

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN TECNOLÓGICA

**DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ROLADORA
MANUAL PARA LABORATORIO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA**

BYRON SAÚL IZA IZA

DIRECTOR: ING. WILLAN MONAR

Quito, Mayo 2 007

DECLARACIÓN

Yo Byron Saúl Iza Iza, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Byron Saúl Iza Iza

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Proyecto de Titulación fue desarrollado por Byron Saúl Iza Iza, bajo mi dirección.



Ing. Willan Monar
DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud a Dios, a mis Padres: Efraín y Blanca, a mi segunda madre María Auxiliadora y a mi amigo que nunca me falla Jesús, gracias a todos ustedes por haberme dado la vida por cuidarme y siempre llevarme por el camino del bien, pero quiero en especial agradecerle Dios por haberme regalado unos padres maravillosos que me han sabido dar todos mis derechos y obligaciones, mil gracias por todo su amor, por su infinito sacrificio y por todo ese esfuerzo y comprensión que siempre lo llevo y lo llevaré presente; además agradezco a todos los profesores de toda mi vida estudiantil por haberme guiado y enseñado la ciencia del saber y ser además testigos de mis triunfos y mis fracasos, a mi querido Colegio Técnico Salesiano “Don Bosco” y a la única y gloriosa Escuela Politécnica Nacional, de quienes llevo las mejores enseñanzas.

DEDICATORIA

Al culminar una etapa más de mi vida estudiantil, dedico todo el sacrificio reflejado en este Proyecto a toda mi querida familia en especial a: Efraín, Blanca, Carlos, Verónica y Saulito, ya que sin su constante apoyo y amor no hubiese alcanzado mi tan anhelado Título.

Además les dedico este proyecto a todos mis compañeros y amigos para que algún día lo puedan leer y les sirva como herramienta de aprendizaje.

CONTENIDO

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del Problema.....	1
1.2 Justificación del Problema.....	1
1.3 Solución del Problema.....	1
1.4 Análisis de la Situación Actual y Determinación de Requerimientos.....	2
1.4.1 Introducción.....	2
1.5 Objetivo General.....	2
1.6 Objetivos Específicos.....	3

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS GENERALES DEL CONFORMADO MECÁNICO

2.1 Procesos de Conformado.....	4
2.1.1 Por Fundición y Colada.....	4
2.1.2 Por Deformación Plástica.....	4
2.1.3 Por Maquinado.....	4
2.1.4 Por Ensamble y Unión.....	5
2.2 Conformado Mecánico Por Deformación Plástica.....	5
2.3 Clasificación de los Procesos de Conformado de Acuerdo a los Esfuerzos.....	6
2.3.1 Procesos de Compresión Directa.....	6
2.3.1.1 Forjado.....	6
2.3.1.2 Laminado.....	7
2.3.2 Procesos de Compresión Indirecta.....	8
2.3.2.1 Trefilado.....	8
2.3.2.2 Extrusión.....	8

2.3.3	Procesos de Tracción.....	9
2.3.4	Procesos de Flexión.....	10
2.3.4.1	Doblado.....	10
2.3.4.2	Plegado.....	10
2.3.4.3	Rolado.....	11
2.3.4.4	Perfilado.....	11
2.3.4.5	Embutido.....	12
2.3.4.6	Repujado.....	12
2.3.5	Procesos de Corte.....	13
2.3.5.1	Cizallado.....	13
2.3.5.2	Punzonado.....	13
2.4	Factores Principales que Intervienen en el Conformado Mecánico.....	14
2.4.1	La Temperatura en el Conformado.....	14
2.4.1.1	Conformado en caliente.....	15
2.4.1.2	Conformado en frío.....	16
2.4.2	La Velocidad de Deformación Durante el Conformado.....	17
2.4.3	La Micro-Estructura en el Conformado.....	17
2.4.4	Fricción.....	18
2.4.5	Recuperación Elástica.....	18

CAPÍTULO III

3. ROLADO

3.1	Generalidades.....	20
3.2	Definición.....	21
3.3	Material para Rolado y su Aplicación.....	22
3.4	Procesos de Rolado.....	22
3.4.1	Rolado de Planos.....	22
3.4.2	Rolado de No Planos.....	23
3.5	Equipos de Rolado.....	24
3.5.1	Roladoras de tres Rodillos.....	25
3.5.1.1	Roladora Tipo Pinch.....	25

3.5.1.2	Roladora Tipo Zapato Tsih.....	26
3.5.1.3	Roladora Manual.....	26
3.5.1.4	Roladora Universal para Perfiles.....	27
3.5.2	Roladoras de Cuatro Rodillos.....	28
3.5.2.1	Roladora Neumática Tech.....	28
3.5.2.2	Roladora Hidráulica Tech.....	29
3.6	Material de los Rodillos para Rolar.....	29
3.7	Parámetros de Rolado.....	30
3.7.1	Parámetros de la Geometría de la Máquina.....	30
3.7.2	Parámetros de la Interacción Rodillo-Pieza de Trabajo.....	32
3.7.3	Parámetros de las Propiedades Mecánicas del Material.....	33
3.7.4	Parámetros de la Geometría del Material.....	33
3.7.5	Relación entre la Geometría de la Pieza y las Propiedades Mecánicas del Material.....	35
3.8	Defectos del Rolado.....	37
3.9	Lubricantes para el Proceso de Doblado	37

CAPÍTULO IV

4. DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCION DE LA ROLADORA MANUAL

4.1	Estudio del Doblado con Rodillo.....	38
4.2	Estudio de la Fuerza de Doblado.....	39
4.3	Variación del Ángulo (θ).....	45
4.4	Selección de Materiales.....	47
4.4.1	Materiales para la Construcción.....	48
4.4.1.1	Acero ASTM A-36.....	48
4.4.1.2	Acero AISI 1018.....	48
4.4.1.3	Bronce Fosfórico.....	48
4.4.1.4	Material para las prácticas de rolado.....	49
4.5	Parámetros para la Construcción.....	49

4.6	Cálculo en Detalle.....	50
4.7	Dimensionamiento y Construcción.....	52
4.7.1	Base Soporte.....	52
4.7.1.1	Acabado.....	53
4.7.2	Soportes Rodillos Inferiores.....	56
4.7.2.1	Acabado.....	56
4.7.3	Pernos Hexagonales, Arandelas y Engrasadores.....	61
4.7.4	Ejes-Rodillos.....	62
4.7.4.1	Acabado.....	70
4.7.5	Soporte Rodillo Superior.....	71
4.7.5.1	Acabado.....	71
4.7.6	Tornillo de Elevación.....	74
4.7.6.1	Acabado.....	74
4.7.7	Sistema de Transmisión.....	79
4.7.7.1	Cálculo Longitud de la Cadena.....	79
4.7.8	Chavetas.....	81
4.7.9	Prisionero.....	81
4.7.10	Anillo Separador.....	83
4.7.10.1	Acabado.....	83
4.7.11	Sistema de Desmontaje Manual.....	88
4.7.11.1	Acabado.....	88
4.7.12	Manivela.....	92
4.7.12.1	Acabado.....	92
4.8	Armado del Conjunto.....	95
4.9	Pruebas y Resultados.....	97

CAPÍTULO V

5.1	Conclusiones.....	101
5.2	Recomendaciones.....	102
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
	ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO II

2-1	Proceso de Forjado.....	7
2-2	Proceso de Laminado.....	7
2-3	Proceso de Trefilado.....	8
2-4	Proceso de Extrusión.....	9
2-5	Proceso de Estirado.....	9
2-6	Proceso de Plegado.....	10
2-7	Proceso de Rolado.....	11
2-8	Proceso de Perfilado.....	11
2-9	Proceso de Embutido.....	12
2-10	Proceso de Repujado.....	12
2-11	Proceso de Cizallado.....	13
2-12	Proceso de Punzonado.....	14

CAPITULO III

3-1	Lámina Metálica de Trabajo Precurvada.....	21
3-2	Lámina Metálica de Trabajo Rolada.....	21
3-3	Rodillo Superior con Movimiento Vertical.....	22
3-4	Fabricación de Cilindros para Tanques.....	23
3-5	Fabricación de Conos para Decantadores.....	23
3-6	Proceso de Rolado de Perfiles.....	24
3-7	Rolado de Perfiles para Pórticos.....	24
3-8	Roladora Tipo Pinch.....	25
3-9	Roladora de Zapato IMCAR series Tsih.....	26
3-10	Roladora Manual.....	27
3-11	Roladora Universal para todo tipo de Perfiles.....	27
3-12	Roladora Neumática Tech.....	28
3-13	Roladora Hidráulica Tech.....	29
3-14	Parámetros Roladora.....	31
3-15	Figuras Simétricas	34

3-16 Curva Tensión-Deformación.....	35
3-15 Figuras Simétricas	34

CAPÍTULO IV

4-1 Viga Simplemente Apoyada Con Carga Puntual.....	39
4-2 Parámetros Roladora.....	40
4-3 Viga Simplemente Apoyada con Carga Puntual.....	41
4-4 Viga Simplemente Apoyada con Carga Distribuida.....	42
4-5 Variación Ángulo θ	45
4.6 Base Soporte.....	52
4.7 Soportes Inferiores.....	56
4.8 Pernos Hexagonales.....	61
4.9 Arandelas.....	61
4.10 Engrasadores.....	61
4.11 Ejes Rodillos.....	62
4.12 Soportes Rodillo Superior.....	71
4.13 Tornillo de Elevación.....	74
4.14 Ruedas de Cadena.....	79
4.15 Cadena.....	80
4.16 Chavetas.....	81
4.17 Prisioneros.....	81
4.18 Anillos de Separación.....	83
4.19 Soporte de Desmontaje.....	88
4.20 Eje.....	88
4.21 Manivela.....	92
4.22 Extremo de la Probeta.....	97
4.23 Pre-doblado de las Probetas.....	98
4.24 Primera Prueba.....	98
4.25 Curvado Aproximado.....	98
4.26 Segunda Prueba.....	99
4.27 Tercera Prueba.....	99
4.28 Rolado Doble.....	100
4.29 Resultados.....	100

RESUMEN

La roladora manual para laboratorio se construye por la necesidad y requerimientos del taller de Procesos de la Escuela de Formación Tecnológica, de la Escuela Politécnica Nacional mediante un análisis se determinó la necesidad de contar con este equipo, el mismo que por medio de un mecanismo manual de tres rodillos permite dar la forma curva deseada a una lámina para la obtención de cilindros de lámina metálica a través de deformación plástica por rolado.

El presente trabajo permitirá reforzar los conocimientos adquiridos teóricamente y permitirá aplicar en la práctica el proceso de rolado.

Este Proyecto de Titulación está estructurado de la siguiente manera:

El Primer Capítulo consiste en la definición del problema, la justificación, solución del problema, análisis de la situación actual.

El Segundo Capítulo trata sobre fundamentos generales del conformado mecánico, definición, clasificación de los procesos de conformado de acuerdo a los esfuerzos, factores principales que influyen en el conformado de metales.

El Tercer Capítulo trata sobre el rolado, generalidades, definición del rolado, material de los rodillos, procesos de rolado, equipos, parámetros principales, defectos en el rolado y lubricantes.

El Cuarto Capítulo contiene el dimensionamiento y construcción, selección de materiales, elementos constitutivos, sus respectivas pruebas y resultados.

Y en el Quinto Capítulo constan conclusiones y recomendaciones de este proyecto de titulación.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El taller de Procesos de Producción Mecánica, en la actualidad demanda de un sin número de herramientas y equipos que ayuden a reforzar de una forma práctica los conocimientos adquiridos teóricamente por el estudiante; uno de estos procesos es el rolado, el mismo que por medio de un mecanismo manual de tres rodillos permita dar la forma curva deseada a la lámina para la obtención de cilindros.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La principal motivación para realizar este proyecto es implementar el taller de Procesos de Producción Mecánica, que hoy en día no cuenta con un equipo suficiente y adecuado que garantice el aprendizaje práctico de los estudiantes; este proyecto de investigación hace un mayor énfasis en el área de Conformado Mecánico, aportando un mecanismo que permita al estudiante comprender y aplicar los conocimientos teóricos; dándoles una pauta para que en un futuro puedan construir diversos equipos que puedan resolver problemas de la industria.

1.3 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Con la implementación de la Roladora Manual para Laboratorio, en el taller de Procesos de Producción Mecánica los estudiantes mejorarán notablemente el desempeño de las prácticas de rolado en el Área de Conformado Mecánico.

1.4 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS

1.4.1 INTRODUCCIÓN

El laboratorio de Procesos de Producción Mecánica tiene como misión brindar soporte académico eficiente a sus usuarios, a más de presentar los mejores servicios, se hace necesaria la continua actualización de los equipos e instrumentos para laboratorio que ayudan a la formación profesional de los estudiantes.

Además cuenta con una infraestructura medianamente dotada, por ese motivo se vio la necesidad de un equipo como la roladora manual para laboratorio la cual contribuirá de gran manera para las prácticas de los futuros estudiantes.

El proyecto desarrollado está orientado al dimensionamiento y construcción de una roladora manual para laboratorio, según las necesidades requeridas por los usuarios del taller de Procesos de Producción Mecánica, por lo cual las prácticas y mantenimiento del mismo estará a cargo de quienes sean sus futuros administradores, sin embargo se realizarán algunas recomendaciones para su adecuado funcionamiento y evitar así posibles daños o problemas posteriores.

La definición de requerimientos se planteó en base a la opinión de profesores, estudiantes y auxiliares del laboratorio de Procesos de Producción Mecánica, dando como resultado la necesidad del estudio y la realización de este proyecto.

1.5 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este proyecto de titulación es dimensionar y construir una Roladora Manual para Laboratorio, el mismo que permita realizar en lámina metálica delgada la forma curva deseada, con un grado de calidad aceptable, permitiendo al estudiante en la materia de Conformado Mecánico realizar prácticas de rolado en el taller.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Seleccionar los materiales adecuados, en base a sus parámetros tecnológicos, con la ayuda de especificaciones y normas a un bajo costo.

