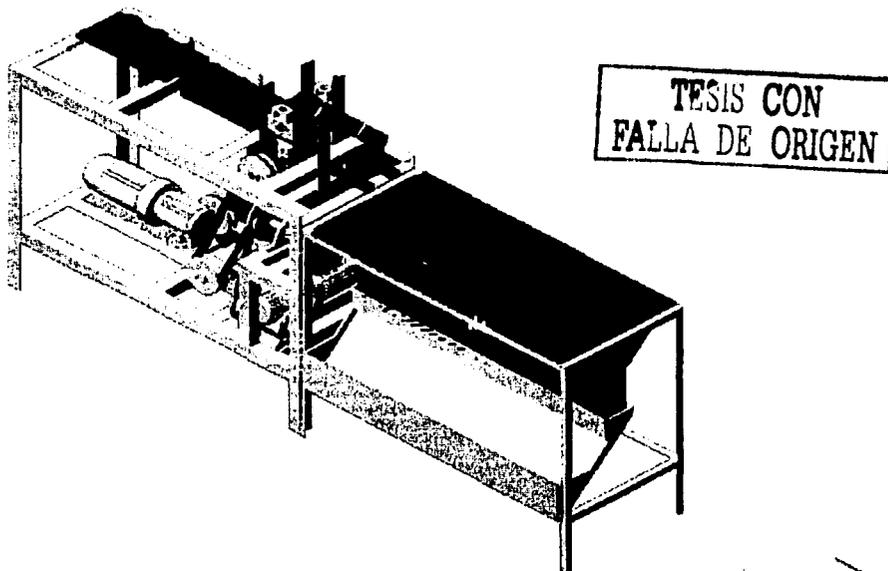
- a) Elementos para el sistema de arrastre.
- b) Elementos para el sistema de corte.

3.1 Memoria de cálculo

a) Sistema de arrastre

Como ya se expuso en el primer capítulo, existen tres formas básicas de transmitir movimiento a una máquina, ya sea por poleas y bandas, por cadenas y ruedas dentadas o bien por engranajes. Por lo sencillo del sistema, se ha considerado un mecanismo de poleas y bandas, las cuales acopladas a un moto-reductor darán movimiento a los rodillos de arrastre que darán el enderezado y el avance del material (el alambión).

En la figura 3-1 se muestran los elementos que componen la máquina de enderezado y corte de alambión.



Para controlar las distancias de corte del material se utilizará un sensor de movimiento, este sensor permitirá tener un control exacto de arranques y de paros, tanto en el arrastre como en el corte, dando a la máquina mayor exactitud en el producto.

Se ha considerado un motor de c.a. acoplado a un reductor de velocidad para mejorar las condiciones de salida del material. Para determinar la velocidad del moto-reductor es necesario conocer:

1. Las distancias requeridas del material.
2. El diámetro de los rodillos de arrastre.
3. El tiempo requerido para el avance del material.

1.- Distancias del material.

Debemos recordar que en el capítulo II, analizamos cuales son los estribos más comerciales a la venta en las casas de materiales para construcción, de ahí tenemos que las distancias requeridas para la operación de nuestra máquina son: 58, 68, 78, 88 y 98 cm, respectivamente, para la fabricación de los estribos.

2.- Diámetro de los rodillos.

En nuestra máquina se tiene planeado la utilización de baleros con caja bridada (chumaceras) como soporte de los ejes que tienen acuñados a los rodillos de arrastre. Independientemente del diámetro interior del balero, estas chumaceras tienen una distancia entre centros de 0.1397m ($5\frac{1}{2}$ in); Debido a esta distancia entre centros de los soportes los rodillos no pueden tener un diámetro menor a 0.1397 m ($5\frac{1}{2}$ in); por lo tanto, se propone que los dos rodillos tengan como mínimo un diámetro de 0.1524 m (6 in).

3.- Tiempo de avance del material.

Para determinar el tiempo de avance del material es necesario tener una distancia x , y una velocidad lineal, la cual se puede obtener de las rpm del moto-reductor, pero en nuestro caso, aún no tenemos esta velocidad, por lo cual proponemos que sea de 37 rpm, ya que de manera comercial existen moto-reductores de 1750rpm con una relación de velocidad de 47-1 dando como resultado 37 rpm en su eje de salida. En este caso se debe de convertir la velocidad angular (rpm) en velocidad lineal (rad/seg).

Esta velocidad se aplicará para la obtención del tiempo necesario que el material tardara para ser enderezado y cortado posteriormente.

$$\begin{aligned} V &= \gamma (\omega) \\ &= 7.5 \times 10^{-2} \text{ m } (3.87 \text{ rad/seg}) \\ &= 0.29 \text{ m/seg} \end{aligned}$$

Donde: V es la velocidad lineal
 ω es la velocidad angular
 γ es el radio del rodillo de arrastre.

Para una distancia $d_1 = 0.58$ m tenemos: $T_1 = \frac{d}{v} \cong \frac{0.58 \text{ m}}{0.29 \text{ m/seg}} = 2 \text{ seg}$

Para una distancia $d_2 = 0.68$ m tenemos: $T_2 = 2.34 \text{ seg}$

Para una distancia $d_3 = 0.78$ m tenemos: $T_3 = 2.68 \text{ seg}$

Para una distancia $d_4 = 0.88$ m tenemos: $T_4 = 3.03 \text{ seg}$

Para una distancia $d_5 = 0.98$ m tenemos: $T_5 = 3.37 \text{ seg}$

3.1.1. Cálculo del moto-reductor para el sistema de arrastre

De acuerdo con la investigación realizada en el capítulo 1, sobre motores y moto-reductores, tenemos que se necesita una unidad motriz para mover el carrete que soporta el material con el que se alimenta la máquina, el cual soporta una carga de 200 kgf de peso útil, el mismo carrete pesa 80kgf aproximadamente, las distancias a recorrer es de 0.58 m en un tiempo de 2 seg como mínimo y de 0.98 m en un tiempo de 3.37 seg como máximo.

Como primer paso debemos de obtener la potencia a plena carga utilizando la siguiente ecuación:

$$T = F \times D$$

Trabajo = Fuerza x Distancia

$$T_1 = (280 \text{ kgf}) (0.58 \text{ m}) = 162.4 \text{ kgf m}$$

$$T_2 = (280 \text{ kgf}) (0.98 \text{ m}) = 274.4 \text{ kgf m}$$

$$P = \frac{T}{t}$$

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{tiempo}}$$

$$P_1 = \frac{162.4 \text{ kg}_f \text{ m}}{2 \text{ seg}} = 81.2 \frac{\text{kg}_f \text{ m}}{\text{seg}}$$

$$P_2 = 81.42 \frac{\text{kg}_f \text{ m}}{\text{seg}}$$

$$\text{Potencia en HP}_1 = \frac{81.2}{76} = 1.067 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia en HP}_2 = \frac{81.42}{76} = 1.069 \text{ HP}$$

Después de realizar los cálculos para las diferentes distancias propuestas podemos observar que tanto para la distancia d_1 como para d_2 , se necesita la misma potencia, por lo tanto, en nuestros siguientes cálculos usaremos solo una de las distancias.

Como segundo paso debe obtenerse la velocidad del moto-reductor tomando en cuenta que la velocidad nominal de un motor es de 1750 rpm, la distancia $d_1 = 0.58\text{m}$, el tiempo es de 2 seg. El diámetro es de 6 in (0.15m) recordando que no puede ser menor por la distancia entre centros de los soportes, por lo que, el brazo es igual al $\frac{\text{diámetro}}{2}$. Con estos datos utilizaremos las siguientes ecuaciones.

$$\text{Potencia en HP} = \frac{(\text{Par torcional})(\text{rpm})}{726}$$

$$\begin{aligned} \text{Donde : Par Torc.} &= B \times f \\ &= \text{Brazo} \times \text{fuerza} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Par torc.} &= 0.075\text{m} (280 \text{ Kg}_f) \\ &= 21 \text{ Kg}_f \text{ m} \end{aligned}$$

$$\# \text{ de vueltas} = \frac{d}{(\pi)(D)} \cong \frac{0.58\text{m}}{\pi(0.15\text{m})} = 1.25 \text{ vueltas}$$

$$\frac{\# \text{ devueltas}}{\text{tiempo}} = \frac{1.23}{2 \text{ seg}} = 0.6154 \text{ rps (revoluciones por segundo)}$$

$$\text{rpm} = 0.6154 \times 60 = 36.92 \text{ rpm}$$

Teniendo todo estos resultado podemos recalcular lo potencia

$$\text{Potencia en Hp} = \frac{(21)(36.92)}{726} = 1.068 \text{ Hp}$$

Con esto, comprobamos nuevamente que la potencia es la misma, y podemos así obtener la relación de velocidad dada por la siguiente expresión: $\frac{rpm_1}{rpm_2}$

donde : rpm₁ es la velocidad de entrada nominal del motor

rpm₂ es la velocidad de salida del moto-reductor

$$\frac{1750}{36.92} = 47.40$$

La relación de par torcional es:

$$\text{Par} = \frac{\text{Partorcional}_1}{\text{Partorcional}_2}$$

Donde: Par torcional₁ = par de entrada

Par torcional₂ = par de salida

En este caso tenemos calculada la potencia en 1.068 Hp y el par torcional correspondiente a la entrada con 1750 rpm es:

$$\text{Par torcional}_1 = \frac{(1.068)(726)}{1750} = 0.443 \text{ kg}_f \text{ m}$$

$$\text{Par torcional}_2 = 21 \text{ kg}_f \text{ m}$$

Con estos valores obtenemos la relación de par:

$$\text{Relación de par} = \frac{0.443}{21} = \frac{1}{47.40}$$

Con esto concluimos que el par de torsión es *inversamente proporcional a la velocidad* para la misma potencia.

3.1.2. Selección de las poleas de arrastre

Las poleas requeridas para el arrastre deben ser de 0.1524 m (6 in) de diámetro para garantizar una relación de velocidad de 1:1 desde el eje de salida del moto-reductor, pasando por el eje conducido, hasta llegar al eje que mueve al rodillo de arrastre.

Las poleas deben ser de aluminio, tipo acanaladas (en V), con un cuñero de ¼ de in. El diámetro interior dependerá del diámetro exterior del eje conducido.

3.1.3. Cálculo y selección de las bandas

Para elegir el tipo de banda se tiene que recordar que se utilizará un moto-reductor de 1HP con 1750rpm de entrada, y 37 rpm de salida; que se utilizara para impulsar los rodillos de arrastre, la maquina esta propuesta para que trabaje 16 hrs al día aproximadamente. Las distancias entre centros es del moto-reductor al eje conducido es de 0.30m y la distancia entre centros del eje conducido al eje del rodillo es de 0.60m.

Debemos elegir en la tabla 1-5 un factor de servicio de sobre carga de 1.3, correspondiente a una sobre carga del 50%.

De la tabla 1-1 se escoge una banda de sección B, tomando como referencia el diámetro de las poleas.

Como la máquina va a funcionar 16 hrs o más al día se tiene que agregar un factor de servicio de 0.1, quedando la potencia de diseño de la banda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{HP(de diseño)} &= 1 \text{ (1.4)} \\ &= 1.4 \end{aligned}$$

Para mantener la velocidad desde el motor hasta los rodillos, debemos recordar que utilizaremos poleas de 0.1524 m (6 in) de diámetro.

Para obtener los ángulos de contacto para distancia entre centros de 0.30m (12in) se tiene:

$$\theta_s = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D-d}{2c} \quad \text{Donde: } D = \text{diámetro de la polea conductora}$$

$$= \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{6-6}{2(12)} \quad d = \text{diámetro de la polea conducida}$$

$$= \pi \cong 3.1416 \text{ rad} \quad c = \text{distancia entre centros}$$

$$\theta_L = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D-d}{2c}$$

$$= \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{6-6}{2(12)}$$

$$= \pi \cong 3.1416 \text{ rad}$$

La longitud de la banda es:

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_L + d\theta_s)$$

$$L = \sqrt{4(12)^2 - (6-6)^2} + \frac{1}{2}[(6)(3.1416) + (6)(3.1416)]$$

$$L = 42.84 \text{ in}$$

Se selecciona el tamaño más próximo que es B42. En la tabla 1-2 se ve que una banda B42 tiene una longitud de paso de 43.8 in. Debido a que los ángulos de contacto son iguales para una distancia entre centros de 0.30m que para 0.60m, la longitud de banda para conectar el eje impulsor con el eje de arrastre es:

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_L + d\theta_s)$$

$$L = \sqrt{4(23)^2 - (6-6)^2} + \frac{1}{2}[(6)(3.1416) + (6)(3.1416)]$$

$$L = 64.85 \text{ in}$$

Como conclusión, se tiene que emplear una banda trapezoidal de tipo B42 para transmitir el movimiento del eje del motor al eje conducido y una banda trapezoidal B65 para transmitir movimiento del eje motriz al eje de arrastre.

3.1.4. Cálculo y selección de los ejes de transmisión.

El diseño de eje consiste básicamente en la determinación del diámetro correcto del eje, para asegurar su rigidez y resistencia satisfactoriamente cuando el eje transmite potencia en diferentes condiciones de carga y operación.

Para la máquina se utilizarán tres ejes que se nombrarán de la siguiente manera: a) eje conducido, b) eje de arrastre y c) eje libre.

- a) En nuestro caso, se necesita un eje de acero de diámetro uniforme al bajo carbón 1018, lado en frío, con una distancia entre cojinetes de 0.20m, carga con una polea en V de 6 in de diámetro con un peso de 0.959Kg en su punto medio, la cual esta acuñaada al eje; recibe 1HP y 37 rpm, la cual transmite el movimiento a otra polea del mismo diámetro y el mismo peso, la cual también está acuñaada, ésta se encuentra colocada justamente afuera de la chumacera derecha, la cual a su vez, conduce a otra polea con banda en V.

Debemos tomar en cuenta que el eje es macizo, en rotación con cargas repentinas (choque menor), por lo que, $K_b=1$ y $K_t=1$, y que el código ASME especifica que para ejes macizos y de acero comercial, el esfuerzo permisible es de 6000 psi.