Construir el dispositivo de acuerdo a las proporciones del cuerpo humano de manera que no existan inconvenientes para trabajar en ella y además guarde seguridad para quien la opera o trabaje cerca de la misma.

Realizar las adecuadas pruebas de funcionamiento del equipo; con la finalidad de tener una correcta operación y por ende el aprendizaje en la utilización del mismo.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS GENERALES DEL CONFORMADO MECÁNICO¹

2.1 PROCESOS DE CONFORMADO

En el conformado de piezas las partes se pueden formar: por fundición y colada, por deformación plástica, por maquinado, por ensamble y unión.

2.1.1 POR FUNDICIÓN Y COLADA

Es un proceso que se utiliza para colar o moldear, el material en forma líquida, se introduce en una cavidad preformada llamada molde. El molde tiene la configuración exacta de la parte que se va moldear o colar. Después de que el material llena el molde, se endurece y adapta la forma, la cual es la forma de la pieza, luego se abre o se rompe el molde y se extrae la pieza.

2.1.2 POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA

Es un proceso de formación por el cual un material en estado sólido cambia su forma, esto es posible por la aplicación de esfuerzos mayores que el límite de fluencia pero menores que el límite de rotura como flexión, compresión, cizallado y tensión ya sea por formado en frío o en caliente.

2.1.3 POR MAQUINADO

Este proceso se utiliza para conformar partes de materiales, es preciso y puede producir una tersura de superficie difícil de lograr con otros procesos de formación, se lleva a cabo su forma con el uso de una herramienta de corte.

¹ KASANAS, H.C. *Procesos Básicos de Manufactura*. EPN

2.1.4 POR ENSAMBLE Y UNIÓN

La función básica de los procesos de ensamble es unir dos o mas partes entre si para formar un conjunto o subconjunto completo. La unión de las partes se puede lograr con métodos permanentes como soldadura de arco o de gas, soldadura blanda o dura o con el uso de adhesivos basados en resinas epoxi y no permanentes las sujeciones realizadas con sujetadores mecánicos (tornillos, pasadores, chavetas, remaches, etc.)

2.2 CONFORMADO MECÁNICO POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA²

El Conformado Mecánico es un proceso de deformación plástica que sirve para obtener piezas en estado sólido, que de manera útil aprovecha las propiedades mecánicas y tecnológicas de los metales como es la maleabilidad y la ductilidad.

Clasificación del Conformado Mecánico:

Por la temperatura de conformado en frío o en caliente (por sobre o debajo de la temperatura de recristalización).

Por la forma final de la pieza.

Por el estado de esfuerzos durante el conformado.

Por el tipo de esfuerzos durante el conformado.

Por el tamaño de la zona deformada; localizada o general.

Por la velocidad de deformación.

Por la operación de conformado primario y secundario.

² **DON BOSCO**, (1999) *Curso Básico de Matricería*. ITS, Folleto

2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE CONFORMADO DE ACUERDO A LOS ESFUERZOS²

Los procesos de conformado mecánico de acuerdo al estado de tensiones o fuerzas aplicadas a las piezas durante el conformado, se clasifican en:

Proceso de compresión directa: forjado, laminado.

Proceso de compresión indirecta: trefilado y extrusión.

Proceso de tracción: estirado.

Proceso de flexión: doblado (plegado, rolado, perfilado, embutido, repujado).

Proceso de corte: cizallado y punzonado.

Proceso de torsión: para la construcción de resortes helicoidales.

2.3.1 PROCESOS DE COMPRESIÓN DIRECTA

En estos procesos las fuerzas aplicadas y las tensiones resultantes son de compresión. El metal fluye en direcciones normales a la tensión de compresión aplicada, los procesos de compresión directa incluyen al: forjado y laminado.

2.3.1.1 Forjado

Es un proceso de conformado mecánico de compresión directa mediante este proceso se puede dar formas útiles a los metales, el trabajo manual de forja se ha

² **DON BOSCO**, (1999) *Curso Básico de Matricería*. ITS, Folleto

sustituido por el forjado mecánico, que es más rápido, más cómodo y más económico, este se lleva a cabo en martinets, prensas y máquinas forjadoras o estampadoras. La fuerza principal es de compresión. (Figura 2-1)

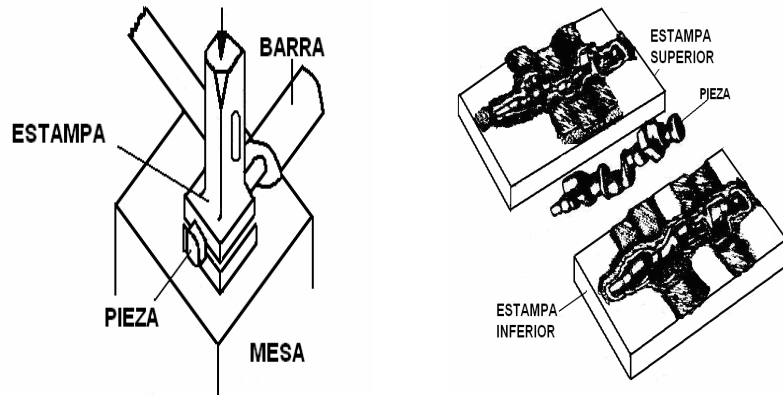


Figura 2-1 Procesos de Forjado

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.1.2 Laminado

Es un proceso de conformado mecánico, que consiste en deformar plásticamente los metales al hacerlos pasar entre cilindros giratorios de igual diámetros siendo la abertura entre los cilindros algo menores que el espesor de la pieza de trabajo. (Figura 2-2)

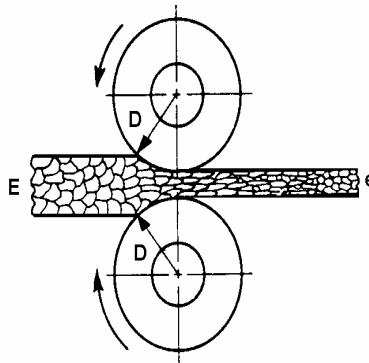


Figura 2-2 Proceso de Laminado

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.2 PROCESOS DE COMPRESIÓN INDIRECTA

Actúan fuerzas de compresión y tracción. La mayor parte de tensiones son tracciones pero son menores que las reactivas de compresión desarrolladas en uno o ambas direcciones perpendiculares a la fuerza de tracción. Los procesos de compresión indirecta incluyen al: trefilado y extrusión.

2.3.2.1 Trefilado

Es un proceso de conformado mecánico, de compresión indirecta, que consiste en hacer pasar un alambre grueso por una placa de acero llamada hilera o matriz provista de un agujero ligeramente cónico. Dicho agujero va disminuyendo progresivamente el diámetro hasta llegar a la medida que se desea obtener. (Figura 2-3)

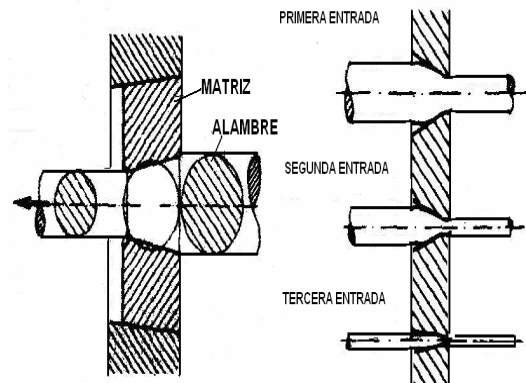


Figura 2-3 Proceso de Trefilado

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.2.2 Extrusión

Es un proceso de conformado mecánico, de compresión indirecta en el cual una masa de material dúctil fluye a través de un orificio de una matriz (dado) de forma determinada, por medio de un impacto o una fuerte compresión para formar una

pieza de sección constante, hueca o no, y cuya longitud depende básicamente de la aportación de material. (Figura 2-4)

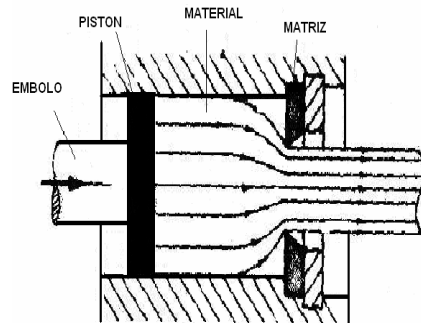


Figura 2-4 Proceso de Extrusión

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.3 PROCESOS DE TRACCIÓN

En este proceso las tensiones que predominan son de tracción. Este proceso se usa en la producción de chapas y conformado de piezas de secciones varias incluye al: estirado.

Son operaciones utilizadas para determinar las propiedades mecánicas de un metal dado. El estirado es un proceso de conformado mecánico por tracción, en donde el metal es estirado por medio de herramientas adecuadas de contención. (Figura 2-5).

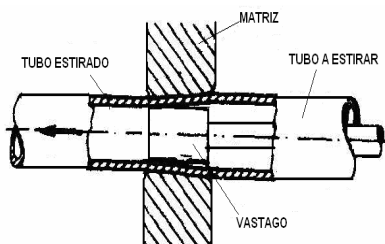


Figura 2-5 Proceso de Estirado

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.4 PROCESOS DE FLEXIÓN

En este proceso se obtiene la flexión debido a la aplicación de un momento, en el metal sometido a flexión, existe gran variación de tensiones en una misma sección transversal. Los procesos de flexión incluyen al doblado.

2.3.4.1 Doblado

Es un proceso de conformado mecánico por flexión en el que el metal es obligado a tomar nuevas formas por movimiento o flujo plástico. Sin alterar su espesor de forma que todas las secciones permanezcan constantes.

El doblado abarca procesos como son: plegado, rolado, perfilado, embutido, repujado. La clasificación de estos tres procesos se los hace tomando en cuenta los medios utilizados para realizar el doblado, así: procesos que utilizan matriz-punzón y procesos que utilizan rodillos.

2.3.4.2 Plegado

Es un proceso de conformado mecánico por flexión, mediante la cual se deforma una parte de la chapa según una forma prevista. (Figura 2-6)

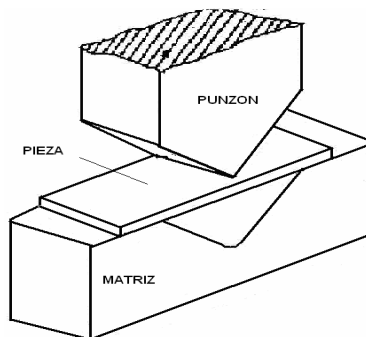


Figura 2-6 Proceso de Plegado

Fuente: Apuntes Conformado Mecánico Ing. Willan Monar EPN

2.3.4.3 Rolado

Es un proceso de conformado mecánico por flexión, mediante el cual se deforma una lámina metálica y se le da forma de superficie desarrollable, considerando como tal, la que puede extenderse sobre un plano sin sufrir deformación. (Figura 2-7)

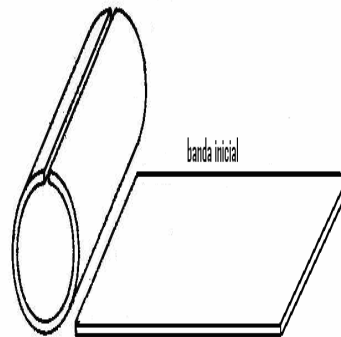


Figura 2-7 Proceso de Rolado

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.4.4 Perfilado

Es un proceso de conformado mecánico por flexión, que consiste en fabricar perfiles de longitud considerable por medio de curvado o doblado de tiras de láminas metálicas. (Figura 2-8)

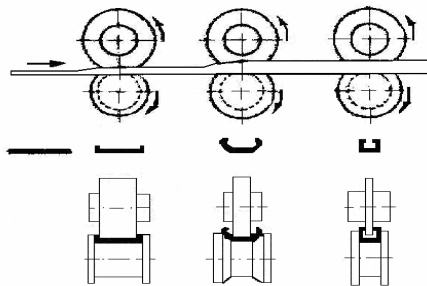


Figura 2-8 Proceso de Perfilado

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.4.5 Embutido

Es un proceso de conformado mecánico por flexión, que consiste en darle una forma ahuecada a la lámina, por deformación de la misma manteniendo el espesor. (Figura 2.9)

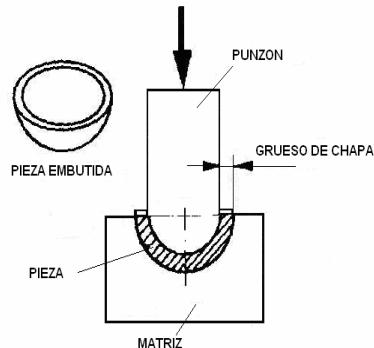


Figura 2-9 Proceso de Embutido

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.4.6 Repujado

Es un proceso de conformado mecánico por flexión, conocido también como embutido a torno y consiste en obtener de un disco plano de chapa o una pieza previamente embutida, un recipiente o una figura de revolución de forma cóncava. (Figura 2-10)

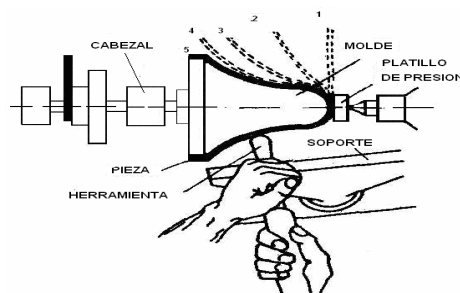


Figura 2-10 Proceso de Repujado

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.5 PROCESO DE CORTE

El corte es un proceso de conformado plástico sin arranque de viruta que sirve para la preparación y acabado en la fabricación de piezas metálicas. En la operación un pequeño volumen de metal es deformado plásticamente hasta que se produce la fractura del mismo, este proceso influye al: cizallado y punzonado.

2.3.5.1 Cizallado

Es un proceso de conformado mecánico por corte, el cual implica al metal a someterlo a tensiones cortantes arriba de su resistencia, hasta obtener la superficie del metal. Esto se lo realiza por medio de guillotinas. (Figura 2-11)

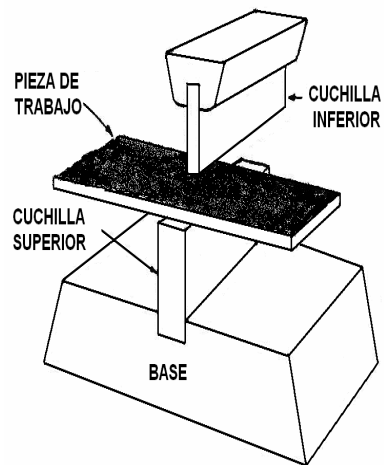


Figura 2-11 Proceso de Cizallado

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.3.5.2 Punzonado

Es un proceso de conformado mecánico que consiste en practicar sobre una chapa un agujero de forma determinada, mediante una estampa apropiada. (Figura 2-12)

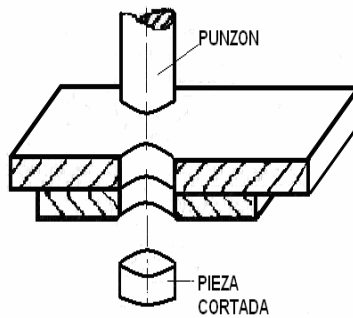


Figura 2-12 Proceso de Punzonado

Fuente: ITS "Don Bosco" Curso Básico de Matricería

2.4 FACTORES PRINCIPALES QUE INTERVIENEN EN EL CONFORMADO MECÁNICO³

Los principales factores que intervienen en el Conformado Mecánico en general son: la temperatura en el conformado, velocidad de deformación durante el conformado, micro-estructura. Además para el proceso de doblado se debe tomar en cuenta otros factores, como la fricción y recuperación elástica.

2.4.1 LA TEMPERATURA EN EL CONFORMADO³

Los dos tipos principales de trabajo mecánico en los cuales el material puede sufrir una deformación plástica y cambiarse de forma son trabajos en caliente y trabajos en frío.

La temperatura de recristalización de un metal determina si el trabajo en caliente o en frío está siendo cumplido o no. El trabajo en caliente de los metales toma lugar por encima de la recristalización o rango de endurecimiento por trabajo. El trabajo en frío debe hacerse a temperaturas abajo del rango de recristalización y frecuentemente es realizado a temperatura ambiente.

³ AVNER SIDNEY, H. *Introducción a la Metalurgia Física*. EPN. 2^{da} Edición

Para el acero, la recristalización permanece alrededor de 500 a 700 °C, aunque la mayoría de los trabajos en caliente del acero se hacen a temperaturas considerablemente arriba de este rango. No existe tendencia al endurecimiento por trabajo mecánico hasta que el límite inferior del rango de recristalización se alcanza. Algunos metales, tales como el plomo y el estaño, tienen bajas temperaturas de recristalización y pueden trabajarse en caliente a temperatura ambiente, pero la mayoría de los metales comerciales requieren de algún calentamiento. Las composiciones aleadas tienen una gran influencia sobre todo en el rango de trabajo conveniente, siendo el resultado acostumbrado aumentar la temperatura de recristalización; este rango también puede incrementarse por un trabajo anterior en frío.

2.4.1.1 Conformado en caliente

Cuando al metal se le trabaja en caliente, las fuerzas requeridas para deformarlo son menores y las propiedades mecánicas se cambian moderadamente. Durante todas las operaciones de trabajo en caliente, el metal está en estado plástico y es formado rápidamente por presión. Adicionalmente, el trabajo en caliente tiene las ventajas siguientes:

La porosidad en el metal es considerablemente eliminada.

La mayoría de los lingotes fundidos contienen pequeñas sopladuras.

Las impurezas en forma de inclusiones son eliminadas y distribuidas a través del metal.

Los granos gruesos o prismáticos son refinados.

La ductilidad y la resistencia al impacto se incrementan, su resistencia mecánica disminuye y se desarrolla una gran homogeneidad en el metal.

La cantidad de energía necesaria para cambiar la forma del acero en estado plástico es mucho menor que la requerida cuando el acero está frío.

Todos los procesos de trabajo en caliente presentan algunas desventajas; debido a la alta temperatura del metal existe una rápida oxidación o escamado de la superficie con acompañamiento de un pobre acabado superficial. Como resultado del escamado no pueden mantenerse tolerancias precisas. El equipo para trabajo en caliente y los costos de mantenimiento son altos, pero el proceso es económico comparado con el trabajo de metales a bajas temperaturas.

2.4.1.2 Conformado en frío

Cuando a un metal se le trabaja en frío, se requieren grandes fuerzas, pero el esfuerzo propio del metal se incrementa permanentemente. Se dice que un material es conformado en frío, cuando la temperatura de deformación no llega a producir cambios en su micro-estructura.

Efectos:

Proporcionan mejor precisión, tolerancias más estrechas.

Buenos acabados superficiales.

El incremento de la resistencia y dureza de la parte deformada.

Requiere mayor potencia que el trabajo en caliente para desempeñar las operaciones.

Se debe tener cuidado para asegurar que las superficies de la pieza de trabajo inicial estén libres de incrustaciones y suciedad.

La ductilidad y el endurecimiento por deformación del metal de trabajo limitan la cantidad de formado que se puede hacer sobre la pieza.

En la industria se combinan los dos procesos aprovechando las ventajas de cada uno; en caliente hay mayor deformación y en frío mayor acabados de tolerancias.

2.4.2 LA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN DURANTE EL CONFORMADO³

La velocidad de deformación tiene poca influencia en los procesos de conformación, a menos que se realicen a grandes velocidades, ya que pueden aparecer regiones de deformación no uniforme.

El comportamiento de los metales en los procesos de conformación puede depender de la velocidad de deformación, la mayoría de los metales de estructura cúbica centrada cambian su comportamiento de dúctiles a frágiles dentro de un determinado rango de temperatura y si la velocidad de deformación es considerablemente alta, el fenómeno de la temperatura de transición resulta más significativo.

Si la velocidad de deformación es grande puede dar lugar a que se produzcan regiones de deformaciones no uniformes o marcas de deformación, las mismas que podrían ser eliminadas al disminuirse esta velocidad. En el trabajo en caliente el límite elástico de los metales es considerablemente afectado por la velocidad de deformación.

2.4.3 LA MICRO-ESTRUCTURA EN EL CONFORMADO

“La fuerza necesaria para realizar una operación de doblado, está relacionada directamente con el límite de fluencia del material que se trabaja y esta depende de la estructura metalúrgica y de la composición de la aleación”³.

“El límite elástico de los metales dependen de la micro-estructura metalúrgica y de la composición química de cada uno de ellos, ya sea como metales puros o como aleaciones, al realizar cualquiera de las operaciones de conformado mecánico, los

³ AVNER SIDNEY, H. *Introducción a la Metalurgia Física*. EPN. 2^{da} Edición

esfuerzos para la deformación plástica dependen del límite elástico y por tanto de la estructura metalúrgica, por otra parte, el conformado mecánico de los metales puros resulta más fácil mientras más alto sea el punto de fusión; en cuanto al punto de fusión se refiere, si las partículas dispersas tienen un punto de fusión más bajo que la matriz, se presenta el riesgo de fragilidad en caliente con mayor frecuencia”⁴.

“El límite elástico se ve también modificado por el tamaño de las partículas uniformemente distribuidas de esta manera habrá un aumento en el límite elástico si las partículas de una segunda fase son más pequeñas, tal es el caso de la perlita en el acero”⁴.

2.4.4 FRICCIÓN⁴

El rozamiento aumenta la resistencia a la deformación y es bastante difícil de cuantificar, constituye uno de los factores más inciertos en las operaciones de doblado.

El valor de las fuerzas de rozamiento dependen del material que se trabaje, de la rugosidad, de la lubricación, de la velocidad de deformación y la temperatura.

2.4.5 RECUPERACIÓN ELÁSTICA⁴

Cuando una pieza de metal es sometida a una fuerza de tensión uniaxial, se produce una deformación del metal. Si el metal vuelve a sus dimensiones originales cuando la fuerza es suspendida, se dice que el metal ha experimentado una deformación elástica.

En materiales dúctiles al realizar el proceso de doblado, se debe tomar en cuenta la recuperación elástica del material, para obtener la dimensión final. Al cargar un cuerpo y luego descargarlo el mismo recupera su configuración geométrica inicial.

⁴ www.acesco.com/glosario

La recuperación no tiene que ser instantánea, pero siempre que el cuerpo recupere su configuración inicial (en forma instantánea o no), se considera que el mismo es elástico.

Es el caso en que un cuerpo sometido a la acción de cargas exteriores, no recupera su configuración geométrica inicial luego de ser retiradas las mismas queda una deformación plástica permanente o remanente que es lo que caracteriza a la plasticidad.

CAPÍTULO III

3. ROLADO

3.1 GENERALIDADES⁵

Una de las más importantes operaciones del conformado mecánico es el proceso de doblado, en el cual el metal es obligado a tomar una nueva forma, por movimiento y flujo plástico. Estos movimientos se realizan alargando y contrayendo las dimensiones de todos los elementos de volumen, en sus tres direcciones ortogonales; en donde, la forma final de la pieza será la integración de estos movimientos.

Además, este puede ser clasificado como un proceso de flexión pura, pues la deformación plástica ocurre debido a la aplicación de momentos de flexión

Las operaciones de doblado o curvado se los realiza en prensas, plegadoras, máquinas formadas de varios rodillos, enderezadoras y bancos de estirado. El doblado abarca al proceso de rolado, el mismo que para su efecto utiliza rodillos.

En el proceso de rolado el doblado tiene una relación importante ya que el material a doblar es obligado a tomar la forma curva deseada por medio de tres o más rodillos con el fin de obtener piezas cilíndricas.

Actualmente las operaciones de doblado son muy variadas, y su éxito depende de la tenacidad del material que ha de usarse. En operaciones simples de doblado, un lado de la pieza de trabajo se deforma bajo tensión y el otro bajo compresión; pero en el doblado a nivel industrial generalmente se combina con compresión y alargamiento.

⁵ AYALA, Rodolfo, (1991) *Diseño y Construcción de una Roladora con Motor*. EPN. Tesis

3.2 DEFINICIÓN

Se llama rolado al proceso de conformado mecánico por flexión, que consiste en deformar plásticamente láminas o perfiles metálicos al hacerlos pasar por medio de rodillos. Uno de ellos superior que se desliza verticalmente hasta que roce al material y con movimiento del resto de los rodillos hace posible su funcionamiento y a su vez el precurvado de la pieza de trabajo. (Figuras: 3-1, 3-2 y 3-3).



Figura 3-1 Lámina Metálica de Trabajo Precurvada

Fuente: <http://www.ferremaq.com>



Figura 3-2 Lámina Metálica de Trabajo Rolada

Fuente: <http://www.ferremaq.com>



Figura 3-3 Rodillo Superior con Movimiento Vertical

Fuente: <http://www.ferremaq.com>

3.3 MATERIAL PARA ROLADO Y SU APLICACIÓN

El rolado es muy utilizado para doblar materiales diversos y de secciones diferentes, teniendo estas variadas aplicaciones.

Se puede doblar perfiles, planchas, barras, etc., de acuerdo al equipo, uso o requerimiento deseado.

3.4 PROCESOS DE ROLADO⁶

3.4.1 ROLADO DE PLANOS

Se refiere al trabajo que consiste en doblar lámina utilizando un radio relativamente amplio con el propósito fundamental de obtener la forma curva deseada. Se emplea este proceso en general para la fabricación de cilindros para tanques, conos para decantadores. (Figuras: 3-4 y 3-5). Otras formas cilíndricas tales como las chimeneas de las estufas o bajantes de canales, etc.

⁶ www.ferremaq.com



Figura 3-4 Fabricación de Cilindros para Tanques

Fuente: <http://www.ferremaq.com>



Figura 3-5 Fabricación de Conos para Decantadores

Fuente: <http://www.ferremaq.com>

3.4.2 ROLADO DE NO PLANOS

En esta categoría se encuentran los procesos de rolado de perfiles, para lo cual las máquinas para este tipo se encuentran equipadas con soporte de apertura, cierre manual, extensiones para incorporar rodillos para el curvado de perfiles, pedales para la rotación de los rodillos y protecciones de seguridad. El rolado de perfiles en general se emplea para la fabricación de arcos arquitectónicos, pórticos curvos, arcos para túneles, etc. (Figuras 3-6 y 3-7)



Figura 3-6 Proceso de Rolado de Perfiles

Fuente: <http://www.ferremaq.com>



Figura 3-7 Rolado de Perfiles para Pórticos

Fuente: <http://www.ferremaq.com>

3.5 EQUIPOS DE ROLADO⁷

En general las roladoras son de mucha utilidad para el doblado ya sea de láminas o de perfiles metálicos, en las empresas como en los talleres mecánicos básicamente se puede encontrar formadas por tres y cuatro rodillos de cuya disposición depende su clasificación:

⁷ www.imcar.series.com

3.5.1 ROLADORAS DE TRES RODILLOS

Estas pueden ser de rodillos simétricos o asimétricos, el rodillo superior es fijo mientras que los otros rodillos inferiores tienen movimiento independiente uno del otro, lo que permite el precurvado de la pieza teniendo como resultado los diámetros requeridos.

3.5.1.1 Roladora Tipo Pinch⁸

Esta roladora se encuentra formada por tres rodillos, cuyos centros forman un triángulo isósceles, su vértice superior es el centro del rodillo de mayor diámetro, el mismo que es graduable y transmite la fuerza de doblez.

Los rodillos inferiores son de menor diámetro que el superior, y no tiene tracción, su funcionamiento está dado por el roce con el material; estos rodillos son fijos.

En general el movimiento de estos rodillos se lo hace por medio de motores, cuya velocidad de giro de los rodillos es controlada por un sistema de engranajes. (Figura 3-8)



Figura 3-8 Roladora Tipo Pinch

Fuente: <http://www.dismamex.com.mx/imcar.html>

⁸

MONAR, Willan. *Apuntes Conformado Mecánico*. EPN.