La ecuación del código ASME para un eje macizo combina torsión, flexión y carga axial aplicando la ecuación del esfuerzo cortante máximo, la cual se reduce a

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_s} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2}$$

Donde: M_t = Momento torcional, Nm

M_b = Momento de flexión, Nm

S_s = Esfuerzo permisible, N/m²

K_b = Factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento flector

K_t = Factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento de torsión

Por lo anterior el momento de torsión que actúa sobre el eje se determina:

$$M_t = \frac{63000 \times Hp}{rpm} \text{ lb.in}$$

$$M_t = \frac{63000 \times Hp}{rpm} \text{ lb.in}$$

$$M_t = 192.36 \text{ Nm}$$

Después de obtener el diagrama resultante de momentos verticales y momentos horizontales, el momento de flexión máximo es de 75.174 Nm. Por lo tanto:

$$d^3 = \frac{16}{\pi(41.37 \times 10^6)} \sqrt{(1 \times 75.174)^2 + (1 \times 192.36)^2}$$

$$d^3 = 2.54 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$d = 2.81 \times 10^{-2} \text{ m} \left(1 \frac{1}{8} \text{ in}\right)$$

b) Este eje será utilizado para transmitir el movimiento proporcionado por el eje conducido, se utilizara el mismo criterio y el mismo procedimiento que en el calculo para el eje conducido, teniendo los siguientes datos:

Se utilizara un acero de bajo carbono, de diámetro uniforme, rolado en frío, con una distancia entre cojinetes de 0.15 m, carga una polea acuñaada la cual se encuentra justamente a un lado de la chumacera derecha, esta recibe movimiento por medio de una banda la cual transmite un momento torcional de 96.19 Nm, también carga un rodillo acuñaado en su parte central.

$$d^3 = \frac{16}{\pi(41.37 \times 10^6)} \sqrt{(1 \times 78.77)^2 + (1 \times 96.18)^2}$$

$$d^3 = 1.53 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$d = 2.48 \times 10^{-2} \text{ m} (1 \text{ in})$$

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

c) Para este eje tenemos solamente esfuerzos de flexión M_b por lo que lo calcularemos mediante el siguiente análisis: $S_x(\text{permisible}) = 41.37 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$

Pero el esfuerzo permisible puede ser calculado por la siguiente ecuación:

$$S_x(\text{permisible}) = \frac{32M_b}{\pi d^3}$$

de lo anterior y despejando d^3 tenemos:

$$d^3 = \frac{32(2.46Nm)}{\pi(41.37 \times 10^6)} \cong 6.05 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$d = 8.46 \times 10^{-3} \text{ m} \left(\frac{3}{8} \text{ in} \right)$$

3.1.5. Cálculo de los rodillos

para cumplir con el proceso de enderezado del alambón en la máquina, se tienen que utilizar dos tipos de rodillos: a) los rodillos de enderezado y b) los rodillos de arrastre.

a) Rodillos de enderezado. Estos rodillos cumplirán con la tarea de enderezar al alambón en dos direcciones, en forma horizontal y en forma vertical, por lo simple del diseño, se propone que todos los rodillos utilizados en esta parte tengan las mismas dimensiones, tanto en los diámetros externos, como en los internos así como un mismo espesor. Con lo anterior las características de los rodillos serán:

$$a = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$a_1 = \frac{\pi(12)^2}{4} = 113.1 \text{ cm}^2$$

$$a_2 = \frac{\pi(4.7)^2}{4} = 17.34 \text{ cm}^2$$

$$v = ah$$

$$v_1 = 113.1 \text{ cm}^2 \times 1.5 \text{ cm} = 169.65 \text{ cm}^3$$

$$v_2 = 17.34 \text{ cm}^2 \times 1.5 \text{ cm} = 26.02 \text{ cm}^3$$

$$v_t = v_1 - v_2$$

$$= 169.65 \text{ cm}^3 - 26.02 \text{ cm}^3 = 143.64 \text{ cm}^3$$

$$= 0.000144 \text{ m}^3$$

$$\gamma = \frac{w}{v}$$

γ = peso específico del acero

De tablas
$$\gamma = 7.87 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 77126 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

$$Pe = \frac{w}{v}$$

$$w = Pev$$

$$= (77126 \frac{\text{N}}{\text{m}^3})(0.000144 \text{ m}^3) = 11.08 \text{ N}$$

$$w = mg$$

$$m = \frac{w}{g}$$

$$m = \frac{11.08 \text{ N}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} = 1.13 \text{ kg}$$

- b) Rodillos de arrastre. Son una de las piezas más importantes de la máquina, porque cumplen con dos funciones básicas, enderezar y dar el avance al material. La máquina sola necesita de dos rodillos de este tipo, los cuales deben tener las mismas características; debemos recordar que el diámetro exterior debe de ser igual a 0.1524 m (6 in), por razones explicadas anteriormente en este capítulo. El espesor del rodillo es de 0.06 m, para el diámetro interior se propone tentativamente que sea de 0.0254 m (1 in), ya que así podremos obtener el peso total de cada uno de los rodillos, posteriormente este valor servirá para calcular al eje adecuado para esta parte y cada rodillo tiene un cuñero de 0.00635 m (1/4 in).

$$a = \frac{\pi D^2}{4} \quad a_1 = \frac{\pi(2.54)^2}{4} = 5.07 \text{cm}^2$$

$$a_2 = \frac{\pi(4.54)^2}{4} = 16.19 \text{cm}^2$$

$$a_3 = \frac{\pi(15)^2}{4} = 176.7 \text{cm}^2$$

$$v = ah$$

$$v_1 = 5.07 \text{cm}^2 \times 7.5 \text{cm} = 38.03 \text{cm}^3$$

$$v_2 = 16.19 \text{cm}^2 \times 7.5 \text{cm} = 121.43 \text{cm}^3$$

$$v_3 = 176.7 \text{cm}^2 \times 6 \text{cm} = 1060.32 \text{cm}^3$$

$$v_{11} = v_2 - v_1$$

$$= 121.43 \text{cm}^3 - 38.03 \text{cm}^3 = 83.4 \text{cm}^3$$

$$v_i = v_3 + v_{11}$$

$$= 1060.32 \text{cm}^3 - 83.4 \text{cm}^3 = 1143.72 \text{cm}^3$$

$$= 1.14372 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

$$\gamma = \frac{w}{v} \quad \gamma = \text{peso específico del acero}$$

$$\text{De tablas} \quad \gamma = 7.87 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 77126 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

$$Pe = \frac{w}{v}$$

$$w = Pev$$

$$= (77126 \frac{\text{N}}{\text{m}^3})(1.14372 \times 10^{-3} \text{m}^3) = 88.21 \text{N}$$

$$w = mg$$

$$m = \frac{w}{g}$$

$$m = \frac{88.21 \text{N}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} = 8.99 \text{kg} \cong 9 \text{kg}$$

Después de hacer un análisis del trabajo a realizar por estos rodillos se determinó que serán fabricados en acero 1045 templados en aceite.

3.1.6. Cálculo y selección del resorte.

Los resortes se diseñan para dar una fuerza de empujar, tirar o torcer, ó para almacenar energía. por lo general el diseñador recurre a resortes comerciales por ser más económicos y porque puede ser remplazado fácilmente.

En nuestro caso necesitamos un resorte que nos dé una fuerza de empuje para garantizar el enderezado del material. Se ha escogido un resorte helicoidal de compresión de diámetro de espiras constante, de paso constante y de alambre redondo, porque es el más común aunque existen otras configuraciones de resortes helicoidales a compresión.

Por lo tanto debemos diseñar un resorte helicoidal a compresión que cumpla con nuestras necesidades, una vez obtenidos los resultados correspondientes consultaremos a los proveedores para adquirir el más comercial.

Para nuestro diseño el resorte debe de dar una fuerza mínima de 326N y una fuerza máxima de 500N con una deflexión dinámica de 0.0254m 1.0 in utilizando un alambre de piano (ASTM A228) dado que las cargas son dinámicas. Se aplicara un granallado para obtener una resistencia mas elevada a la fatiga.

El primer calculo es para conocer el diámetro del alambre que requiere el resorte con la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{48F_i}{\pi S_s}}$$

Donde $F_i=326N$

$$S_s=500 \frac{N}{mm^2} \quad \text{De tablas}$$

$$\text{Por lo anterior tenemos: } d = \sqrt{\frac{48(326N)}{\pi \left(500 \frac{N}{mm^2}\right)}} = 3.15mm$$

Después de calcular el diámetro del alambre el valor se aproxima al diámetro comercial disponible, que para este caso es de 3.5mm y se propone un índice (C) de resorte igual a 6, ya que en el rango preferido es de 4-12, por que si $C < 4$, el resorte es difícil de fabricar, y si $C > 12$, esta propenso a pandearse, teniendo estos valores se calcula el diámetro medio (D) de la espira, de la siguiente manera:

$$D = 6(0.0035m) \cong 0.021m$$

La tasa del resorte se define a partir de las dos fuerzas especificadas en la deflexión relativa, con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{F_f - F_i}{Y} \cong \frac{500N - 326N}{0.0254m} = 6850.4 \frac{N}{m}$$

Para obtener el número de espiras activas debe de satisfacer la siguiente ecuación:

$$N_a = \frac{d^4 G}{8D^3 K} \quad \text{donde } G = 79289708871.4 \frac{N}{m^2} \quad \text{por lo que:}$$

$$N_a = \frac{(0.0035m)^4 \left(79289708871.4 \frac{N}{m^2} \right)}{8(0.021m)^3 \left(6850.4 \frac{N}{m} \right)} = 23.44$$

este resultado se redondea a $\frac{1}{4}$ de espira más cercano, ya que las tolerancias de los fabricantes no logran mejor precisión que esta, esto hace que la tasa del resorte sea igual a:

$$K = \frac{(0.0035m)^4 \left(79289708871.4 \frac{N}{m^2} \right)}{8(0.021m)^3 (23.5)} = 6834.9 \frac{N}{m}$$

Para encontrar el número total de espiras se propone que este resorte tenga extremos cuadrados y rectificadas por lo que:

$$N_t = N_a + 2 \cong 23.5 + 2 = 25.5 \text{ espiras}$$

teniendo el número total de espiras se determina la altura de cierre:

$$L_s = dN_s \cong 0.0035m(25.5) = 0.0892m$$

La deflexión inicial para alcanzar la más pequeña de las dos cargas especificadas es:

$$\begin{aligned} L_f &= L_s + Y_{golpe} + Y_{trabajo} + Y_{inicial} \\ &= 0.0892m + 0.00381m + 0.0254m + 0.0477m \\ &= 0.166m \end{aligned}$$

Por lo anterior concluimos que el resorte tendrá:

Diámetro del alambre para el resorte	0.0035m
Diámetro interior del resorte	0.0175m
Diámetro exterior del resorte	0.0245m
Longitud total	0.116m
Número total de espiras	25.5

3.1.7. Cálculo y selección de los rodamientos

Después de haber analizado a los rodamientos en el capítulo 1 tenemos que para nuestro caso necesitamos un rodamiento de bolas tipo conrad con una sola hilera, ya que este tipo de rodamientos es capaz de soportar cargas radiales y a la vez de empuje moderadas, además de que son los de uso más común y cuando tienen dimensiones pequeñas y cargas ligeras son menos costosos.

Para nuestro caso, el rodamiento debe soportar una carga radial F_r de 642N y una fuerza axial F_a de 116.6N, en la pista interior se debe montar un perno de 17 mm de diámetro, hay que mencionar que la pista exterior es la que gira y la velocidad del rodillo es de 37 rpm.

Selección :

Una vez seleccionado el tipo de rodamiento adecuado para la aplicación en base a las consideraciones arriba analizadas, la selección de un rodamiento apropiado dependerá de la magnitud de las cargas estáticas y dinámicas aplicadas y de la vida a la fatiga deseada.

Posteriormente se escoge, de tablas, proporcionadas por los fabricantes, un rodamiento #6303, ya que éste cumple con el requisito de tener 17mm de diámetro en su pista interior, el diámetro exterior es de 47 mm con 14 mm de ancho, del cual se obtienen los siguientes datos:

C = Clasificación de carga dinámica

$$= 10320 \text{ N}$$

C_o = Clasificación de carga estática

$$= 6494 \text{ N}$$

$$\text{rpm}_{\text{máx}} = 16000$$

1.- Se calcula la razón $\frac{F_a}{C_o}$

$$\frac{116.6 \text{ N}}{6494 \text{ N}} = 0.0256$$

Este valor se compara en tablas proporcionadas por el proveedor para encontrar el valor correspondiente de $e = 0.22$ para cojinetes de bolas de ranura con contacto radial.

2.- Se forma la razón $\frac{F_a}{VF_r}$ y se compara con el valor de e

Donde $V = 1.2$, debido a que el anillo exterior es el que gira.

$$\frac{F_a}{VF_r} = \frac{116.6}{1.2 \times 642} = 0.15 > e = 0.0256$$

3.- Dado que el valor obtenido en el paso 2 es mayor que e , se necesitan los valores de X y Y de tablas de los fabricantes y se utilizan para calcular la carga equivalente en la siguiente ecuación:

$$\text{Donde: } X = 0.56$$

$$Y = 1.99$$

$$P = XVF_r + YF_a$$

$$= 0.56 \times 1.2 \times 642 + 1.99 \times 116.6$$

$$= 663.45N$$

4.- Después de obtener la carga equivalente, se utiliza para obtener la vida L_{10} del balero, con la siguiente ecuación.

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{10320}{663.45} \right)^3 = 3763.55$$

$$= 4 \times 10^9 \text{ rev}$$

3.1.8. Cálculo y selección del tornillo

En este apartado se calcula y selecciona el tornillo apropiado para la parte de las placas.

Las placas aplican una carga de 980.665N.

La carga nominal para cada uno de los tornillos es de 490.3325N, por lo tanto el factor de seguridad es de 4.

$$\text{Entonces } 4 \times 490.3325N = 1961.33N$$

Para la carga estática de un material dúctil, las concentraciones de esfuerzo son insignificantes y se usa la ecuación simple:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

siendo σ igual a la resistencia de prueba cuando P es igual a la sobrecarga de diseño.

De tablas $\sigma = 227.53MPa$

$$P = 1961.33N$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$227.53MPa = \frac{1961.33}{A} \Rightarrow A_t = \frac{1961.33}{227.53} = 8.62mm^2$$

Se selecciona un tornillo grado 2, un M8x1.25 ($A_t = 36.6 \text{ mm}^2$), con cuerdas roladas se escogió este por que es más comercial al calculado.