3.5.1.2 Roladora Tipo Zapato Tsih⁸

Esta formada por tres rodillos, dos de los cuales (los pequeños) transmiten el movimiento, permaneciendo fijos durante su funcionamiento y son graduables dependiendo del espesor del material; en cambio el tercer rodillo es el que da la curvatura del material gracias a su movimiento en dirección diagonal y gira solo por rozamiento con el material; la entrada del material se lo hace por los rodillos fijos, el movimiento es por medio de motores, cuya velocidad de giro de los rodillos es controlada por un sistema de engranajes. (Figura 3-9)



Figura 3-9 Roladoras de Zapato IMCAR series Tsih

Fuente: <http://www.dismamex.com.mx/imcar.html>

3.5.1.3 Roladora Manual⁹

Está formada por tres rodillos, su funcionamiento es manual (Figura 3-10). En general el movimiento de los rodillos inferiores se los realiza por medio de una manivela, cuya velocidad de giro es controlada por el operario. En este tipo de roladoras no se necesita de un esfuerzo grande ya que el rolado se lo realiza en lámina fina o delgada.

⁸ MONAR, Willan. *Apuntes Conformado Mecánico*. EPN.

⁹ www.maquiventa.com



Figura 3-10 Roladora Manual
Fuente: <http://www.maquiventa.com>

3.5.1.4 Roladora Universal para Perfiles¹⁰

Formada por tres rodillos, uno superior fijo y dos inferiores que tienen movimiento independiente uno del otro, todos con tracción motorizada y superficie lisa, lo que permite obtener un curvado óptimo con cualquier tipo de perfil sin dañar su superficie. (Figura 3-11)



Figura 3-11 Roladora Universal para todo tipo de Perfiles
Fuente: <http://www.gauchito.net/catálogo.asp>

¹⁰ www.gauchito.net/catálogo.asp

3.5.2 ROLADORAS DE CUATRO RODILLOS¹¹

Este tipo de roladoras tienen el rodillo superior fijo y los tres rodillos inferiores con movimientos independientes, lo que permite el precurvado en una sola vez teniendo como resultado diámetros perfectos.

3.5.2.1 Roladora Neumática Tech

Son roladoras de placa de cuatro rodillos, el rodillo superior es fijo y con movimiento del resto de los rodillos basculante, lo que permite el precurvado en una sola vez teniendo como resultados diámetros exactos. Dos rodillos tienen tracción (superior y pinzador) y trabajan con un motor y reductor eléctrico. Estas roladoras poseen panel de mandos programable para ciclo automático. Equipada con soporte de apertura y cierre neumático controlado desde el panel de mandos, una velocidad de avance, un soporte vertical con movimiento manual, dos reglas para escuadrar la entrada de la lámina y protecciones de seguridad.(Figura 3-12)



Figura 3-12 Roladora Neumática Tech
Fuente: www.dismamex.com.mx/imcar.html

¹¹ www.dismamex.com.mx/imcar.html

3.5.2.2 Roladora Hidráulica Tech

Roladoras de placa de cuatro rodillos, el superior es fijo y los tres rodillos inferiores con movimiento independiente uno de los otros, lo que permite el precurvado en una sola vez teniendo diámetros perfectos. Dos rodillos tienen tracción (superior y pinzador) y trabajan con dos motores y reductores hidráulicos; con panel de mandos programable para ciclo automático. Equipada con soporte de apertura y cierre hidráulico controlado desde el panel de mandos, una velocidad de avance, un soporte vertical con movimiento, reglas para escuadrar la entrada de la lámina y protecciones de seguridad. (Figura 3-13)



Figura 3-13 Roladora Hidráulica Tech

Fuente: www.dismamex.com.mx/imcar.html

3.6 MATERIAL DE LOS RODILLOS PARA ROLAR¹²

Los rodillos son el elemento más importante en cuanto a vida útil como a costos por ende el material usado preferentemente para los rodillos es el acero AISI 1018, AISI C 1045 forjado o simplemente el AISI 1045 tratado térmicamente, ya que estos rodillos son sometidos a desgaste, en caso de esfuerzos extremos se usa AISI 4340 o similares y son diseñados de manera que ofrezcan una rápida y fácil reemplazo.

¹² Anexo III. Tabla Especificaciones Aceros

3.7 PARÁMETROS DEL ROLADO⁵

La roladora manual tiene una forma simétrica que se asemeja a un triángulo isósceles, figura 3-14, los parámetros del rolado son: geometría de la máquina, interacción rodillos-pieza de trabajo, propiedades mecánicas del material, geometría del material, relación entre la geometría de la pieza y las propiedades mecánicas del material.

3.7.1 PARÁMETROS DE LA GEOMETRÍA DE LA MÁQUINA:

Está relacionada con el radio de los rodillos (superior e inferior), distancia entre centros de rodillos inferiores y el ángulo entre la línea de centro y de simetría.

R = radio rodillo superior

r = radio de los rodillos inferiores

L = distancia entre centros rodillos inferiores

α = Ángulo comprendido entre la línea de simetría y la línea de centros superior e inferior

⁵ AYALA, Rodolfo. (1991). *Diseño y Construcción de una Roladora con Motor*. EPN. Tesis

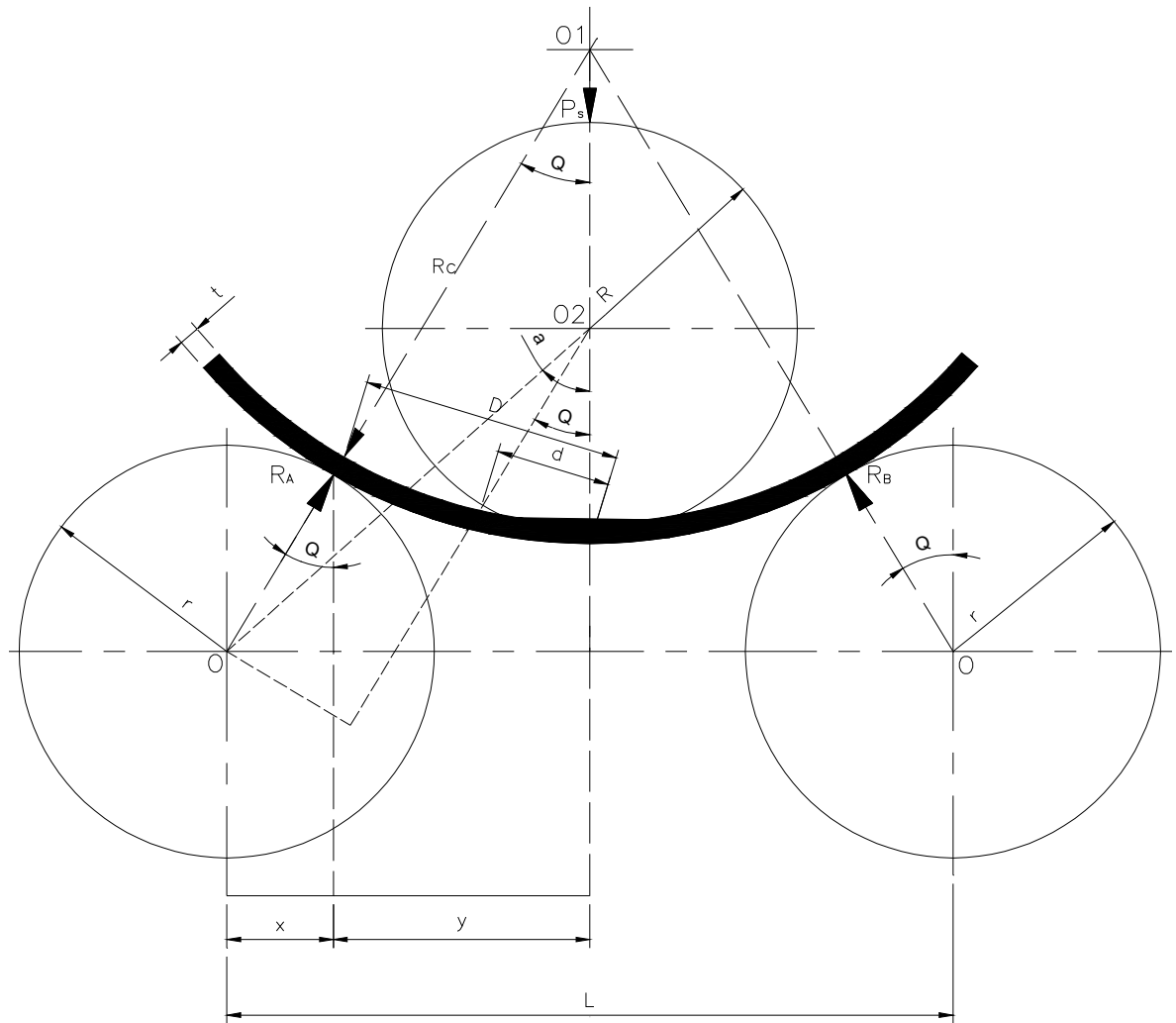


Figura 3-14 Parámetros Roladora

Fuente: Gangotena Rodrigo "Análisis del Doblado con Rodillo". EPN/Tesis/1 986

3.7.2 PARÁMETROS DE LA INTERACCIÓN RODILLOS-PIEZA DE TRABAJO

Es importante porque sirve para determinar la fuerza de doblado, espesor del material a doblarse y radio de curvatura de la pieza doblada. (Figura 3-14) Los parámetros obtenidos son:

P_s = fuerza de doblado aplicada en el eje de simetría

R_A y R_B = reacciones a la fuerza de doblado que aparecen radialmente en los rodillos inferiores

θ = ángulo comprendido entre la normal al rodillo en el punto de contacto con la lámina y la vertical

Mediante un análisis geométrico, se determina:

$$\theta = \alpha - \text{Cos}^{-1} \left[\frac{2(R+r+e)\text{Sen}\alpha}{L} \right]$$

D = distancia entre el punto de contacto de la lámina con el rodillo inferior y la línea de simetría

d = distancia entre el punto de contacto de la lámina con el rodillo superior y el eje de simetría

R_c = radio de curvatura de la pieza doblada

t = espesor material

3.7.3 PARÁMETROS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL

Tiene que ver con la ductilidad y el límite de fluencia determinantes para la fuerza de doblado.

En términos generales, cualquier material dúctil que puede ser conformado en frío por otro proceso puede ser doblado en las roladoras de rodillo.

De los innumerables parámetros que presentan las propiedades mecánicas de los materiales, el límite de fluencia es el que más interesa para el cálculo de la fuerza de doblado.

S_y = Límite de Fluencia

3.7.4 PARÁMETROS DE LA GEOMETRÍA DEL MATERIAL

De la geometría del material interesan todos los parámetros de forma que tiene que ver con la sección transversal, en base a esto se puede obtener el módulo plástico.

Para comprender mejor la geometría de las secciones transversales se las puede dividir en simétricas y asimétricas.

Las secciones transversales simétricas son todas aquellas que tienen por lo menos dos ejes de simetría, como se muestra en la figura 3-15; pero además, en el caso del doblado se necesita que dichos ejes sean perpendiculares entre si (el triángulo equilátero es simétrico, pero sus ejes de simetría no son perpendiculares entre si)

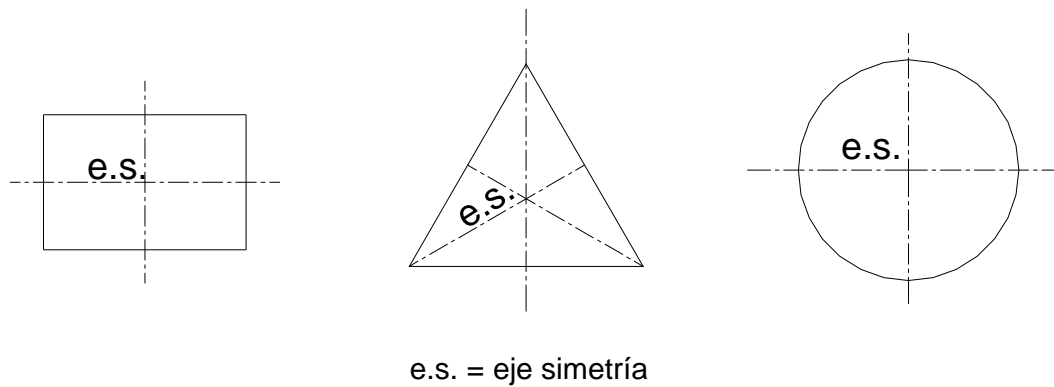


Figura 3-15 Figuras Simétricas

Fuente: Gangotena Rodrigo "Análisis del Doblado con Rodillo". EPN/Tesis/1 986

El modulo plástico se obtiene a partir del momento estático de área de cualquiera de la dos partes en que divide el eje neutro a la sección transversal¹³.

$$Z = 2 M_{es} = 2 M_{ei}$$

De donde:

Z = módulo plástico

M_{es} = momento estático de la sección transversal sobre el eje neutro plástico

M_{ei} = momento estático de la sección transversal bajo el eje neutro plástico

¹³ **GANGOTENA, Rodrigo.** (1986). *Análisis de Doblado con Rodillo*. EPN. Tesis

3.7.5 RELACIÓN ENTRE LA GEOMETRÍA DE LA PIEZA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL

De especial interés para la obtención del momento límite (por flexión). El parámetro más importante que se obtiene (en lo que a doblado tiene que ver) es el momento límite.

El doblado se produce gracias a la deformación plástica del material bajo una sollicitación de flexión. (Figura 3-16).

Una representación idealizada se muestra en este diagrama en la cual una vez alcanzada la fluencia en el punto "y", la deformación continúa sin ningún aumento posterior de la tensión aplicada.

Un material que se ajusta a esta curva se considera elasto-plástico perfecto y bajo esta hipótesis, el estudio se ve facilitado, pues las tensiones serán proporcionales a las deformaciones, hasta cuando la tensión máxima alcanza el valor del límite de fluencia.

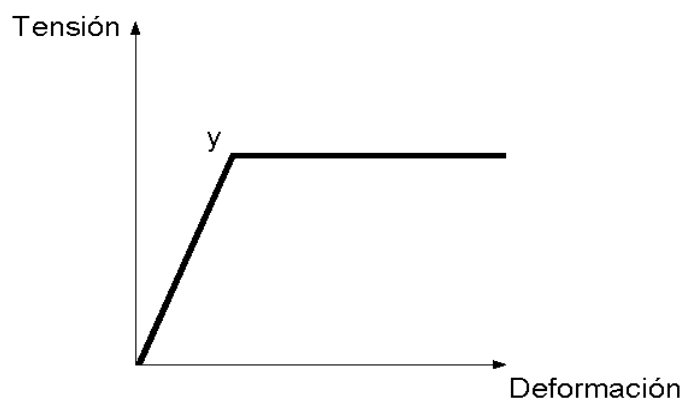


Figura 3-16 Curva Tensión-Deformación

Fuente: Gangotena Rodrigo "Análisis de Dobrado con Rodillo". EPN/Tesis/1 986

Posteriormente todo incremento del momento aplicado, tendrá como contra partida no un incremento de la tensión máxima, sino una propagación de la fluencia de afuera hacia adentro. Correspondiéndose con la propagación de la fluencia o toda la sección transversal, teniéndose un valor límite para el momento interno generado en la sección transversal, a partir de la cual, toda deformación adicional se consigue sin aumento de momento aplicado.

Los parámetros obtenidos son:

Para una sección rectangular, el momento límite es:¹³

$$ML = z * S_y$$

$$z = \frac{b * h^2}{4}$$

De donde:

$$ML = \frac{b * h^2}{4} * S_y \quad (3.1)$$

ML = momento límite

z = módulo plástico (sección rectangular)

S_y = límite de fluencia

b = ancho útil de la lámina

$t = h$ = espesor máximo de la lámina (Figura 3-14)

¹³ **GANGOTENA, Rodrigo.** (1986). *Análisis de Doblado con Rodillo*. EPN. Tesis

3.8 DEFECTOS DEL ROLADO¹⁴

Las precauciones para conformado cilíndrico, son las mismas que para doblar.

Cuando se curva una lámina recocida sin recubrimiento, o recocida durante el proceso de galvanizado sin tratamiento adicional, sufre una serie de arrugas paralelas (llamadas “estrías”) que se presentan en el sentido transversal al curvado.

Cuando el material base se somete a nivelación, entonces el rolado se logra sin estrías. Es así como la lámina para rolar debe tener un esfuerzo de elongación superior al punto de fluencia con el fin de reducir dicho efecto.

Para rolar se debe tener muy en cuenta una descripción respectiva del material. Aún el material nivelado por tensión, con el paso del tiempo incrementa levemente su punto de fluencia debido al envejecimiento natural. Es necesario, en consecuencia, que éste sea utilizado tan pronto como sea posible o que sea nuevamente nivelado antes del uso, en caso de que no se utilice dentro de un tiempo adecuado.

3.9 LUBRICANTES PARA EL PROCESO DE DOBLADO¹⁴

Los lubricantes permiten un buen funcionamiento mecánico al evitar la abrasión y las deformaciones del material. Para el doblado en general se utilizan los siguientes lubricantes: aceites minerales, aceites colorantes, aceites grasos, grasas sulfuradas, productos jabonosos, pastas, grasa y ceras.

¹⁴ **URMAN, Lucio.** *Trabajo Mecánico de los Metales.* ITS. Buenos Aires

CAPÍTULO IV

4 DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ROLADORA MANUAL

4.1 ESTUDIO DEL DOBLADO CON RODILLO¹³

Existen varias hipótesis que se deben considerar para el estudio de rolado con rodillos:

El proceso se lleva a cabo en la zona plástica de los materiales.

El análisis de deformación se lleva a cabo, suponiendo que estos son elasto-plásticos perfectos.

El rolado tiene que ver con la teoría de la barra simplemente apoyada con carga distribuida.

Las secciones planas siguen permaneciendo planas aún durante la deformación plástica.

El estudio será hecho para una roladora que se asemeja a un triángulo isósceles, que es el tipo de máquina que se construye mediante este proyecto.

“Durante el rolado, aparecen fuerzas adicionales a las del doblado como la fricción, sin embargo solo se analizan aquellas que provocan la deformación”⁵.

⁵ AYALA, Rodolfo. (1991). *Diseño y Construcción de una Roladora con Motor*. EPN. Tesis

¹³ GANGOTENA, Rodrigo. (1986). *Análisis de Doblado con Rodillo*. EPN. Tesis

4.2 ESTUDIO DE LA FUERZA DE DOBLADO⁵

Un primer aspecto importante para el doblado, es la magnitud de la fuerza, momento o potencia requeridos para realizar dicha operación. El estudio de las fuerzas, permite dimensionar, construir y escoger los materiales apropiados.

La fuerza de doblado se define como aquella capaz de provocar en el material su momento límite; esto es, lograr que el límite de fluencia se propague por toda la sección transversal de la pieza y pueda así el material ser deformado plásticamente, adquiriendo un radio de curvatura determinado.

Desde el punto de vista de la resistencia de materiales, la lámina a doblarse, se la considera como una viga simplemente apoyada, en la que los soportes son los rodillos inferiores y la carga aplicada lo ejerce el rodillo superior. (Figura 4-1)

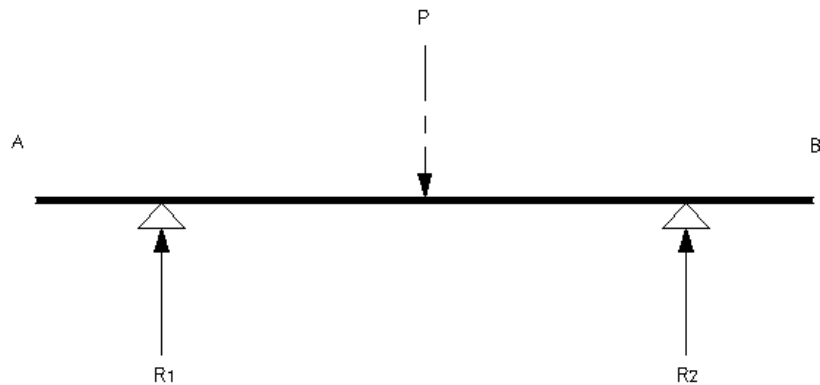


Figura 4-1 Viga Simplemente Apoyada Con Carga Puntual

⁵ AYALA, Rodolfo. (1991). *Diseño y Construcción de una Roladora con Motor*. EPN. Tesis

El análisis de las fuerzas que intervienen en los tres rodillos está representada en la figura 4-2 la misma que muestra dos reacciones inferiores R_A, R_B y una fuerza superior P_s , las cuales pueden ser esquematizadas aún más para facilitar la obtención de la distribución del momento flector, como en la figura 4-3.

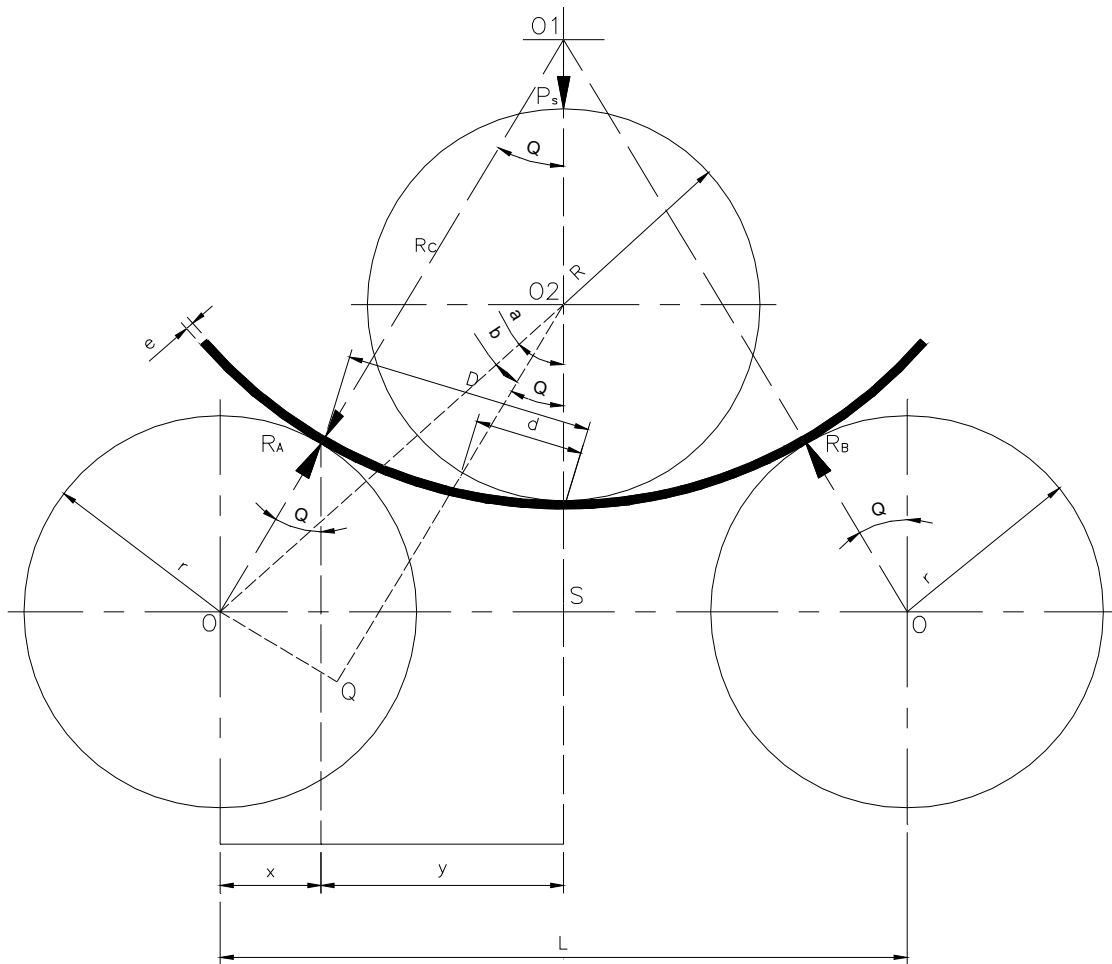


Figura 4-2 Parámetros Roladora

Fuente: Gangotena Rodrigo "Análisis de Doblado". EPN/Tesis/1 986

De la figura 4-3 del momento flector se obtiene que el máximo se encuentra localizado en la parte media de la viga, donde se producirá el momento límite que provocará el doblado.

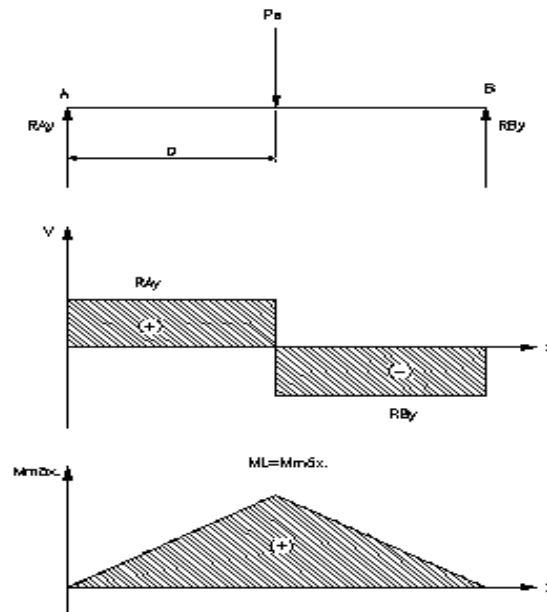


Figura 4-3 Viga Simplemente Apoyada con Carga Puntual

Para la obtención de las ecuaciones se toma en cuenta una distribución más aproximada de la forma de aplicación de la carga, en la figura 4-4, se nota que el rodillo superior no transmite la fuerza a través de un solo punto de contacto con el material, lo hace a lo largo de un arco de circunferencia, por lo que se deduce que es una fuerza distribuida. Entonces se debe estimar la forma de la distribución.

La pieza aún se mantiene unida al rodillo del otro lado del eje, pero se puede considerar que no existe fuerza o la fuerza realizada de este lado es mínima más bien producto de la recuperación elástica del material, pues en teoría la pieza sale completamente conformada desde el eje de simetría.

El tamaño del arco de contacto varía de acuerdo a la posición del rodillo superior y del espesor del material como función del ángulo θ .