La tensión inicial de apriete es:

De tablas. $S_p = 227.53MPa$

$$F_t = 0.9A_s S_p = 0.9(36.6)(227.53) = 7494.8382N$$

La fuerza a la tensión requerida en el tornillo para que ceda toda la sección transversal con rosca es:

De tablas $S_y = 248.21MPa$

$$F = A_s S_y \approx \frac{\pi}{4} (0.9d)^2 S_y = \frac{\pi}{4} (0.9 \times 8)^2 (248.21) = 10105.88N$$

La carga a la tensión requerida en el tornillo para que ceda la superficie de falla al "barrerse" la cuerda entera es:

$$F = \pi d (0.75t) S_y \approx \pi d (0.75t) (0.58 S_y) = \pi (8) (0.75) (3.26) (0.58) (248.21) = 10203.2N$$

Esta corresponde a un par de torsión de apriete estimado de:

$$T = 0.2 F_t d = 0.2 (7.4948) (8) = 11.99 \frac{N}{m}$$

La resistencia al cortante de los tornillos de acero es:

De tablas $S_u = 413.69MPa$

$$S_{us} \approx 0.62 S_u = 0.62 (413.69) = 256.4878MPa$$

El apriete inicial produce un esfuerzo calculado en el fondo de la cuerda de:

El factor de concentración de esfuerzo por fatiga $K_f = 2.2$ para cuerdas roladas.

$$\sigma = \frac{F_t}{A_s} K_f = \frac{7494.8383}{36.6} (2.2) = 450.51MPa$$

b) Sistema de corte

En esta parte de la máquina se analizan los elementos que intervienen en el corte del material. Estos elementos los podemos mencionar como: las cizallas, la biela manivela y el elemento motriz que se encarga de transmitir movimiento a estos mecanismos.

3.1.9. Cálculo de la cizalla

Para realizar esta operación se propone que se realice el corte por la acción de cizalla entre 2 bordes afilados, está acción esta dada por una cuchilla fija y una móvil.

Para que las cuchillas lleven a cabo su efecto de corte, debe de existir un juego entre ambas, para que se favorezca el fenómeno de ruptura. Este juego se le conoce como un claro (c), el cual se determina de la siguiente manera:

$$c=ae$$

Donde:

c=claro, en mm (in)

a=tolerancia (tabla 3.1)

e=espesor del material, mm (in)

La tolerancia se determina de acuerdo con el tipo de material. Los metales se clasifican por conveniencia en 3 grupos, dados en la tabla 3.1, con un valor de (a) asociado a cada grupo.

Tabla 3.1 Valor de las tolerancias para los tres grupos de láminas metálicas.

Grupo metálico	A
Aleaciones de aluminio, todos los temple 11005 y 50525	0.045
Aleaciones de aluminio 2024ST y 6061ST; latón, todos los temple; acero suave laminado en frío; acero inoxidable frío	0.060
Acero laminado en frío, dureza media; acero inoxidable, dureza media y alta	0.075

Por lo anterior tenemos que:

$$c=ae$$

$$c=(0.075)(6\text{mm})$$

$$c=0.45\text{mm}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para cizallas tipo guillotina, la posición de la cuchilla móvil con respecto a la cuchilla fija, forma un ángulo α con objeto de disminuir los esfuerzos de cizallado.

Este ángulo de inclinación α es generalmente de:

De 2 a 6°, para cuchillas largas.

De 15 a 20°, para cuchillas cortas.

Una vez determinado el claro y determinando si las cuchillas son cortas o largas, podemos obtener la fuerza de corte, la cual se determina por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{e^2 K_s}{2 \tan \alpha}$$

Donde: F= fuerza de corte, en kgf

e= espesor del material, en mm

K_s= resistencia al corte del material, en kgf/mm²

Material	Unidades	
	kg/mm ²	kg/mm ²
Acero con contenido de carbono	Bajo Carbono	Medio Carbono
0.1 %	34	32
0.2 %	30	40
0.3 %	36	48
0.4 %	45	56
0.6 %	55	72
0.8 % Endurecido	70	90
0.15% Endurecido	80	105

Por lo que la fuerza de corte es:

$$F = \frac{(6\text{mm})^2 \left(36 \frac{\text{kg}_f}{\text{mm}^2} \right)}{2 \tan(20^\circ)}$$

$$F = 1781 \text{kg}_f$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.1.10 Cálculo de la biela-manivela

Para determinar la distancia total (S), que tiene que recorrer la biela, utilizaremos el mismo ángulo que usamos en el cálculo para encontrar la fuerza de corte. Además, usaremos la longitud del brazo de palanca que corta al material, el cual es de 0.35m.

De lo anterior tenemos la distancia S que es el producto del radio, el angulo central α (radianes); por lo tanto:

$$S = L\alpha$$

$$S = (0.35\text{m})(0.35\text{rad})$$

$$S = 0.1225\text{m} = 12.25\text{cm}$$

Con este valor se determina el radio necesario de la manivela, el cual es igual a:

$$S = r\alpha \therefore r = \frac{S}{\alpha}$$

$$r = \frac{12.25m}{3.1416}$$

$$r = 0.039m \Rightarrow 3.9cm$$

$$D = 7.9 \text{ cm}$$

Debido a la distancia entre el brazo de palanca y la manivela, la longitud de la biela es de 0.50m

3.1.1.1 Cálculo del moto reductor para el sistema de corte.

Después de haber obtenido la fuerza F necesaria para realizar el corte del material en la parte 3.1.1. Se calcula la potencia necesaria que necesita la unidad motriz para realizar el proceso de corte.

Se utilizara el mismo criterio y procedimiento utilizado en el calculo del moto-reductor para el sistema de arrastre. Con lo anterior se obtiene el trabajo a desarrollar:

$$T = FD$$

Donde: T=Trabajo

F=Fuerza

D=Distancia

$$T = (1781 \text{ kgf})(0.1225 \text{ m})$$

$$T = 218 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Con esto se obtiene la potencia del motor:

$$P = \frac{T}{t}$$

Donde: P = potencia

T = trabajo

$$t = \text{tiempo}$$

$$P = \frac{218 \text{ kg}_f \cdot \text{m}}{3 \text{ seg}}$$

$$P = 72.66 \frac{\text{kg}_f \cdot \text{m}}{\text{seg}}$$

La potencia en Hp es:

$$Hp = \frac{P}{76}$$

$$Hp = \frac{72.66}{76}$$

$$Hp = 0.95 \cong 1$$

A continuación se obtiene la velocidad del moto-reductor tomando en cuenta que la velocidad nominal es de 1750 rpm, la distancia es de 0.1225 m y el tiempo de 5 seg; el diámetro de la manivela es de 0.078 m por lo que el brazo es igual a $\frac{D}{2}$. Con estos

datos se tiene lo siguiente:

$$\text{Par torcional} = \text{Brazo} \times \text{Fuerza}$$

$$\text{Par torcional} = (0.039 \text{ m})(1781 \text{ kg}_f)$$

$$\text{Par torcional} = 69.46 \text{ kg}_f \cdot \text{m}$$

$$\# \text{ devueltas} = \frac{d}{\pi D}$$

$$= \frac{0.1225 \text{ m}}{\pi(0.078 \text{ m})}$$

$$= 0.499 \cong 0.5 \cong \frac{1}{2} \text{ vuelta}$$

$$\frac{\# \text{ vueltas}}{\text{tiempo}} = \frac{0.5}{3 \text{ seg}} = 0.16 \text{ rps} \cong 10 \text{ rpm}$$

$$\text{potencia en Hp} = \frac{69.46 \times 10}{726} = 0.95 \cong 1$$

Relación de velocidad:

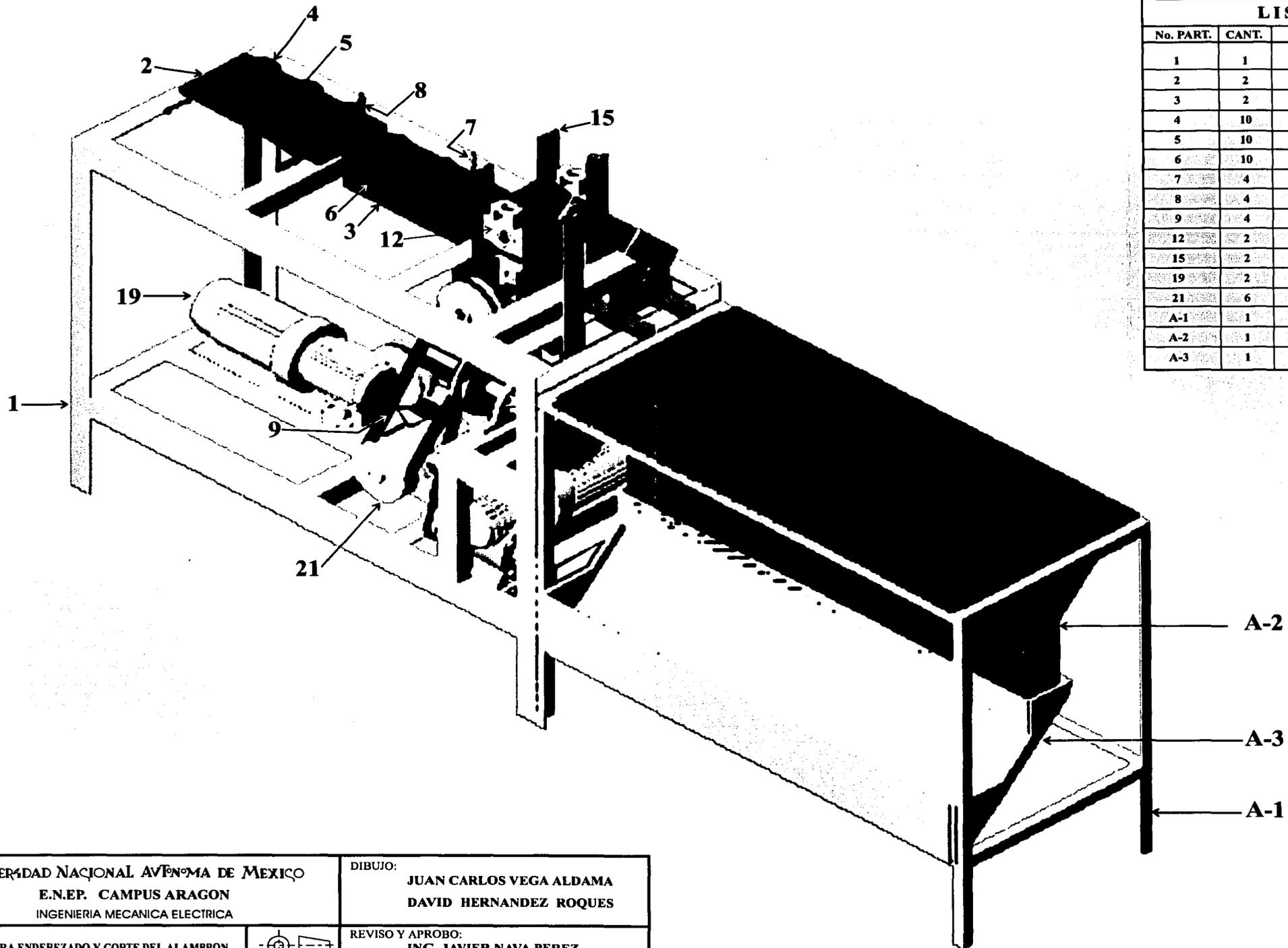
$$Rv = \frac{\text{rpm}_1}{\text{rpm}_2} = \frac{1750}{10} = 175$$

Lo que se escribe 175:1

3.2. Dimensiones y características

En las siguientes páginas mostramos todos los planos del prototipo de la máquina de enderezado y corte de alambros.

En estos planos se hace referencia a todas las dimensiones y especificaciones para el ensamble y la fabricación de las piezas necesarias para el ensamble de la máquina, especificando el material necesario para cada pieza.



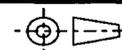
LISTA DE PARTES		
No. PART.	CANT.	DESCRIPCION
1	1	ESTRUCTURA DE LA MAQUINA
2	2	PLACA SUPERIOR
3	2	PLACA INFERIOR
4	10	RODILLO DE ENDEREZADO
5	10	BALERO
6	10	PERNO
7	4	RESORTE
8	4	TORNILLO GUIA
9	4	BANDA
12	2	CHUMACERA TENSORA
15	2	SOPORTES PARA CHUMACERAS
19	2	MOTO-REDUCTOR
21	6	POLEA
A-1	1	ESTRUCTURA DE LA TOLVA
A-2	1	TOLVA
A-3	1	CONTENEDOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

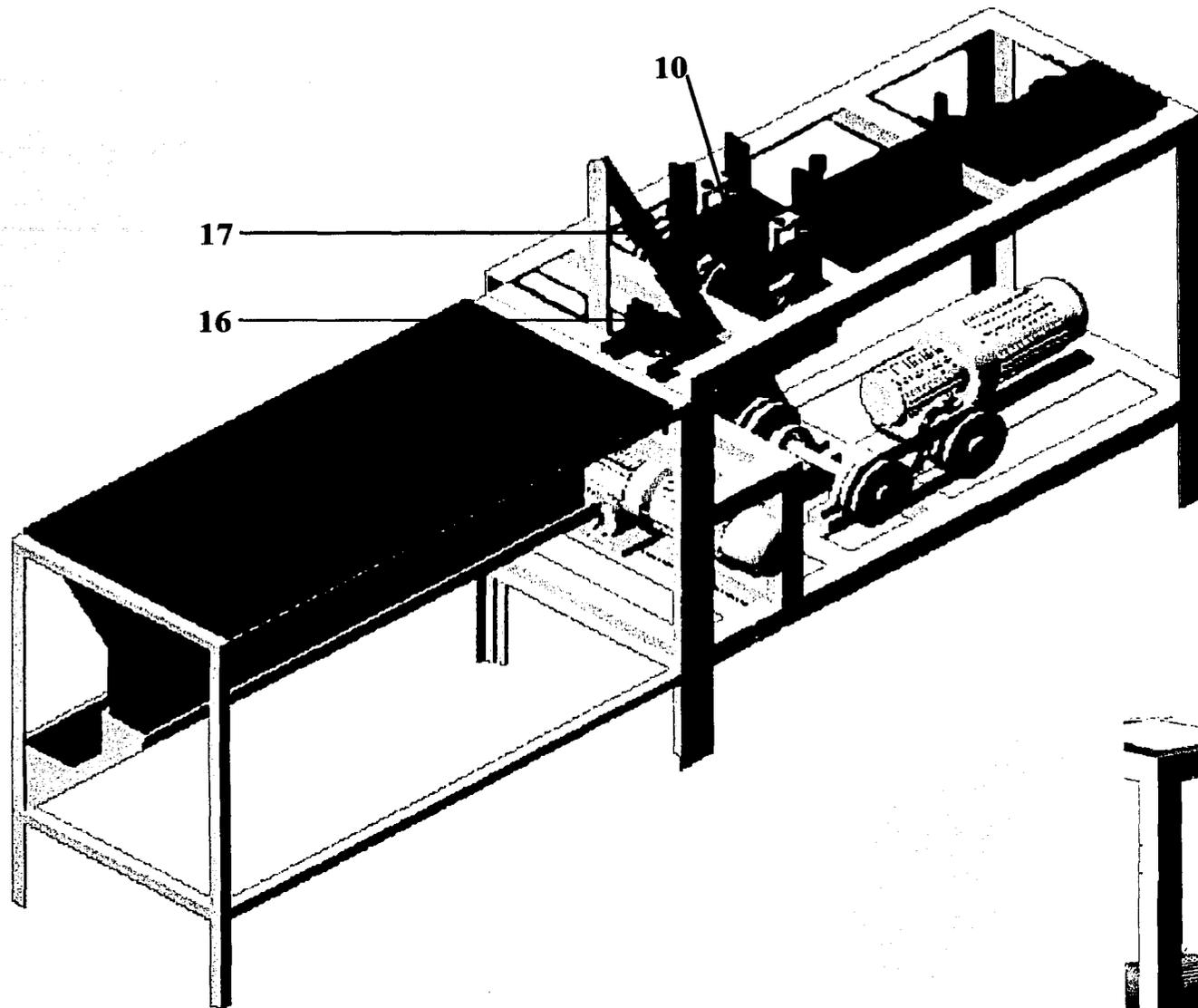
DIBUJO:
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA
DAVID HERNANDEZ ROQUES