Aproximando la fuerza a una carga distribuida de tipo triangular y utilizando la hipótesis de que la fuerza de doblado solo está aplicada en un extremo del eje de simetría, se puede determinar una expresión matemática para la fuerza aplicada. (Figura 4-4)

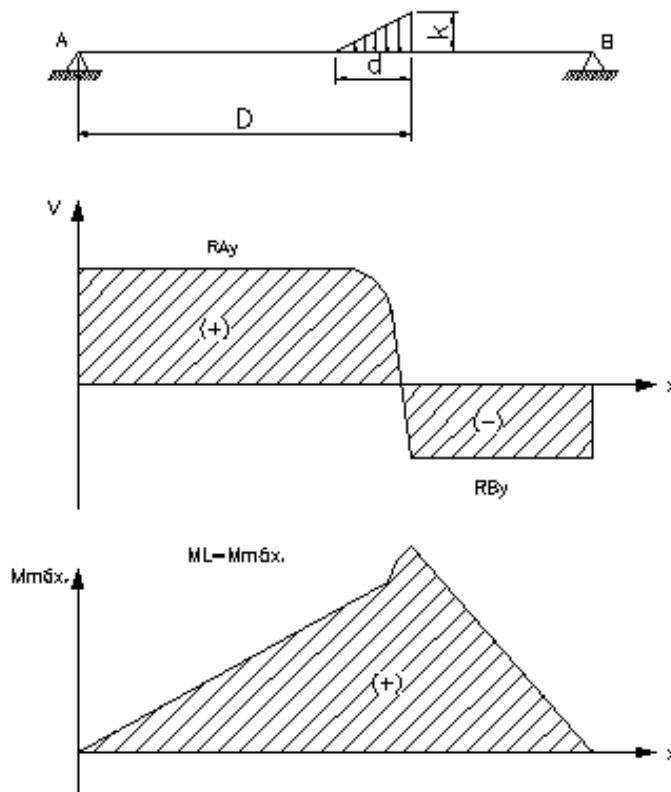


Figura 4-4 Viga Simplemente Apoyada con Carga Distribuida

De la figura 4-4 del momento flector, se obtiene que el máximo se encuentra localizado en la parte media de la viga, donde se producirá el momento límite que provocará el doblado, que esta concentrado sobre la porción de material que instantáneamente atraviesa por la línea de simetría de la máquina, teniendo así.

$$P_s = \frac{k * d}{2} \quad (4.1)$$

En el equilibrio:

$$\sum F_y = 0$$

$$P_s = R_{Ay} + R_{By} \quad (4.2)$$

Por sumatoria de momentos en los dos extremos se obtienen las ecuaciones para determinar las reacciones R_{Ay} , R_{By} en los apoyos:

$$\sum MB = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{k * d(3D + 2d)}{12D} \quad (4.3)$$

$$\sum MA = 0$$

$$R_{By} = \frac{k * d(3D - 2d)}{12D} \quad (4.4)$$

Del diagrama de momento flector se tiene que el momento máximo está en:

$$x = D + d \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{d}{3D}} \quad (4.5)$$

$$M_{m\acute{a}x.} = R_B \left(D + \frac{2d}{3} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{d}{3D}} \right) \quad (4.6)$$

De la figura 4-2 se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$R_A = \frac{R_{Ay}}{\cos \theta} \quad R_B = \frac{R_{By}}{\cos \theta} \quad (4.7)$$

$$x = r * \text{Sen} \theta \quad (4.8)$$

$$D = \frac{\left(\frac{L}{2} - x\right)}{\text{Cos} \theta} \quad (4.9)$$

$$d = R * \text{Tan} \theta \quad (4.10)$$

Reemplazando las ecuaciones (4.4) y (4.7) en la ecuación (4.6) se obtiene la ecuación del momento máximo:

$$M_{\text{máx.}} = \frac{k * d(3D - 2d)}{12D * \text{Cos} \theta} * \left(D + \frac{2d}{3} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{d}{3D}} \right) \quad (4.11)$$

$$M_{\text{máx}} = ML$$

Reemplazando la ecuación (4.1) en la ecuación (4.11) se obtiene:

$$ML = \frac{P_s(3D - 2d)}{6D * \text{Cos} \theta} * \left(D + \frac{2d}{3} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{d}{3D}} \right) \quad (4.12)$$

Despejando P_s de la ecuación (4.12) se tiene:

$$P_s = \frac{6ML * D * \text{Cos} \theta}{(3D - 2d) \left(D + \frac{2d}{3} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{d}{3D}} \right)} \quad (4.13)$$

La ecuación (4.13) representa la expresión de la fuerza de doblado P_s .

4.3 VARIACIÓN DEL ÁNGULO (θ)

Es necesario conocer los límites entre los cuales varia el ángulo θ . (Figura 4-5)

De la figura 4-5 se establece que θ puede variar desde cero grados para la posición en la cual no es deformada y un máximo cuando se realiza un doblado, considerado el espesor muy pequeño. Este valor máximo tiende al valor de α máximo, así:¹³

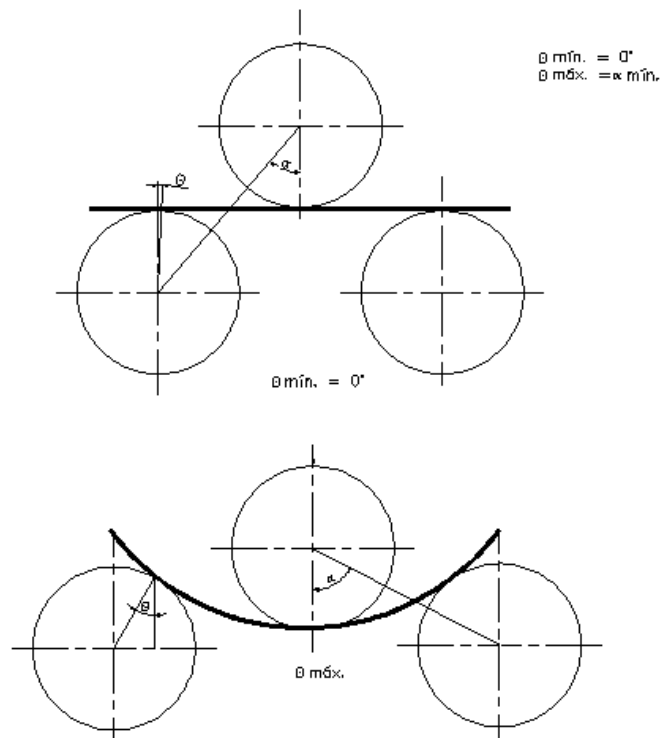


Figura 4-5 Variación Angulo θ

Fuente: Gangotena Rodrigo "Análisis de Doblado". EPN/Tesis/1 986

¹³ GANGOTENA, Rodrigo. (1986). *Análisis de Doblado con Rodillo*. EPN. Tesis.

De la figura 4-2 se obtiene las siguientes expresiones para la obtención de los ángulos θ y α :

ΔOO_2Q Rectángulo

$$\cos\beta = \frac{O_2Q}{OO_2} \quad (4.15)$$

ΔOO_2S Rectángulo

$$\sin\alpha = \frac{OS}{OO_2} \quad (4.16)$$

Reemplazando valores en la ecuación (4.16):

$$\sin\alpha = \frac{L/2}{OO_2}$$

Despejando OO_2 se tiene:

$$OO_2 = \frac{L/2}{\sin\alpha}$$

Reemplazando OO_2 en la ecuación (4.15) se tiene:

$$\cos\beta = \frac{O_2Q * \sin\alpha}{L/2}$$

Reemplazando valores:

$$\cos\beta = \frac{(R + r + e) * \sin\alpha}{L/2}$$

$$\beta = \frac{\text{Cos}^{-1}[(2*(R+r+e)*\text{Sen}\alpha)]}{L} \quad (4.17)$$

Reemplazando valores en la ecuación (4.16) y despejando α se obtienen:

$$\alpha = \text{Sen}^{-1}\left(\frac{L}{2*(R+r)}\right) \quad (e = 0) \quad (4.18)$$

$$\theta = \alpha - \beta \quad (4.19)$$

$$\theta_{\text{máx}} = \text{Sen}^{-1}\left(\frac{L}{2(R+r+e)}\right) \quad (e \geq 0) \quad (4.20)$$

4.4 SELECCIÓN DE MATERIALES

Los materiales se seleccionan con el objetivo de elegir los adecuados, con la ayuda de especificaciones técnicas, normas y también a través de criterios de selección como:

La facilidad de construcción y montaje para el funcionamiento óptimo del equipo.

El mantenimiento ya que garantiza y prolonga la vida útil de los mecanismos que lo conforman.

Los costos, es un factor muy importante en el campo constructivo, como también la adquisición de materiales en el mercado local de los dispositivos a utilizar.

La seguridad para el manejo del operario, para evitar cualquier accidente.

Otros como por ejemplo la experiencia adquirida en visita a talleres.

4.4.1 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN¹²

Los materiales para la construcción de la roladora manual se escogieron en base a los parámetros y criterios antes mencionados como también la inspección visual en otro tipo de maquinaria similar:

4.4.1.1. Acero de bajo contenido de carbono ASTM A-36

Por la disponibilidad que se tenía de este material se seleccionó para realizar, la construcción de los diferentes elementos de la roladora manual, además por su fácil adquisición, su costo relativamente bajo en el mercado local el mismo que tiene variedad de aplicaciones para fines de ingeniería. (Anexo III).

4.4.1.2. Acero de transmisión AISI 1018

Por la disponibilidad que se tenía de este material conocido en el mercado como acero de transmisión; se seleccionó para realizar la construcción de los rodillos, tornillos y ejes de la roladora manual, ya que es un acero no aleado de mayor resistencia, para uso en partes de maquinaria, piñones, rodillos, flechas, engranes, tornillos sin fin, pernos de dirección, pernos de cadena, ruedas de cadena, etc. (Anexo III)

4.4.1.3 Bronce fosfórico¹⁵

Se utilizó para la construcción de los cojinetes de fricción. Los nombres de las variedades de bronce provienen de los componentes adicionales, como es el caso del bronce fosfórico el cual se seleccionó por ser un material más resistente y duro que usualmente se utiliza para la construcción de los cojinetes de fricción o bocines. (Anexo III)

¹² Anexo III. *Materiales.*

¹⁵ Biblioteca de Consulta Microsoft © Encarta © 2006/© 1993-2005/Microsoft Corporation.

4.4.1.4. Material para las prácticas de rolado

El material que se utilizará para las prácticas de rolado es básicamente: acero galvanizado y materiales dúctiles, menores a 1 mm, antes de cada operación tener en cuenta que las propiedades del material a rolarse sea uno de los aquí recomendados para no forzar la máquina.

La ductilidad y la plasticidad del material indican que se puede deformar con mayor facilidad siendo esta una característica importante en el proceso de conformado de lámina metálica.

4.5 PARÁMETROS PARA LA COSTRUCIÓN

Los parámetros fundamentales que se tomaron en cuenta para la construcción de la roladora manual son: radio del rodillo superior, radios de los rodillos inferiores, la separación entre centros de estos dos últimos y material a rolar.

Los tres rodillos tienen un diámetro exterior de 50.8 mm (2 pulgadas) por disposición de material que se tenía; luego se procedió a realizar el cilindrado de los mismos obteniendo un diámetro exterior final aproximado de 48 mm para fines de cálculo de los demás parámetros.

La separación entre centros de los rodillos inferiores (L) se determina, según la ecuación (4.21)¹³:

$$L_1 < 2r + R$$

y

$$L_2 > 2r \quad (4.21)$$

¹³ **GANGOTENA, Rodrigo.** (1986). *Análisis de Doblado con Rodillo*. EPN. Tesis.

4.6 CÁLCULO EN DETALLE

Para los cálculos se partieron de los siguientes datos:

Material: acero ASTM A36

Ancho útil lamina = $b = 500mm$

Espesor máximo = $e = 1mm$

Límite de fluencia¹² = $S_y = 290 \frac{N}{mm^2}$

Diámetro exterior de los rodillos: $\phi_e = 48mm = \Rightarrow R = r = 24mm$

Desarrollo:

De la fórmula (3.1) del Momento Límite (ML) para una sección rectangular se tiene que:

$$ML = 36250N.mm$$

La separación entre centros de los rodillos inferiores se obtiene de la ecuación (4.21):

$$L_1 = 72mm \text{ y } L_2 = 48mm$$

En teoría se obtiene 72mm y 48mm, para el cálculo y construcción, se seleccionó $L = 84mm$, para que no se desperdicien las ruedas de cadena que se disponían.

¹² Anexo III. Materiales. Acero ASTM A36.

Cálculo de los ángulos; ecuación (4.18): $\alpha = \text{Sen}^{-1}\left(\frac{L}{2*(R+r)}\right)$ ($e = 0$) $\alpha = 61.05^\circ$

De la ecuación (4.20): $\theta_{\text{máx}} = \text{Sen}^{-1}\left(\frac{L}{2(R+r+e)}\right)$ ($e \geq 0$), se obtiene: $\theta = 59^\circ$

De la ecuación (4.8): $x = r * \text{Sen}\theta$, se obtiene: $x = 20.57\text{mm}$

De la ecuación (4.9): $D = \frac{\left(\frac{L}{2} - x\right)}{\text{Cos}\theta}$, se obtiene: $D = 41.61\text{mm}$

De la ecuación (4.10): $d = R * \text{Tan}\theta$, se obtiene: $d = 39.94\text{mm}$

Por lo tanto reemplazando estos valores obtenidos en la ecuación (4.13): se tiene la fuerza de doblado:

$$P_s = 1959.95N \quad \Rightarrow \quad \cong 1960N$$

Reemplazando P_s en la ecuación (4.1) se obtiene: $k = 98.15 \text{ N/mm}$

Reemplazando k en ecuaciones (4.3) y (4.4):

$$R_{Ay} = \frac{k * d(3D + 2d)}{12D}, \text{ se obtiene: } R_{Ay} = 1607.16N$$

$$R_{By} = \frac{k * d(3D - 2d)}{12D}, \text{ se obtiene: } R_{By} = 352.9N$$

Reemplazando estos valores en las ecuaciones (4.7):

$$R_A = \frac{R_{Ay}}{\cos \theta}, \text{ se obtiene la reacción: } R_A = 3120.47N$$

$$R_B = \frac{R_{By}}{\cos \theta}, \text{ se obtiene la reacción: } R_B = 685.19N$$

4.7 DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN

El dimensionamiento y la construcción se realizó tomando como base algunas máquinas existentes en catálogos de productos para la industria, talleres de reparación y empresas visitadas.

Recopilado lo mejor de cada una de estas fuentes de información y aprovechando los recursos existentes en el medio, la roladora tiene los siguientes elementos que la constituyen:

4.7.1 BASE SOPORTE



Figura 4.6 Base Soporte

Esta sirve de soporte de todo el equipo, a la vez que le da el cuerpo y la forma a la misma, debe ser lo suficientemente rígida y estable para facilitar su operación; además debe evitar que los elementos que sobre ella están sufran algún daño si se produce una caída.