TITULO:
MAQUINA PARA ENDEREZADO Y CORTE DEL ALAMBRO

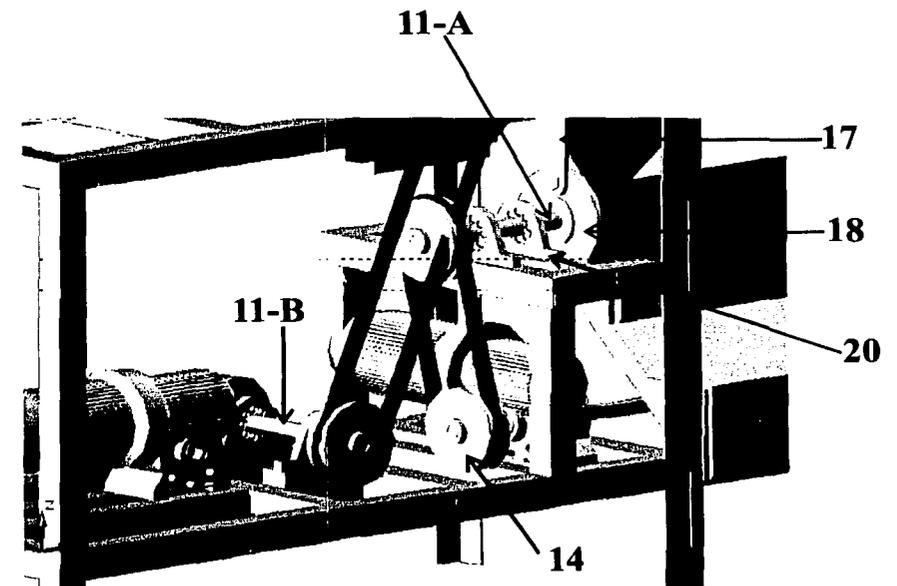


REVISO Y APROBO:
ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:	Nº DE PIEZAS:	ACABADO:	MATERIAL:	ACOT.:	FECHA:
	1	PINTURA ANTICORROSIVA GRIS			JULIO -2002



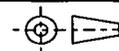
LISTA DE PARTES		
No. PART.	CANT.	DESCRIPCION
10	2	RODILLO DE ARRASTRE
11-A	2	EJE DE TRANSMISION SUPERIOR
11-B	3	EJE DE TRANSMISION INFERIOR
13	2	CHUMACERA DE PARED
16	1	CIZALLA
17	1	BIELA DE TRANSMISION
18	1	MANIVELA
20	4	CHUMACERA DE PISO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.EP. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

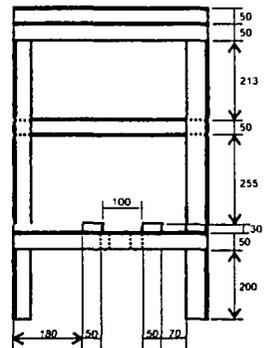
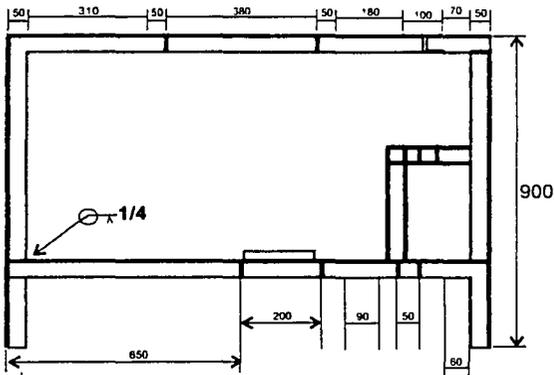
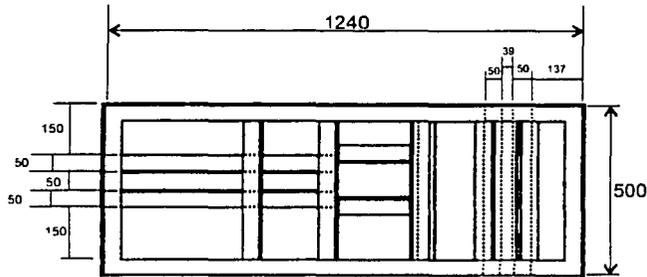
DIBUJO:
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA
DAVID HERNANDEZ ROQUES

TITULO:
MAQUINA PARA ENDEREZADO Y CORTE DEL ALAMBRO



REVISO Y APROBO:
ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:	Nº DE PIEZAS:	ACABADO:	MATERIAL:	ACOT.:	FECHA:
	1	PINTURA ANTICORROSIVA GRIS			JULIO -2002



TODA LA SOLDADURA EN 6013



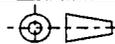
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.EP. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

ESTRUCTURA DE LA MAQUINA



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

1

Nº DE PIEZAS:

1

ACABADO:

PINTURA GRIS
ANTICORROSIVA

MATERIAL:

ANGULO DE 50 X 50
X 3

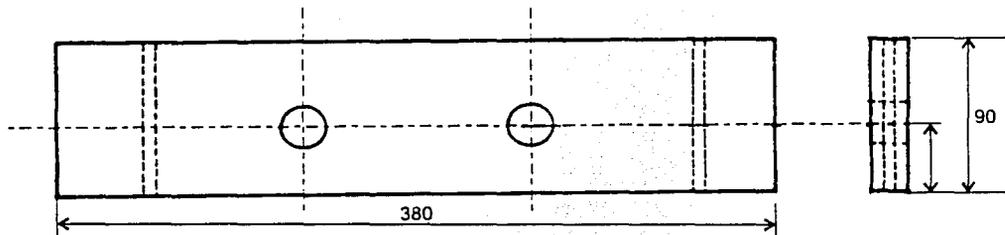
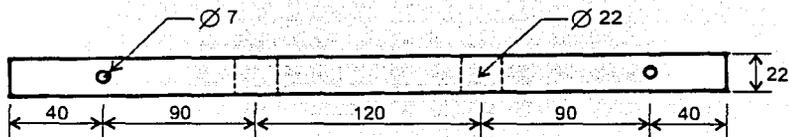
ACOT:

MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002

96



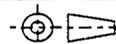
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.EP. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

PLACA SUPERIOR



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

2

Nº DE PIEZAS:

2

ACABADO:

PINTURA
ANTICORROSIVA-GRIS

MATERIAL:

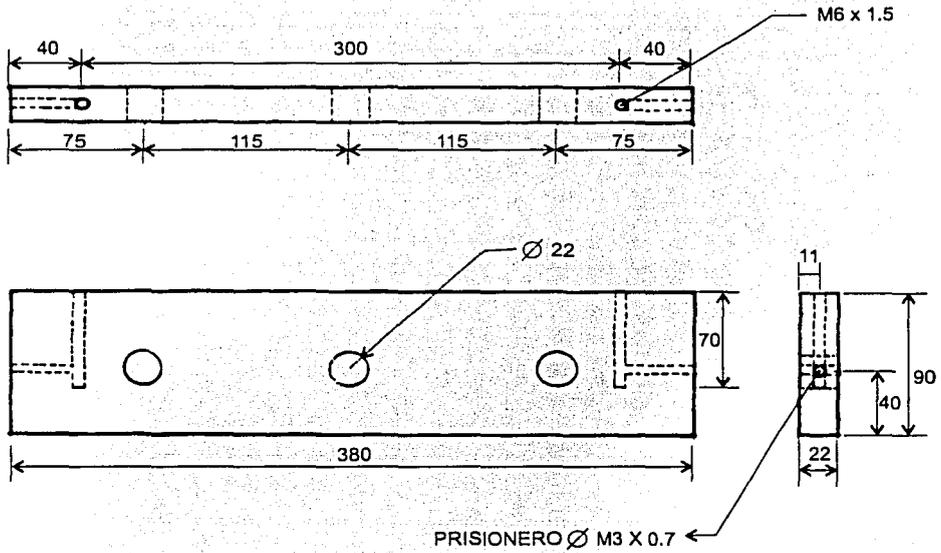
PLACA DE ACERO
1018 - 1020

ACOT.:

MILIMETROS

FECHA:

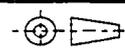
JULIO -2002



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 E.N.EP. CAMPUS ARAGON
 INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

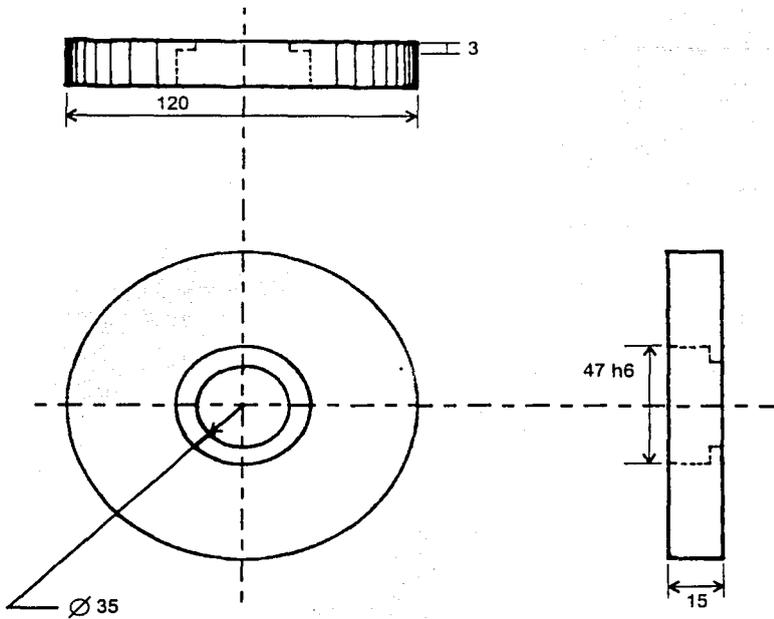
DIBUJO: DAVID HERNANDEZ ROQUES
 JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO: PLACA INFERIOR



REVISO Y APROBO: ING. JAVIER NAVA PEREZ

N° DE PARTE: 3	N° DE PIEZAS: 2	ACABADO: PINTURA ANTICORROSIVA - GRIS	MATERIAL: PLACA DE ACERO 1018 - 1020	ACOT.: MILIMETROS	FECHA: JULIO -2002
-------------------	--------------------	---	--	----------------------	-----------------------



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

RODILLO DE ENDEREZADO



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

4

Nº DE PIEZAS:

10

TRATAMIENTO TERMICO:

TEMPLE Y REVENIDO
40 DRC

MATERIAL:

ACERO AISI 4140

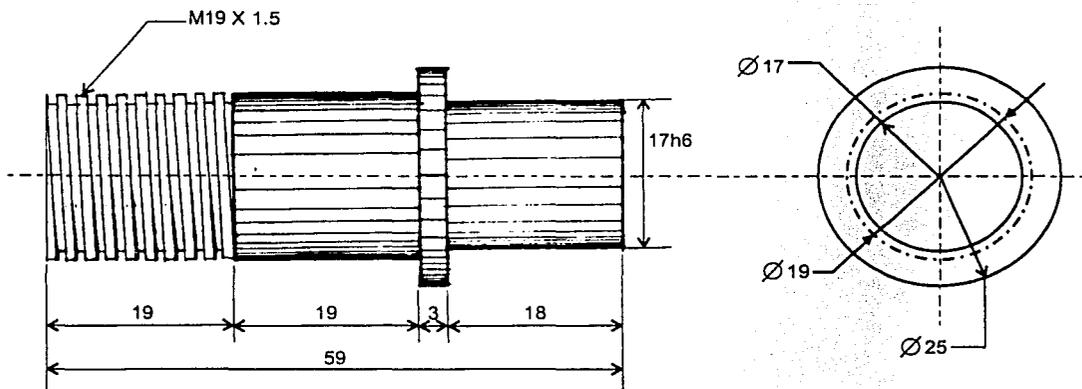
ACOT:

MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002

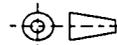
99



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 E.N.EP. CAMPUS ARAGON
 INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:
 DAVID HERNANDEZ ROQUES
 JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:
PERNO PARA BALERO DEL RODILLO



REVISO Y APROBO:
 ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:
 6

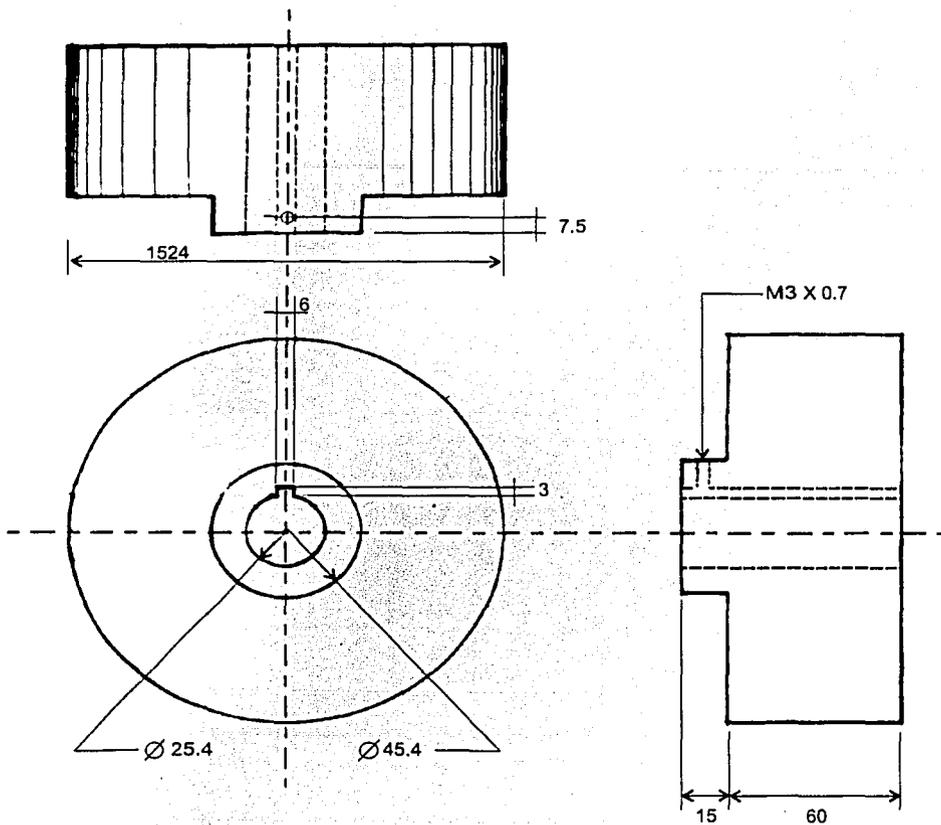
Nº DE PIEZAS:
 10

TRATAMIENTO TERMICO:
**TEMPLE Y REVENIDO
 24-32 DRC**

MATERIAL:
GRADO 5

ACOT.:
MILIMETROS

FECHA:
JULIO -2002



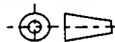
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.EP. CAMPUS ARAGÓN
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNÁNDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TÍTULO:

RODILLO DE ARRASTRE



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PÉREZ

Nº DE PARTE:

10

Nº DE PIEZAS:

2

TRATAMIENTO TÉRMICO
TEMPLE Y REVENIDO
40 DRC

MATERIAL:

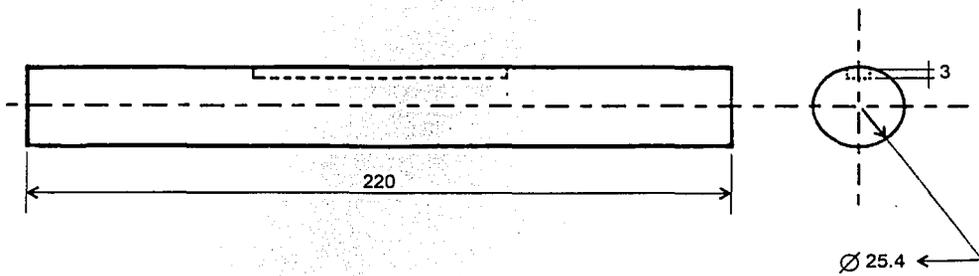
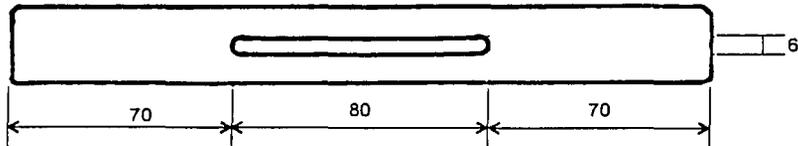
ACERO AISI 4140

ACOT.:

MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
 INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:
DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:
EJE DE TRANSMISION SUPERIOR

REVISO Y APROBO:
ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:
11-A

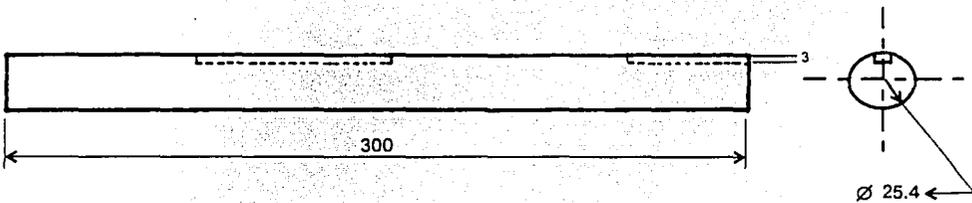
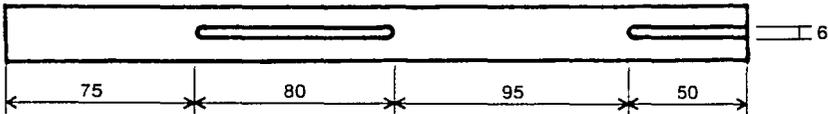
Nº DE PIEZAS:
1

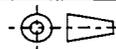
ACABADO:
PULIDO ▼▼

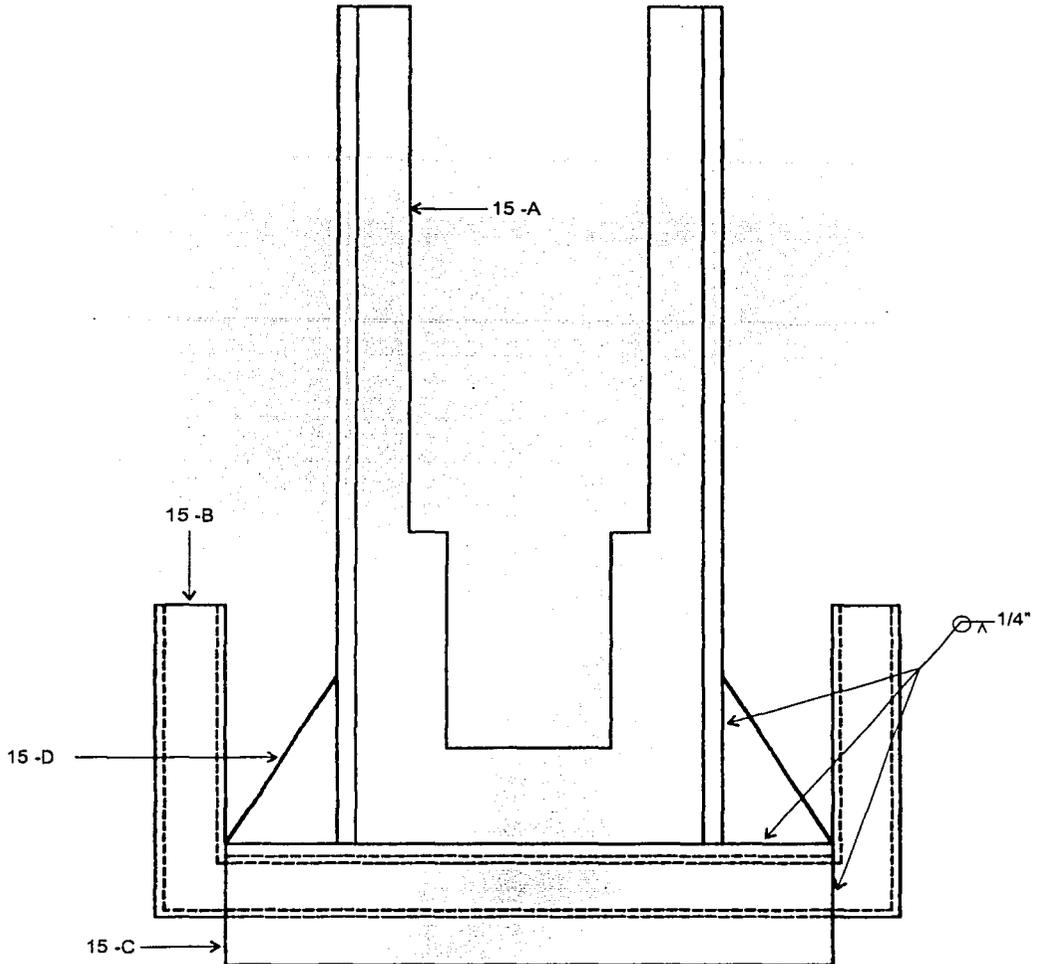
MATERIAL:
ACERO AISI ROLADO EN FRIO 1018

ACOT.:
MILIMETROS

FECHA:
JULIO -2002



 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO E.N.EP. CAMPUS ARAGON INGENIERIA MECANICA ELECTRICA			DIBUJO: DAVID HERNANDEZ ROQUES JUAN CARLOS VEGA ALDAMA		
TITULO: EJE DE TRANSMISION INFERIOR			 REVISO Y APROBO: ING. JAVIER NAVA PEREZ		
N° DE PARTE: 11-B	N° DE PIEZAS: 3	ACABADO: PULIDO 	MATERIAL: ACERO AISI ROLADO EN FRIO 1018	ACOT.: MILIMETROS	FECHA: JULIO -2002



PIEZA	MATERIAL
15-A	PLACA DE ACERO AISI 1018 1020
15-B	PTR 25.4 X 25.4X 3
15-C	ANGULO DE 50 X 50
15-D	ACERO AISI 1018 1020



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.EP. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

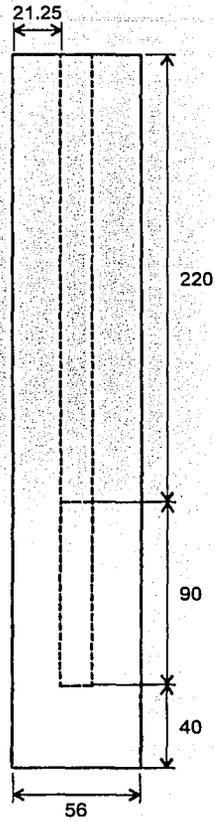
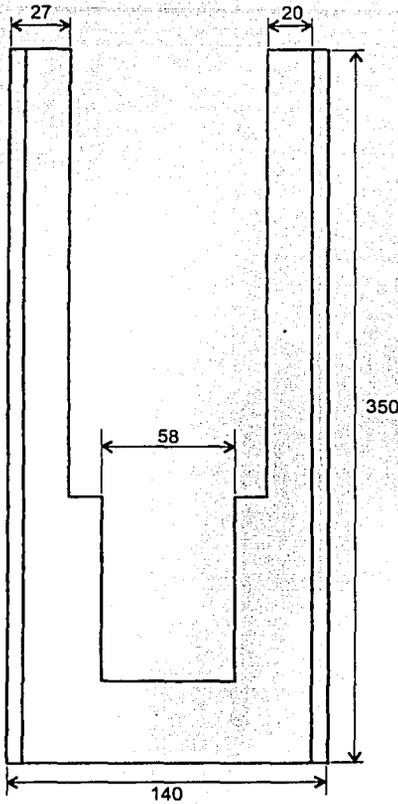
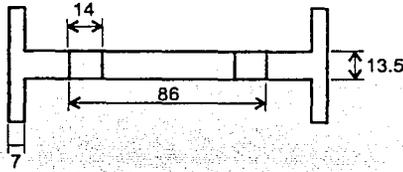
DIBUJO:
DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:
DIBUJO DE CONJUNTO
SOPORTE PARA CHUMACERA



REVISO Y APROBO:
ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE: 15	Nº DE PIEZAS: 2	TRATAMIENTO TERMICO: PINTURA ANTICORROSIVA	MATERIAL:	ACOT: MILIMETROS	FECHA: JULIO -2002
--------------------	--------------------	--	-----------	---------------------	-----------------------



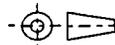
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

SOPORTE PARA CHUMACERAS



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

15 - A

Nº DE PIEZAS:

2

ACABADO:

PINTURA
ANTICORROSIVA

MATERIAL:

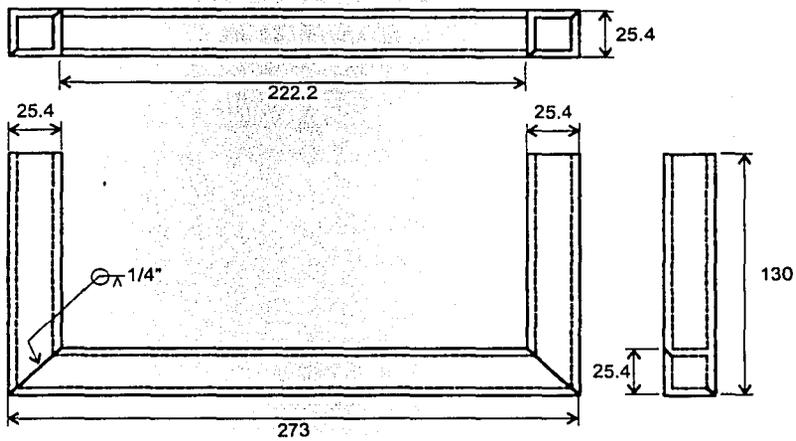
PLACA DE ACERO
AISI 1018 - 1020

ACOT:

MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002



SOLDADURAS 6013



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:
DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

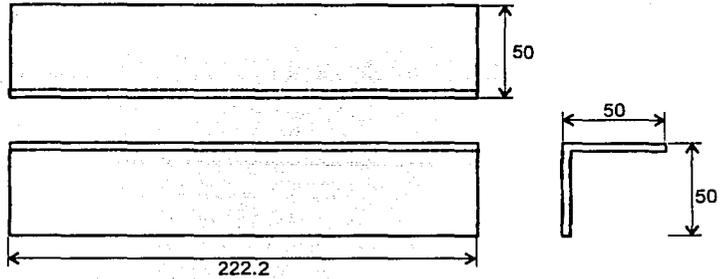
TITULO:
U PARA SOPORTE DE CHUMACERAS



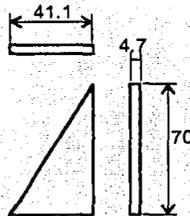
REVISO Y APROBO:
ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE: 15-B	Nº DE PIEZAS: 2	ACABADO: PINTURA ANTICORROSIVA	MATERIAL: PTR 25.4 X 25.4 X3	ACOT.: MILIMETROS	FECHA: JULIO -2002
----------------------	--------------------	--------------------------------------	---------------------------------	----------------------	-----------------------

DIBUJO 15-C



DIBUJO 15-D



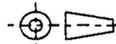
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

SOPORTE DE CHUMACERAS



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

15-C
15-D

Nº DE PIEZAS:

2
2

ACABADO:

PINTURA
ANTICORROSIVA

MATERIAL:

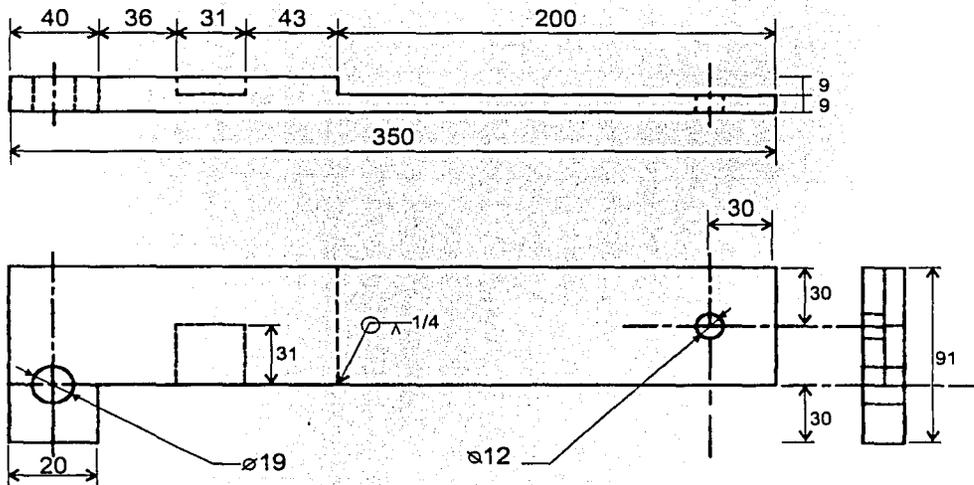
ANGULO DE
25.4 X 25.4 X3

ACOT.:

MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002



SOLDADURA 6013



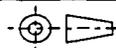
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.EP. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

PALANCA DE LA CIZALLA



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

16-A

Nº DE PIEZAS:

1

ACANADO:

PINTURA
ANTICORROSIVA AZUL

MATERIAL:

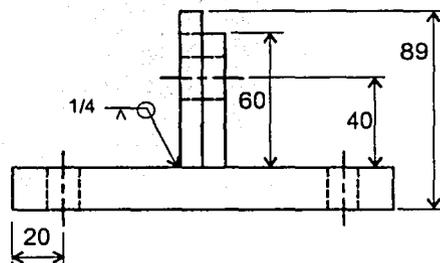
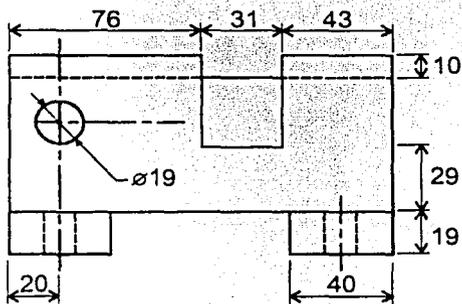
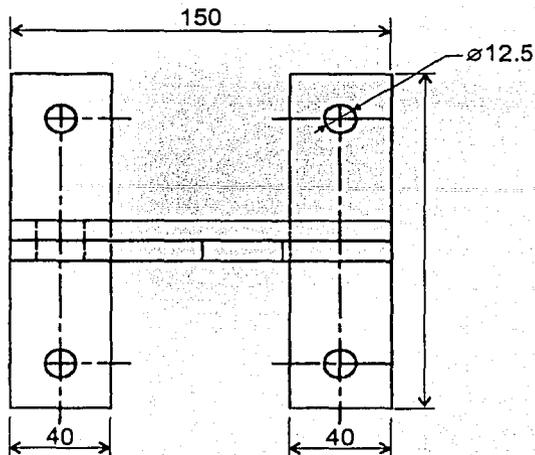
PLACA DE ACERO
AISI 1018 - 1020

ACOT:

MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002



SOLDADURA 6013



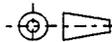
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

BASE DE LA CIZALLA



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

16-B

Nº DE PIEZAS:

1

ACABADO:

PINTURA
ANTICORROSIVA AZUL

MATERIAL:

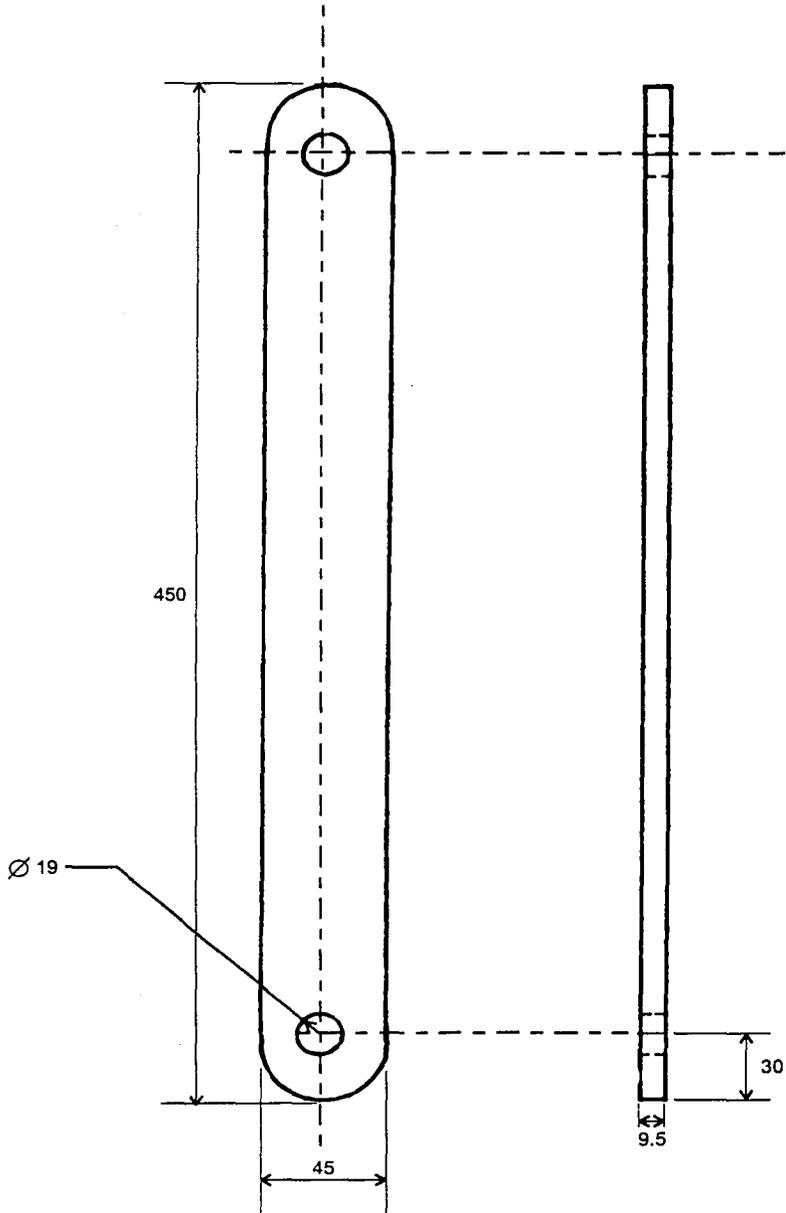
PLACA DE ACERO
AISI 1018 - 1020

ACOT.:

MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002



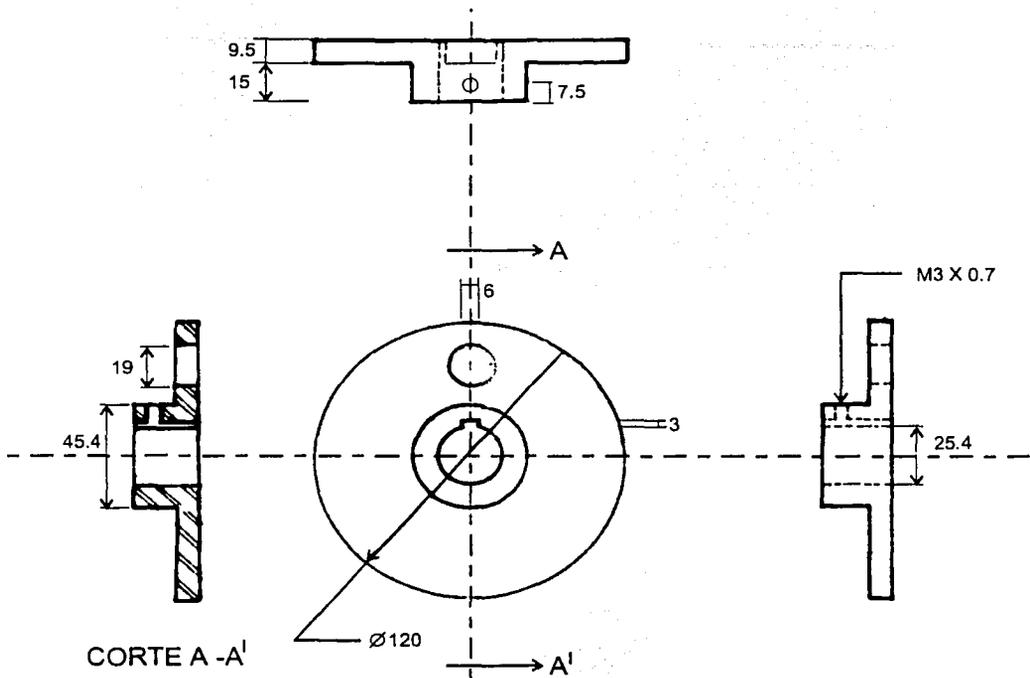
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.EP. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:
DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:
BIELA DE TRANSMISION

REVISO Y APROBO:
ING. JAVIER NAVA PEREZ

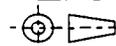
Nº DE PARTE: 17	Nº DE PIEZAS: 1	ACABADO: PULIDO ▼▼	MATERIAL: ACERO AISI 1018 - 1020	ACOT.: MILIMETROS	FECHA: JULIO -2002
--------------------	--------------------	-----------------------	--	----------------------	-----------------------



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:
DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:
MANIVELA



REVISO Y APROBO:
ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:
18

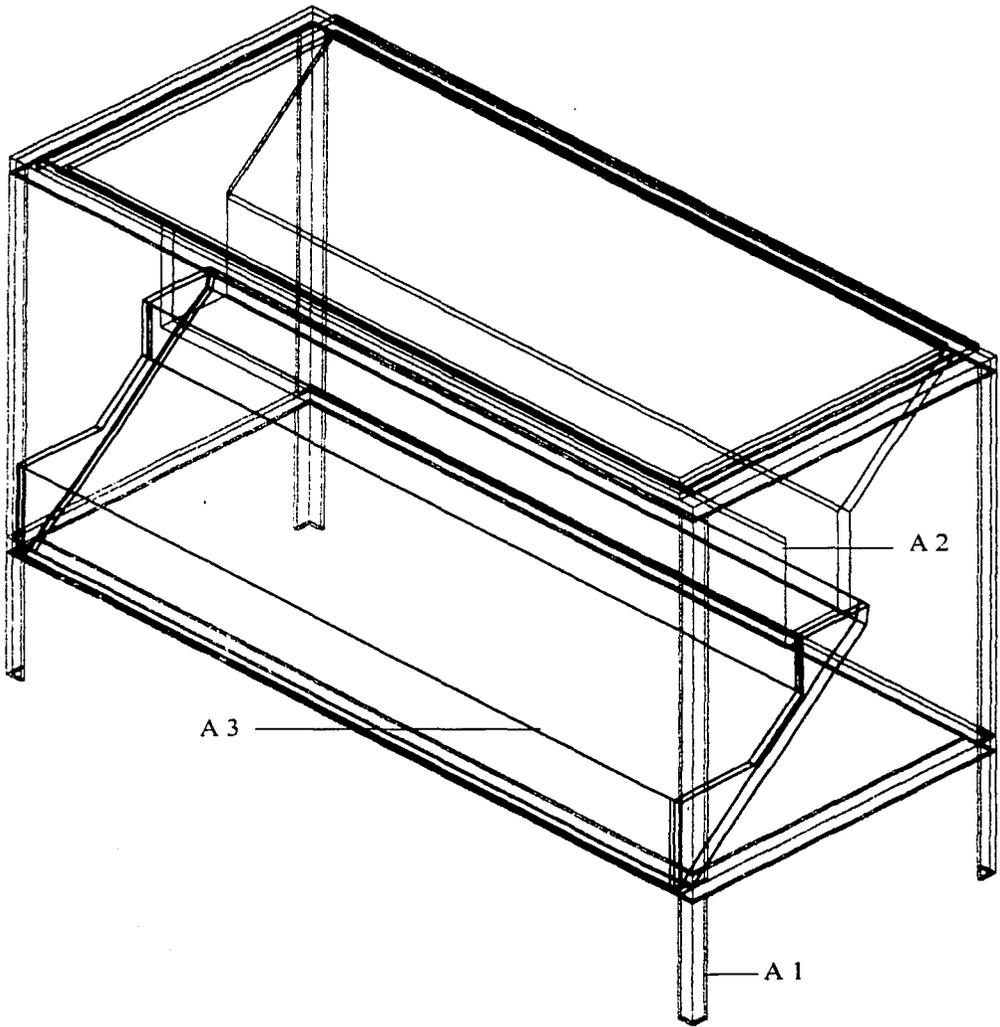
Nº DE PIEZAS:
1

ACABADO:
PULIDO

MATERIAL:
ACERO AISI
1018 - 1020

ACOT:
MILIMETROS

FECHA:
JULIO -2002



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

TOLVA RECEPTORA



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

A

Nº DE PIEZAS:

1

ACABADO:

PINTURA
ANTICORROSIVA-GRIS

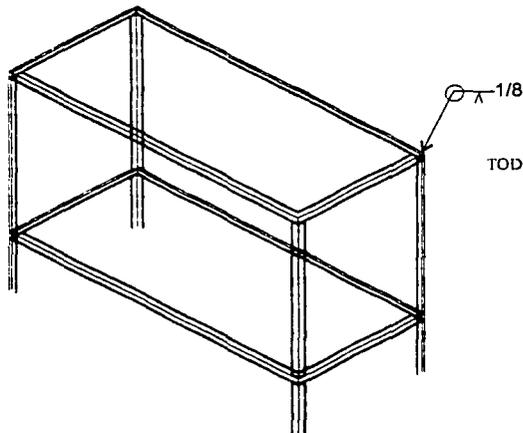
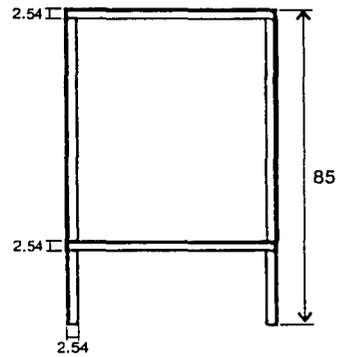
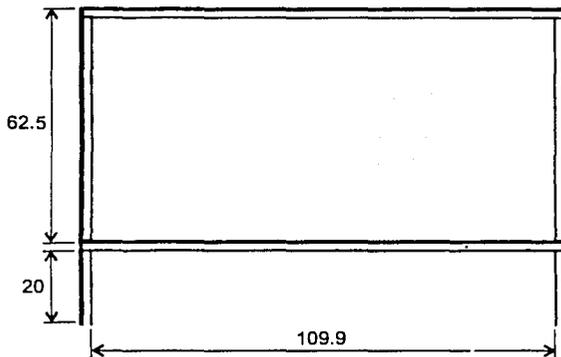
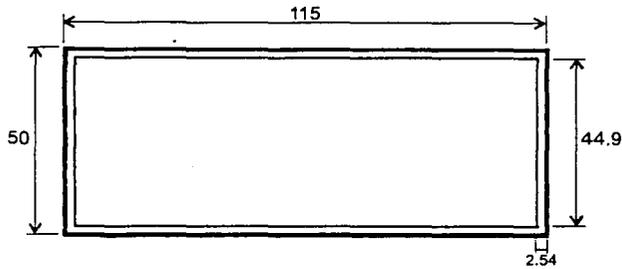
MATERIAL:

ACOT.:

MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002



TODA LA SOLDADURA EN 6013



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.EP. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

ESTRUCTURA DE LA TOLVA



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

A 1

Nº DE PIEZAS:

1

ACABADO:

PINTURA
ANTICORROSIVA-GRIS

MATERIAL:

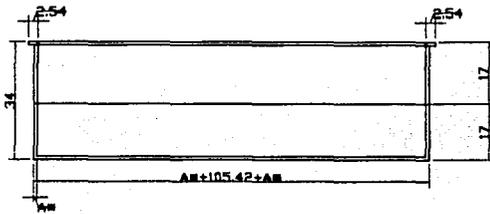
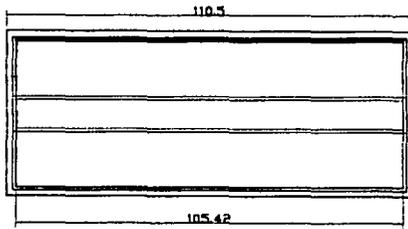
ANGULO
2.54 X 2.54 X 3

ACOT.:

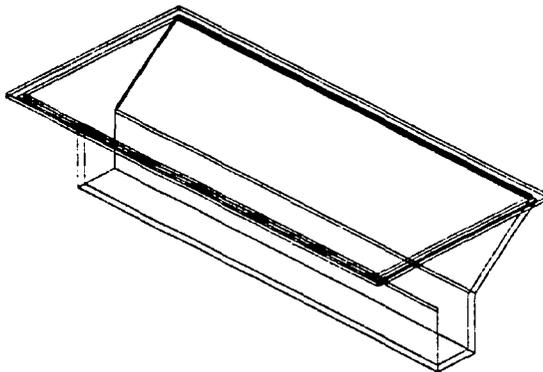
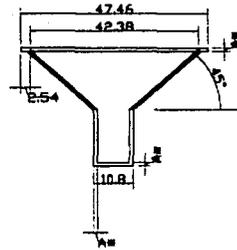
MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002



AM=ESPESOR DE LA LAMINA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

TOLVA



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

A2

Nº DE PIEZAS:

1

ACABADO:

PINTURA
ANTICORROSIVA-GRIS

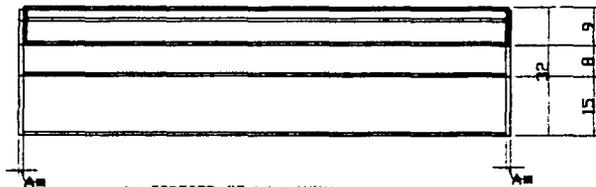
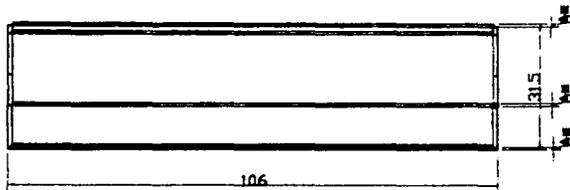
MATERIAL:
LAMINA NEGRA
ROLADA EN FRIO
CALIBRE 18

ACOT:

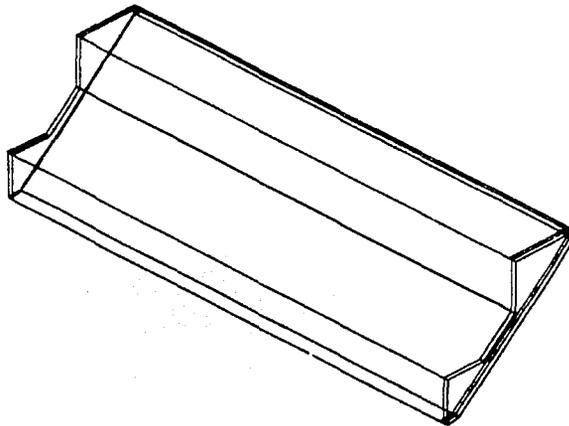
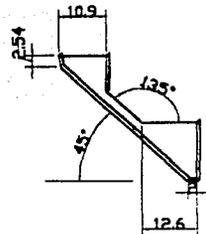
MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002



A=ESPESOR DE LA LAMINA



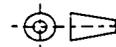
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
E.N.EP. CAMPUS ARAGON
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

DIBUJO:

DAVID HERNANDEZ ROQUES
JUAN CARLOS VEGA ALDAMA

TITULO:

CONTENEDOR



REVISO Y APROBO:

ING. JAVIER NAVA PEREZ

Nº DE PARTE:

A 3

Nº DE PIEZAS:

1

ACABADO:

PINTURA
ANTICORROSIVA-GRIS

MATERIAL:
LAMINA NEGRA
ROLADA EN FRIJO
CALIBRE 18

ACOT.:

MILIMETROS

FECHA:

JULIO -2002

CAPITULO CUATRO



Costos de la Máquina

4.1. Importancia de los costos

Hablar de costos en la vida actual, es considerar un tema relevante y de amplios horizontes. Cualquier sistema de organización económica de la sociedad, deberá tomar forzosamente en consideración los costos de explotación de sus recursos. De aquí la justificación de ellos en la vida práctica y la necesidad de implantarlos en las diversas ramas de la actividad humana, aún cuando carezcan del incentivo del lucro.

La importancia de los costos radica en su aspecto económico; por tal motivo, en primer termino, se tiene que , su desarrollo y evolución están vinculados a la producción de los satisfactores, que es la base de la organización de la vida económica de los países.

Por otra parte, la determinación del costo nos sirve de base para determinar si una actividad es productiva o no; dicho de otra manera, los costos son los que sirven de medida para establecer si un proyecto es factible. El conocimiento de los costos, desempeña tanto funciones privadas como sociales. Las primeras funciones reflejan solamente los intereses privados del productor, ya que persiguen obtener un rendimiento mayor al costo. Las segundas son de interés social y, en consecuencia, de un orden superior, se refieren a la disminución del costo de producción, así como al mejoramiento de los productos, para hacerlos accesibles a los grandes conglomerados sociales, a fin de hacerlos rendir en un mayor servicio.

Al mismo tiempo, el conocimiento de los costos coloca al consumidor y al producto sobre bases de un mayor entendimiento.

El desconocimiento de los costos, por el contrario, constituye una grave falta, en detrimento, no solo de los intereses privados, sino también, de los intereses nacionales. Debido a la importancia que tienen los costos existen diferentes teorías sobre estos, las cuales se enuncian a continuación.

- ❖ Teoría psicológica o del costo-sufrimiento
- ❖ Teoría del costo-esfuerzo
- ❖ Teoría de los costos monetarios o gastos de producción
- ❖ Teoría intermedia (entre las dos primeras y la última)

Las teorías antes mencionadas tratan de explicar de una u otra manera lo que en esencia representan los costos.

4.2. Clasificación de los costos

Los costos suelen clasificarse de la siguiente manera:

- ❖ Costo primo y costo adicional
- ❖ Costo de producción y costo de distribución
- ❖ Costo total
- ❖ Costo de subproductos y de productos conexos
- ❖ Costo estándar o predeterminado y costo real
- ❖ Costo estimativo
- ❖ Costo directivo y costo indirecto
- ❖ Costo constante y variable
- ❖ Costo in diferible y costo diferible
- ❖ Costo creciente y costo decreciente
- ❖ Costo absoluto y costo alternativo
- ❖ Costo comparativo y costo relativo
- ❖ Costo de oportunidad
- ❖ Costo de reproducción

De esta clasificación, los más importantes son los de producción, los de distribución, costo total, costo directo, costo indirecto, costo primo; los cuales serán definidos en el siguiente inciso.

Cabe aclarar también que el costo de producción y el costo directo forman un solo tipo de costo; al igual que el costo de distribución con el costo indirecto.

4.3. Definiciones básicas

Como el concepto de costos a menudo es confundido con el precio de un producto, y aunque existe una relación íntima entre ambos, es necesario definirlos.

- ❖ Costos.- Es el conjunto de bienes económicos, expresados en unidades monetarias, erogadas para un fin determinado.
- ❖ Costo de producción o costo directo.- Es la suma de los precios de los elementos que entran en la producción de un satisfactor, como son los materiales, mano de obra y equipo o herramienta necesaria para la correcta realización de dicho satisfactor, hasta el momento de almacenarlo en la fábrica.
- ❖ Costo de distribución o costo indirecto.- Comprende todos los gastos desde el momento en que sale el producto de la fábrica, tales como gastos técnicos, gastos administrativos, gastos de entrega, etc., hasta el momento en que se cobra y entra el dinero en el negocio.
- ❖ Costo primo.- Esta representado por los elementos naturales, tales como las materias primas y la fuerza de trabajo.
- ❖ Presupuesto.- Es el conjunto ordenado de los costos y de las partes integrantes de un proyecto; es en sí, el cálculo perimetro a la ejecución de estos.
- ❖ Precio unitario.- Es el valor monetario por concepto de unidad producida; es en sí, la remuneración que el cliente debe pagar al fabricante por cada unida producida.

- ❖ Costo indirecto de operación.- Es la suma de los gastos que por naturaleza intrínseca son de aplicación a todos los productos obtenidos en un tiempo definitivo.
- ❖ Gastos de producción.- Constituye el tercer elemento del costo de producción, y esta representado por la depreciación de la utilería, la renta del local donde se lleva a cabo la transformación de las materiales primas, o en su defecto, una depreciación si es propio, el pago de seguros, los gastos de fabricación, representados por el alumbrado, fuerza, accesorios, refacciones, contribuciones, etc., así como material y trabajo que corresponden a la actividad productiva en su conjunto.
- ❖ Gastos técnicos y administrativos.- Forman parte del costo de distribución, y son aquellos que representan la estructura ejecutiva, técnica y administrativa al fabricarse un elemento o producto determinado: tales como horarios, sueldos y viáticos (en su caso) de jefes de producción, oficiales, ayudantes, obreros, jefes administrativos, contadores, almacenistas, mecánicos, electricistas, veladores, secretarias, personal de limpieza, chóferes, etc.

4.4. Factores de los costos

Los factores del costo están representados por elementos naturales y trabajo.

La naturaleza es la fuente de aprovisionamiento de todos los elementos que son necesarios para las satisfacciones de las necesidades; de ella se obtienen todas las materias primas que constituyen la base para producir un bien.

Pero, ahora explotarlas o transformarlas, es menester desarrollar un esfuerzo, el cual recibe el nombre de trabajo; siendo este el segundo factor del costo, denominado fuerza del trabajo.

Así, los elementos naturales representados por las materias primas y la fuerza de trabajo, constituyen los dos factores fundamentales de la producción.

Basado en esto, se explicaran los siguientes costos:

- a) Costo de producción o costo directo.- Esta afectado por las materias primas, el trabajo y los gastos de producción; siendo su formula la siguiente:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Costo de Producción} \\ \hline \text{ó} \\ \hline \text{Costo Directo} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline \text{Costo primo} \\ \hline \text{Costo de la} & \text{Costo de la} \\ \text{materia prima} & \text{Mano de obra} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Gasto de} \\ \hline \text{Producción} \\ \hline \end{array}$$

- b) Costo de producción o costo indirecto.- Los factores del costo de distribución se dividen en dos grupos:

- ❖ Los gastos de ventas
- ❖ Los gastos de administración

En los cuales se incluyen los gastos de servicios, tales como de organización, de entrega, de finanzas, etc. Por lo que la fórmula del costo de distribución es:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Costo de Distribución} \\ \hline \text{ó} \\ \hline \text{Costo Indirecto} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Gastos de Ventas} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Gastps de} \\ \hline \text{Administración} \\ \hline \end{array}$$

- c) Costo total.- Esta dado por el costo directo y el costo indirecto; es decir.

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Costo} \\ \hline \text{Total} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Costo Directo} \\ \hline \text{ó} \\ \hline \text{Costos de Producción} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Costo Indirecto} \\ \hline \text{ó} \\ \hline \text{Costo de Distribución} \\ \hline \end{array}$$

- d) Precio de venta.- Esta afectado tanto por el costo directo como por el costo indirecto y la utilidad, es decir:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Precio} \\ \hline \text{de Venta} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Costo Directo} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Costo Indirecto} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Porcentaje de} \\ \hline \text{Utilidad} \\ \hline \end{array}$$

4.5. Costos de la fabricación

Después de haber realizado un breve análisis del significado de los costos nos disponemos a analizar únicamente los costos de fabricación, ya que para obtener un costo total unitario tendríamos que realizar una investigación más profunda; además, existen algunos parámetros (gastos de producción, gastos técnicos y administrativos) que están fuera de nuestro alcance; además este proyecto es solo de diseño y la obtención del costo de fabricación es para poder realizar una pequeña comparación con otras máquinas existentes en el mercado.

Por otra parte, los costos de las piezas, materiales y equipos para la fabricación de la máquina son aproximados, debido a que existen diferentes factores que pueden alterar o disminuir el valor de alguna de las partes.