Sobre la misma se montan los rodillos y demás mecanismos, por esta razón se optó por construir cuatro columnas verticales en un ángulo L 30x30 espesor de 3 mm, que conjuntamente con cuatro placas cuadradas base de 50x50 espesor de 3 mm, en cada columna complementan la estabilidad, y transmiten las cargas al piso; de manera que permanezca firme. (Figura 4.6)

Posee dos bisagras y un soporte que contiene una tuerca whitworth normal DIN 11 (7/8 pulg.) 22.23 mm diámetro interior, que va soldada con electrodo E-6011 $\text{Ø}=3/16$ pulg. (Anexo III: Tabla Electroodos, Tabla Elementos Normalizados)

Este material se compró en el mercado local y fue construido mediante conformado con arranque de viruta y soldadura en acero ASTM A-36. (Anexo IV, plano 101)

En las láminas de las páginas 54 y 55 constan el proceso de fabricación y la orden de operación de la base soporte y sus elementos,

4.7.1.1 Acabado

El acabado del soporte base tiene las siguientes calidades; en la fabricación de la tuerca; para los taladrados y fresados realizados con herramientas de acero rápido N9, en los ángulos que fueron cortados por aserrado y por ende el amolado de sus caras N10. (Anexo III, Calidades Superficiales)

ORDEN DE EJECUCIÓN

Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S = (avance) mm/rev Vc =(velocidad corte)m/min A = Amperios
1	1.1. Verificar medidas en bruto. 1.2. Cortar a medida: Ángulo L. Preparar soporte. Cortar 2 bisagras. 1.3. Taladrar manualmente agujeros a medida en B. 1.4. Eliminar filos cortantes.		Régimen de Corte
2	2.1. Soldar piezas A ,B y D a medida. 2.2. Soldar bisagras lado X en pieza B a medida. 2.3. Soldar placas base en piezas D.		E 6011 A = 105 E 6013 A = 130
3	3.1. Soldar piezas E y C a medida. 3.2. Soldar soporte con piezas E y C a medida.		E 6011 A = 105 E 6013 A = 130
4	4.1. Unir conjuntos soldados operaciones 2 y 3 a medida.		E 6011 A = 105 E 6013 A = 130
5	5.1. Soldar tuerca 7/8" en soporte. 5.2. Pasar amoladora. 5.3. Limpiar conjunto. 5.4. Eliminar rebabas. 5.5. Pintar conjunto con pintura anticorrosiva color negro.		E 6011 A = 105 E 6013 A = 130

4.7.2 SOPORTES RODILLOS INFERIORES

Estos constituyen cuatro soportes prismáticos rectangulares contruidos mediante conformado con arranque de viruta en acero ASTM A-36 de (50x63x30) mm donde van asentados los dos rodillos inferiores, en cada interior de los mismos está acoplado un bocín de ($\text{Ø}28 \times 30 \times 3$) mm contruidos en bronce fosfórico (Figura 4.7), los mismos que evitan el deterioro prematuro de las superficies por efecto de la fricción, en la parte superior posee un agujero roscado M6 donde van montados los engrasadores, mientras que en la parte inferior tienen dos agujeros roscados de ($\text{Ø}8 \times 20$) mm a una distancia de 26 mm uno del otro, los cuales permiten que se acoplen por medio de pernos y arandelas a la base soporte. (Anexo IV, plano 110, 121)

En las páginas 57, 58, se indica el proceso de fabricación de los soportes de los rodillos inferiores y en las páginas 59, 60 la construcción del bocín.



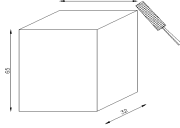
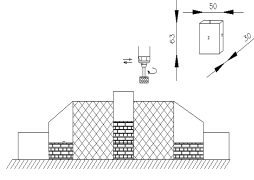
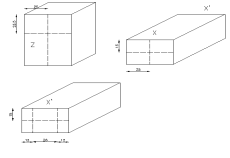
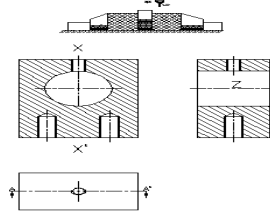
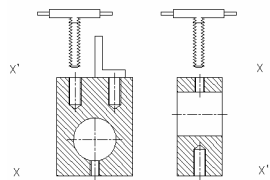
Figura 4.7 Soportes Inferiores

4.7.2.1 Acabado

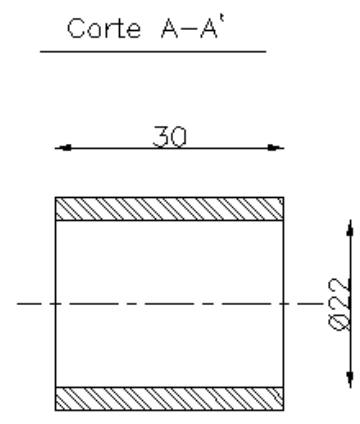
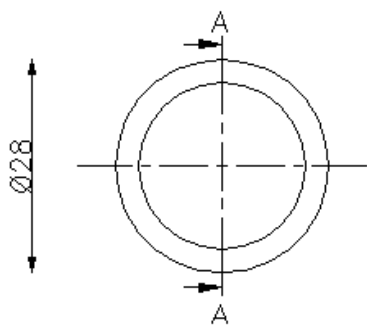
El acabado para estos elementos tiene una calidad N6 para el contacto de superficies de ajustes fijos en el caso de los bocines y N7 en las caras planas de referencias de apoyos en los soportes inferiores. (Anexo III, Calidades Superficiales)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA		
PROCESO DE FABRICACIÓN		
Denominación: SOPORTE INFERIOR	Número de Piezas: 4	
Máquinas Herramientas: Sierra Mecánica , Taladradora , Fresadora Universal		Material: ASTM A-36
Responsable: Byron Saúl Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 110
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>Corte A-A'</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Corte B-B'</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 20px;"> </div> <div style="text-align: right;"> <p>Superficie: ∇ (∇) Tolerancia General: ± 0.1</p> </div>		

ORDEN DE EJECUCIÓN

Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S = (avance) mm/rev Vc =(velocidad corte)m/min
1	1.1. Verificar medidas en bruto. 1.2. Cortar a medida. 1.3. Eliminar filos cortantes.		Régimen de Corte
2	2.1. Aplanar caras en fresadora a medida. 2.2. Eliminar filos cortantes.		n = 550 Vc = 85
3	3.1. Realizar trazado plano en caras: X, X' y Z. 3.2. Revisar medidas para trazado de agujeros.		Mármol Gramil
4	4.1. Taladrar agujeros en caras: X Ø 5x23.5 mm Z Ø 6.5x20 mm X' Ø 28 pasante mm 4.2. Revisar medidas.		n = 430 Vc = 15 n = 550 Vc = 45
5	5.1. Sujetar pieza en banco de ajustador lado X'. 5.2. Pasar machuelo para M8 con ayuda de escuadra. 5.3. Invertir pieza, sujetar X. 5.4. Pasar machuelo para M6 con ayuda de escuadra. 5.5. Eliminar rebabas revisar medidas. 5.6. Pintar.		n = manual

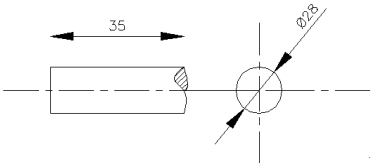
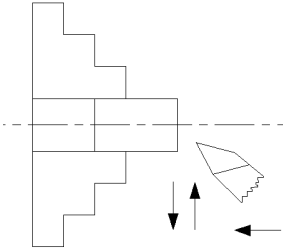
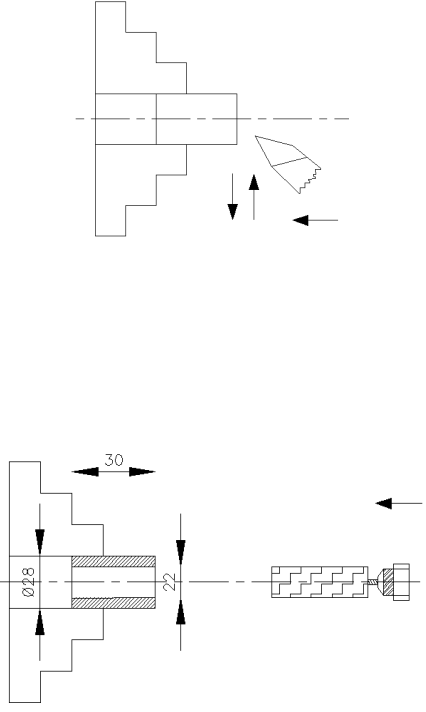
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA		
PROCESO DE FABRICACIÓN		
Denominación: BOCÍN	Número de Piezas: 6	
Máquinas Herramientas: Sierra Mecánica ,Torno Paralelo		Material: Bronce Fosfórico
Responsable: Byron Saúl Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 121



Superficie: ∇ N6

Tolerancia General: $\pm 0,1$

ORDEN DE EJECUCIÓN

Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S = (avance) mm/rev Vc=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Verificar medidas en bruto. 1.2. Cortar a medida $\varnothing 28 \times 35$ mm . 1.3. Eliminar filos cortantes.		Régimen de Corte
2	2.1. Sujetar, y centrar pieza. 2.2. Refrentar primera cara. 2.3. Eliminar filos cortantes.		n = 820 Vc = 65
3	3.1. Invertir pieza. 3.2. Refrentar siguiente cara a medida. 3.3. Pasar brocas: $\varnothing 10$ mm $\varnothing 15$ mm 3.4. Pasar broca punta de diamante $\varnothing 22$ mm . 3.5. Eliminar filos cortantes.		n = 820 Vc = 65

4.7.3 PERNOS HEXAGONALES, ARANDELAS Y ENGRASADORES

Todos estos accesorios son normalizados y se los adquirió en el mercado local (Figuras 4.8, 4.9, 4.10): ocho pernos de cabeza hexagonal M8x18, ocho arandelas M8 y cuatro engrasadores A M6. Los pernos y arandelas permiten fijar a los soportes inferiores en conjunto con la base soporte; los engrasadores van montados sobre los soportes inferiores el mismo que posee un agujero roscado de $\varnothing 6$ mm en la parte superior por donde será depositado el lubricante. (Anexo III, Tabla Elementos Normalizados)



Figura 4.8 Pernos Hexagonales

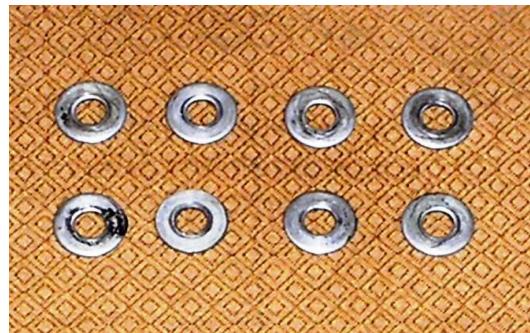


Figura 4.9 Arandelas

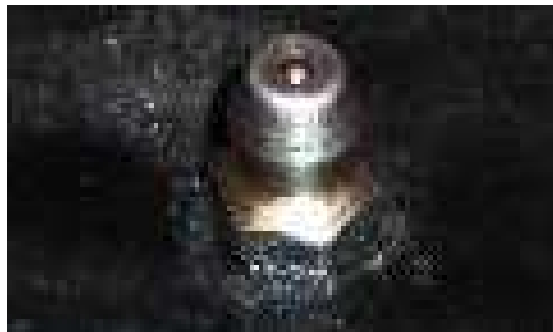


Figura 4.10 Engrasadores

4.7.4 EJES-RODILLOS



Figura 4.11 Ejes Rodillos

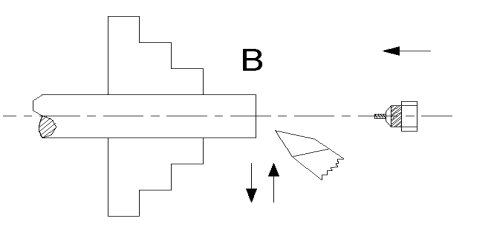
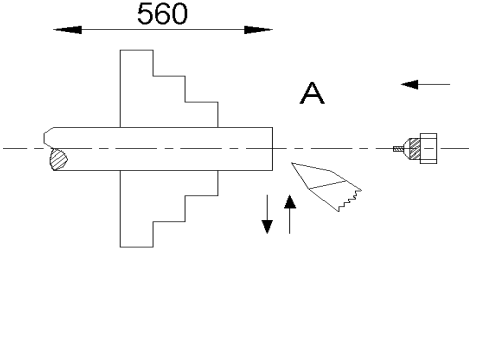
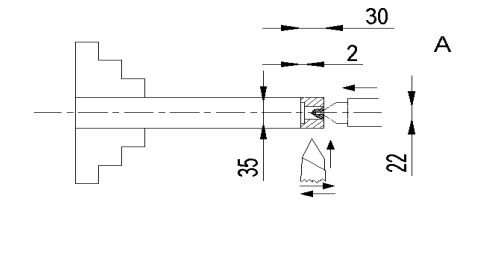
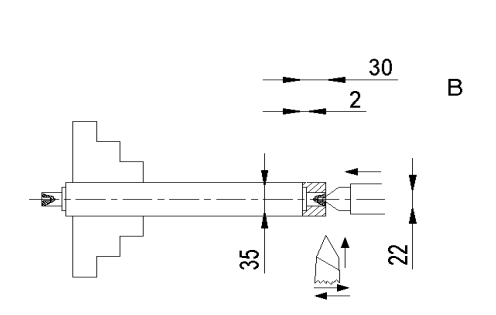
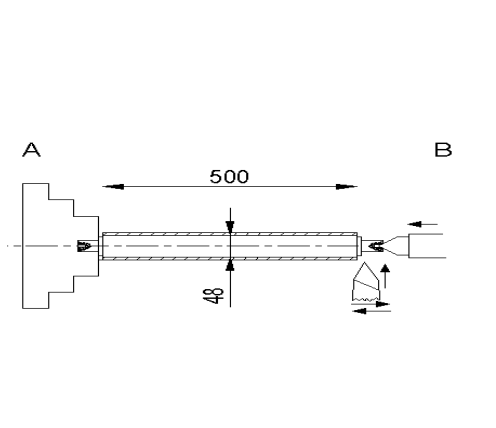
Estos corresponden la parte fundamental de la máquina ya que son los encargados de deformar plásticamente el material a rolar. Para su funcionamiento actúan tres tipos de rodillos los mismos que fueron construidos en acero de transmisión AISI 1018 utilizando procesos de conformado con arranque de viruta. (Figura 4.11)

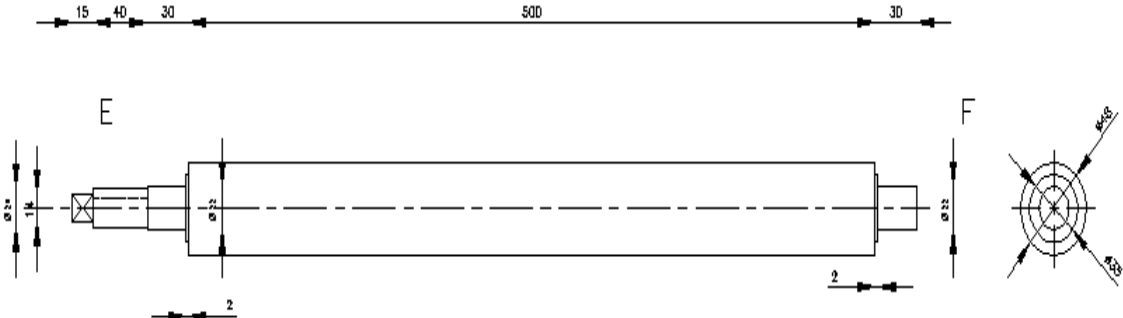

Dos inferiores, uno de ellos motriz que es accionado por una manivela en uno de sus extremos el mismo que se acopla mediante un sistema chaveta-chavetero a una rueda de cadena mayor, que con su respectiva cadena produce el giro a la otra rueda de cadena menor y por ende al rodillo conductor que está acoplado por el mismo sistema chaveta-chavetero.