A continuación se enumeran las listas de precios de los diferentes materiales, equipos y piezas que serán utilizados en la elaboración del prototipo obteniendo un costo total de fabricación.

Costos de las piezas

No.	Concepto	Cantidad	P/U	Total
1	Banda en V No. B32	2 Pzas.	36	72
2	Banda en V No. B 65	1 Pza.	43	43
3	Poleas de aluminio Φ int.2.54cm Φ Ext. 15.24cm	6 Pzas.	55	330
4	Rodamientos SKF No. 6303	10 Pzas.	25	250
5	Chumacera Tensora con Φ int. De 2.54 cm.	2 Pzas.	75	150
6	Chumacera de Pared con Φ int. De 2.54 cm.	2 Pzas.	65	130
7	Chumacera de Piso con Φ int. De 2.54 cm.	4 Pzas.	65	260
8	Cuchillas de acero para corte de 3.1x3.1x0.9 cm.	2 Pzas.	70	140

Sub. Total \$ 1375.00

I.V.A. \$ 206.25

Total \$ 1581.25

Costos de piezas maquinadas

No.	Concepto	Cantidad	P/U	Total
1	Rodillos de arrastre	2 Pzas.	460	920
2	Rodillos de enderezado	10 Pzas.	130	1300
3	Pernos para rodamientos	10 Pzas.	60	600
4	Placa superior para rodillos de enderezado	2 Pzas.	280	560
5	Placa inferior para rodillos de enderezado	2 Pzas.	300	600
6	Eje de transmisión P/ rodillo de arrastre superior	1 Pza.	120	120
7	Eje de transmisión P/ rodillo de arrastre inferior	1 Pza.	145	145
8	Eje de transmisión P/ mandril	2 Pzas.	130	260
9	Biela de transmisión	1 Pza.	180	180
10	Manivela de transmisión	1 Pza.	220	220
11	Tolva y contenedor	1 Pza.	590	590

Sub. Total \$ 5495.00

I.V.A. \$ 824.25

Total \$ 6319.25

Costos de Materiales

No.	Concepto	Cantidad	P/U	Total
1	PTR cuadrado de 2.54cm. (1in) Calibre 14	3mts.	9	27
2	Angulo de 5cm. X 3mm. (2in. X 1/8)	18mts.	85	255
3	Angulo de 2.54cm. x 3 mm. (1 in x 1/8)	12mts.	35	70
4	Placa en L para cizalla de 0.9 cm.	1 Pza.	25	25
5	Placa rectangular para cizalla de 0.9 cm.	1 Pza.	12	12
6	Placa en C para cizalla de 0.9 cm.	2 Pzas.	16	32
7	Placa de soporte o base de cizalla de 0.9cm.	2 Pzas	15	30
8	Soldadura de 1/8	1 Kg.	16	16
9	Placa para soporte de chumaceras	4 Pzas.	20	80

Sub. Total \$ 547

I.V.A. \$ 82

Total \$ 629

Costos de los Equipos

No.	Concepto	Cantidad	P/U	Total
1	Moto-reductor con relación de 47-1 1Hp trifásico	1 Pza.	5400	5400
2	Moto-reductor con relación de 175-1 1Hp trifásico	1 Pza.	5700	5700
3	Sensor inductivo	1 Pza.	1200	1200
4	Relé con contactos NO y NC	1 Pza.	230	230
5	Base para Relé	1 Pza.	63	63
6	Botón de arranque	1 Pza.	364	364
7	Botón de paro	1 Pza.	364	364
8	Cables de conducción calibre 20	10 mts.	8	80
9	Clavija trifásica de uso rudo	1 Pza.	20	20

Sub. Total \$ 13421.00

I.V.A. \$ 2013.15

Total \$ 15434.15

Costos de Mano de obra

No.	Concepto	Cantidad	P/Hora	No. De Hrs.	Total
1	Herrería	1 Persona	30	10	300
2	Pintura	1 Persona	30	5	150
3	Ayudante en general	2 Personas	20	5	200

Sub. Total \$ 650

I.V.A. \$ 97.50

Total \$ 747.50

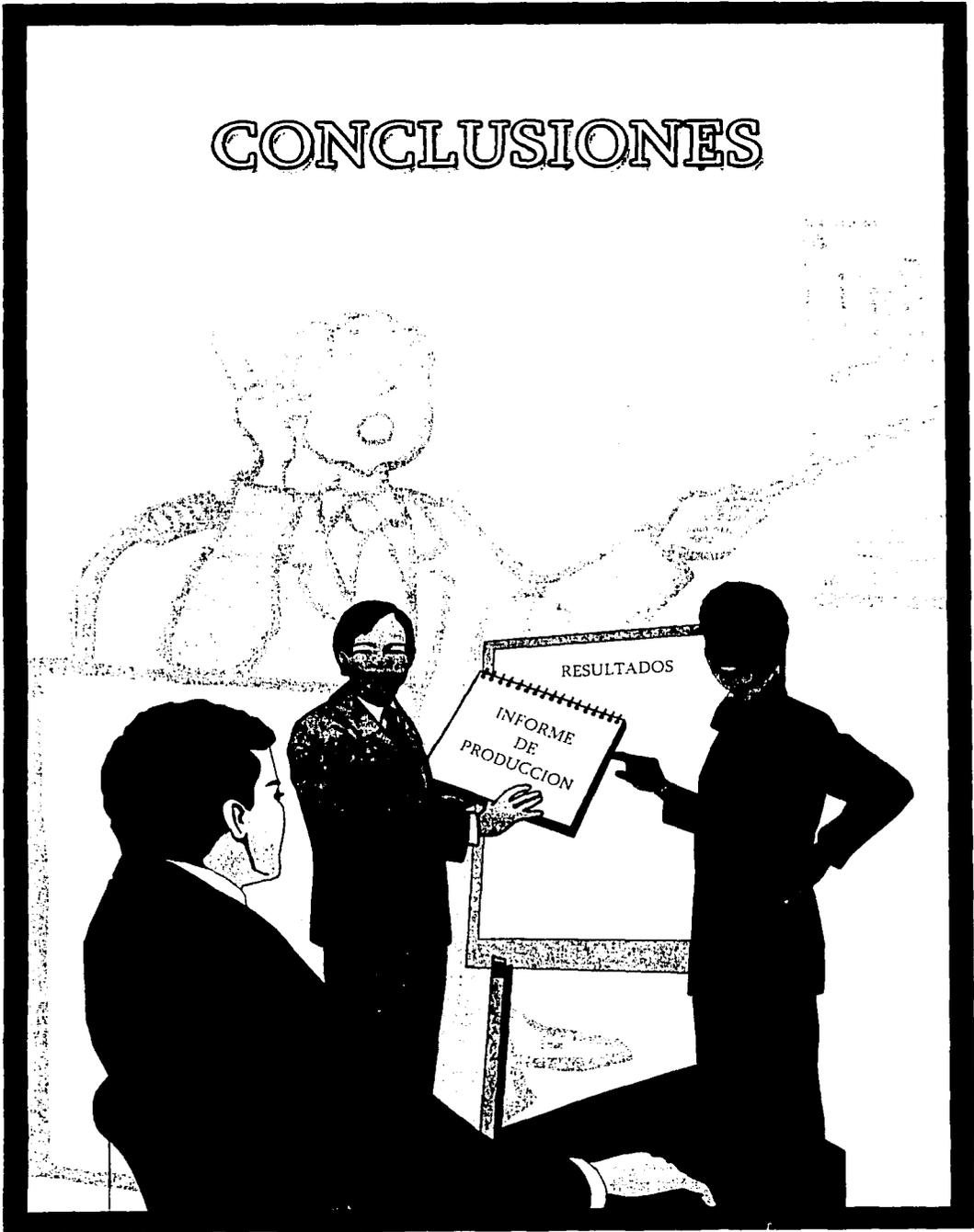
Costos de producción

No.	Concepto	Total
1	Costo de las piezas	1,581.25
2	Costo de las piezas maquinadas	6,319.25
3	Costo de los materiales	629.00
4	Costo de los equipos	15,434.15
5	Costos de mano de obra	747.50
6	Costos de ingeniería	15,000.00

Total \$ 39,710.65

Con esto concluimos que el costo de producción de la maquina de enderezado y corte de alambón tendría un valor de 40,000.00 por lo que es posible fabricarla en el país y los empresarios ya sea micro , mediano, o grandes, pueden adquirir fácilmente este producto porque comparándolo con otros que provienen del extranjero seria mucho mas barata. Además que las importadas no cumple con los requisitos que solicita el comprador de este producto.

CONCLUSIONES



~ CONCLUSIONES ~

Se realizó la investigación de los elementos que se seleccionaron para el funcionamiento de la máquina, así como su uso aplicación y características, se utilizaron conocimientos de cinemática, estática, dinámica, diseño de elemento de máquinas, etc. esto causo contratiempos ya que estas materias se estudian de forma aislada y no existe un proyecto o materia donde se puedan practicar los conocimientos en forma conjunta; otro problema que se presentó al desarrollar el proyecto fue en el momento en que se buscó la información adecuada sobre la producción del alambra, en la mayoría de los casos la información encontrada fue muy general y aunque el proceso es muy antiguo la información técnica especializada se encuentra en las industrias acereras y estas no dieron las facilidades para obtener esa información esto debido a la política de proteger sus productos en contra del espionaje industrial. Con lo que respecta al proceso de enderezado y corte de este material fue más difícil ya que no existen máquinas nacionales debidamente diseñadas que realicen este proceso y las que existen son totalmente empíricas; las máquinas de importación no cumplen con los requisitos de los productores de estribos y además son muy costosas las que existen, por lo que los productores no pueden obtener un crédito o/y mucho menos adquirirlas de contado.

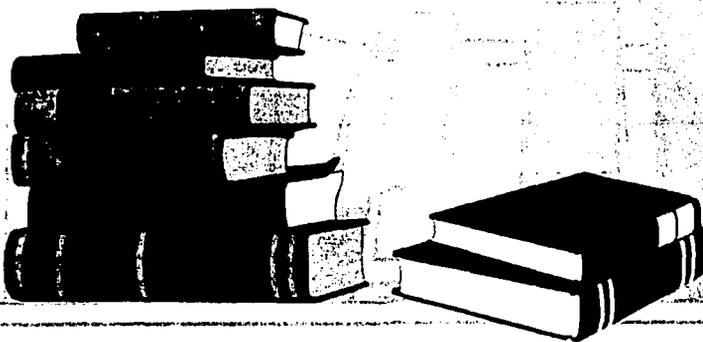
Uno de los principales problemas que presentan las máquinas empíricas existentes en México, es que, no tienen un elemento que les permita almacenar su producto antes de pasar al siguiente proceso (doblado), por lo cual se diseñó un elemento que permitiera realizar dicha operación.

Se espera que esta máquina cubra la necesidad en la industria de la construcción de contar con máquinas a precios accesibles, hechas con productos nacionales que indirectamente logran el desarrollo de otro tipo de industrias.

La parte que corresponde a la cotización de los elementos para nuestro rediseño es muy cercano a la realidad, debido a que en el mercado existe una gran variedad de calidades, marcas y modelos de los diferentes elementos que intervienen en la elaboración de nuestro proyecto.

Conclusiones Generales.

- ❖ Este proyecto permitió desarrollar conocimientos obtenidos en las aulas de la institución.
- ❖ Se observó que lo aprendido en las aulas no es suficiente y que se necesitan de herramientas que permitan un mejor desempeño como Ingenieros.
- ❖ El trabajo en equipo tiene mejores resultados que el trabajo individual
- ❖ Con el cálculo adecuado y una buena elección de materiales se garantiza el buen funcionamiento. Esto se comprobará al fabricar el prototipo.
- ❖ El proceso de enderezado del alambón en muchos lugares es de forma artesanal, lo golpean, estiran, y doblan por lo que sufría una deformación elástica y cambiaban las propiedades internas del acero, por lo que afecta en el rendimiento y la calidad del producto provocando una falla mecánica del material, con este proceso se garantiza la conservación de las características de fabricación del alambón.
- ❖ Con la realización de este proyecto se verán beneficiados los pequeños y medianos productores de estribos, podrán mejorar su producción.



~ BIBLIOGRAFIA ~

1. Diseño en Ingeniería Mecánica
Joseph Edward Shigley
Ed. Mc. Graw Hill
México 1985 8ª edición
2. Diseño de máquinas (Teoría v práctica)
E. Continental
México 1989 3ª edición
3. Diseño de Máquinas
Robert L. Norton
Ed. Prentice May
México 1999
4. Teoría y Problemas de Diseño de Máquinas
Allen S. Hall
Ed. Mc. Graw Hill
México 1988
5. Introducción a la Mecánica de Sólidos
Edgar Popov
Ed. Limusa
3ª edición
6. Fundamentos de Diseño Para Ingeniería Mecánica Eléctrica
Robert C. Juvinall
ED. Limusa
México 1993
7. Semens: Selección v Aplicación de Motores Eléctricos
Orlando S. Lobosco
Ed. Alfaomega S.A. DE C.V.
México 1988
8. Manual de Selección de Reductores JIV de México S.A. de C.V.
México 2002
9. Manual General de Rodamientos SKF
10. Procesos de Manufactura I
Francisco Jiménez Caro
Ed. AGT S.A.

11. Tecnología de la Fabricación 1
R.L. Timings
Ed. Alfaomega
México 1992
12. Materiales para Construcción: Tipos, Usos y Aplicaciones
Cabel Hornbostel
Ed. Limusa Wiley
México D.F. 2000
13. Diseño de Estructuras Metálicas
Jack C. Macormac
Ed. rsi
14. Manual del Ingeniero Civil
Frderik S. Merrit
Ed. Mc. Graw Hill Tomo 1
15. Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado
Oscar M. Gonzalez Cuevas
Francisco Robles F.
Ed Limusa
16. Teoría Elemental del Concreto Reforzado
Phill M. Ferguson
Cia. Ed. Continental S.A. de C.V.
17. Fundamentos de Manufactura Moderna
Mikell P. Groover
E.d. Prentice-Hall Hispanoamericana
18. Introducción a la Técnica de Costos
Alatriste Sealtiel
Ed. Hispanoamericana
19. Contabilidad y Control de los Costos
Gillespie Cecil
Ed. Diana
20. Paginas Web Consultadas
 - a) www.Hylsa.com
 - b) www.Cicartsa.com
 - c) www.Deacero.com
 - d) www.Sidor.com
 - e) ww.Villacero.com