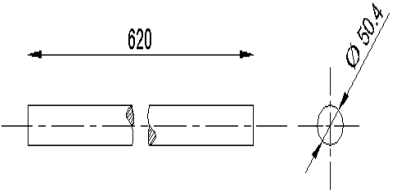
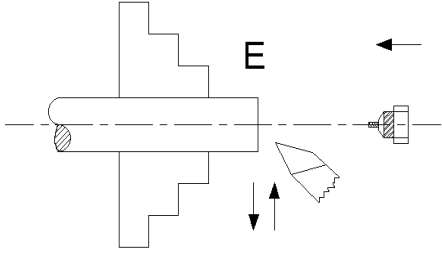
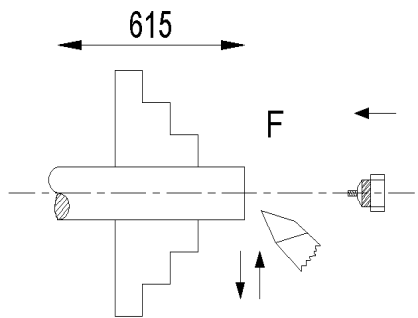
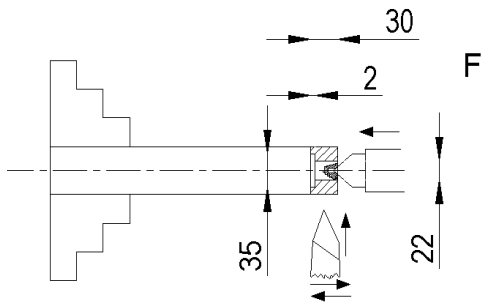
El rodillo superior móvil que se desplaza en sentido vertical, se encuentra acoplado en sus extremos a dos soportes superiores, los mismos que son accionados para dar su desplazamiento por dos tornillos de elevación en cada costado del equipo. (Anexo IV, planos 103, 105,122)

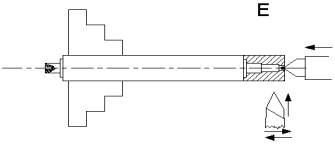
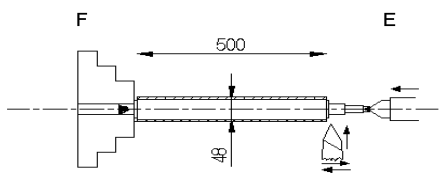
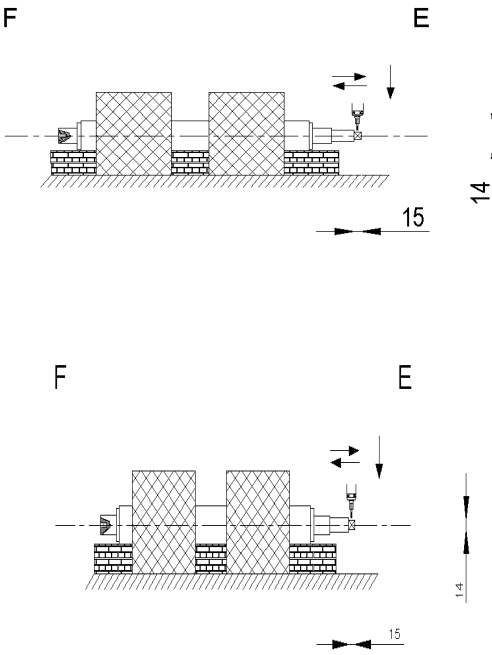
Las láminas de las páginas 63 a la 70 muestran el proceso de construcción de los rodillos.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT	
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA			
PROCESO DE FABRICACIÓN			
Denominación: RODILLO SUPERIOR		Número de Piezas: 1	
Máquina Herramienta: Sierra Alterna, Torno Paralelo.		Material: AISI 1018	
Responsable: Byron Saúl Iza Iza		Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 103
<p>Superficie: $N7$</p> <p>Tolerancia General: $\pm 0,1$</p>			
ORDEN DE EJECUCIÓN			
N°	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S= (avance) mm/rev VC=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Régimen de Corte

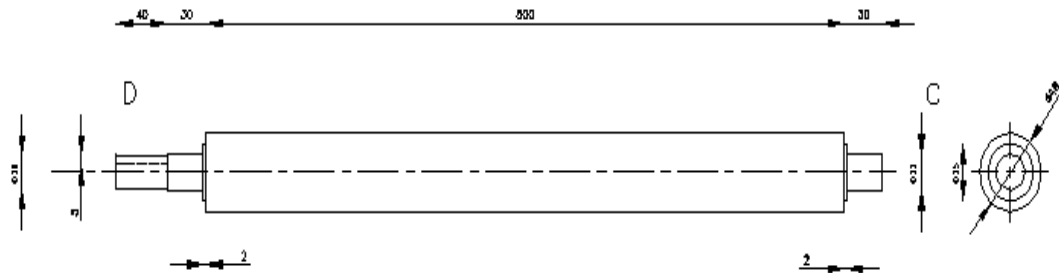
<p>2</p>	<p>2.1. Sujetar, centrar pieza lado. 2.2. Refrentar cara B. 2.3. Pasar broca de centros.</p>		<p>$n = 430$ $S = 0.4$ $Vc = 65$</p>
<p>3</p>	<p>3.1. Invertir y centrar pieza. 3.2. Refrentar cara A = 560. 3.3. Pasar broca de centros.</p>		<p>$n = 430$ $S = 0.6$ $Vc = 65$</p>
<p>4</p>	<p>4.1. Centrar pieza con punto. 4.2. Cilindrar lado A con medidas. 4.3. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 430$ $S = 0.2$ $Vc = 35-45$</p>
<p>5</p>	<p>5.1. Invertir y centrar pieza con punto. 5.2. Cilindrar lado B con medidas. 5.3. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 430$ $S = 0.2$ $Vc = 35-45$</p>
<p>6</p>	<p>6.1. Sujetar y centrar pieza con ayuda de punto. 6.2. Cilindrar medida: $\varnothing 48 * 500$ 6.3. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 550$ $S = 0.2$ $Vc = 85$</p>


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA		
PROCESO DE FABRICACIÓN		
Denominación: RODILLO CONDUCTOR	Número de Piezas: 1	
Máquinas Herramientas : Sierra Alterna, Torno Paralelo, Fresadora Universal		Material: AISI 1018
Responsable: Byron Saúl Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 105
 <p>The drawing shows a cylindrical conductor rod with a total length of 500 units. It features a central section with a diameter of 24 units and a length of 300 units. The left end has a diameter of 22 units and a length of 15 units. The right end has a diameter of 22 units and a length of 30 units. There are chamfered edges with a radius of 2 units. A surface finish symbol (N7) is indicated on the main cylindrical section. A detail view 'F' shows a cross-section with concentric circles and radial lines, with diameters of 22 and 24 units.</p>		
<p>Superficie: </p> <p>Tolerancia General: $\pm 0,1$</p>		

ORDEN DE EJECUCIÓN			
Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S= (avance) mm/rev Vc=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Régimen Corte
2	2.1. Sujetar y centrar pieza lado F. 2.2. Refrentar cara E. 2.3. Pasar broca de centros.		n = 430 S = 0.6 Vc = 65
	3.1. Invertir y centrar pieza. 3.2. Refrentar cara F a 615mm. 3.3. Pasar broca de centros.		n = 430 S = 0.4 Vc = 65
4	4.1. Centrar pieza con punto. 4.2. Cilindrar lado F con medidas. 4.3. Eliminar rebabas.		n = 430 S = 0.2 Vc = 35-45

<p>5</p>	<p>5.1. Invertir y centrar pieza con punto. 5.2. Cilindrar lado E con medidas. 5.3. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 430$ $S = 0.2$ $V_c = 25-35-45$</p>
<p>6</p>	<p>6.1. Sujetar y centrar pieza con ayuda de punto. 6.2. Cilindrar medida: $\varnothing 48 \times 500$mm. 6.3. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 550$ $s = 0.2$ $V_c = 85$</p>
<p>7</p>	<p>7.1. Sujetar y centrar pieza en fresadora. 7.2. Realizar cuadrado en cara E a medida. 7.3. Realizar chavetero en cuadrado a medida. 7.4. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 500$ $S = 0.6$ $V_c = 15$</p> <p>$n = 500$ $S = \text{manual}$ $V_c = 15$</p>

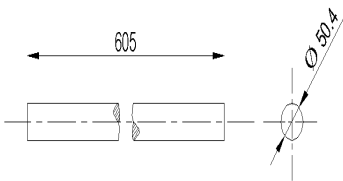
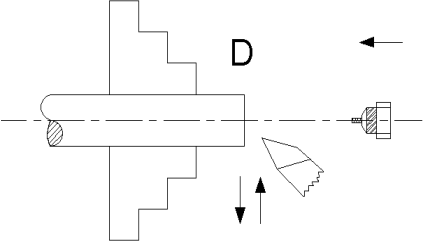
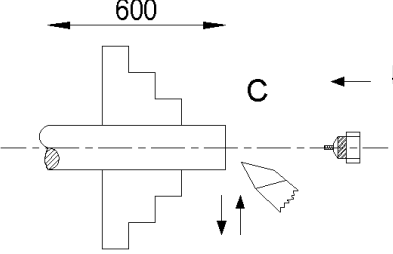
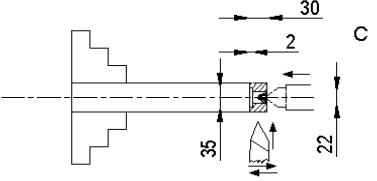
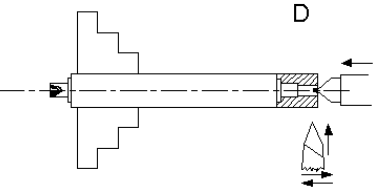
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA		
PROCESO DE FABRICACIÓN		
Denominación: RODILLO CONDUCTIVO	Número de Piezas: 1	
Máquinas Herramientas : Sierra Alterna, Torno Paralelo, Fresadora Universal		Material: AISI 1018
Responsable: Byron Saul Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 122

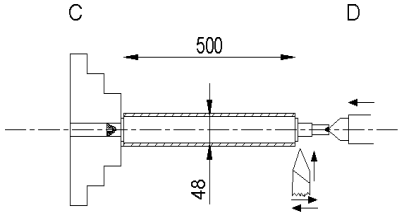
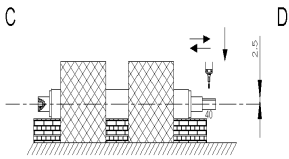


Superficie: 

Tolerancia General: $\pm 0,1$

ORDEN DE EJECUCIÓN

Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S= (avance) mm/rev Vc=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Régimen Corte
2	2.1. Sujetar y centra pieza lado C. 2.2. Refrentar cara D. 2.3. Pasar broca de centros.		n = 430 S = 0.6 Vc = 65
3	3.1. Invertir y centrar pieza. 3.2. Refrentar cara C = 600 mm. 3.3. Pasar broca de centros.		n = 430 S = 0.6 Vc = 65
4	4.1. Centrar pieza con punto. 4.2. Cilindrar lado C con medidas. 4.3. Eliminar rebabas.		n = 430 S = 0.4 Vc = 35-45
5	5.1. Invertir y centrar pieza con punto. 5.2. Cilindrar lado D con medidas. 5.3. Eliminar rebabas.		n = 430 S = 0.2 Vc = 25-35-45

<p>6</p>	<p>6.1. Sujetar y centrar pieza con ayuda de punto. 6.2. Cilindrar medida $\varnothing 48 * 500$ mm. 6.3. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 550$ $S = 0.2$ $V_c = 85$</p>
<p>7</p>	<p>7.1. Sujetar y centrar pieza en fresadora. 7.2. Realizar chavetero a medida. 7.3. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 500$ $s = 0.2$ $V_c = 15$</p>

4.7.4.1 Acabado

El acabado de los rodillos se realizó con una calidad N7. (Anexo III, Calidades Superficiales)

Estos rodillos construidos en acero AISI 1018 poseen 0.18% de contenido de carbono, además trabajan en condiciones de desgaste por contacto bajo la acción de cargas, por lo que tendrá poca vida útil o una falla prematura si son sometidos a esfuerzos mayores. Por lo que se recomienda rolar máximo láminas de acero de espesores menores a 1 mm.

4.7.5 SOPORTE RODILLO SUPERIOR

Estos constituyen dos soportes prismáticos rectangulares contruidos mediante conformado con arranque de viruta en acero ASTM A-36 de dimensiones (34x62x30)mm donde se encuentra asentado el rodillo superior, en el interior de los mismos va acoplado un bocín a presión de ($\text{Ø}28 \times 30 \times 3$)mm contruidos en bronce fosfórico, (figura 4.12) los mismos que evitan el deterioro prematuro de las superficies del rodillo por efecto de la fricción, en la parte superior posee un agujero de ($\text{Ø}16$ mm) donde van montados los tornillos de elevación, y en su costado un agujero pasante de ($\text{Ø} 8$ mm) donde se acopla un pasador que permitirá el desplazamiento vertical del conjunto. (Anexo IV, plano 120)

En las páginas 72 y 73 se indica el proceso de construcción de los soportes del rodillo superior.

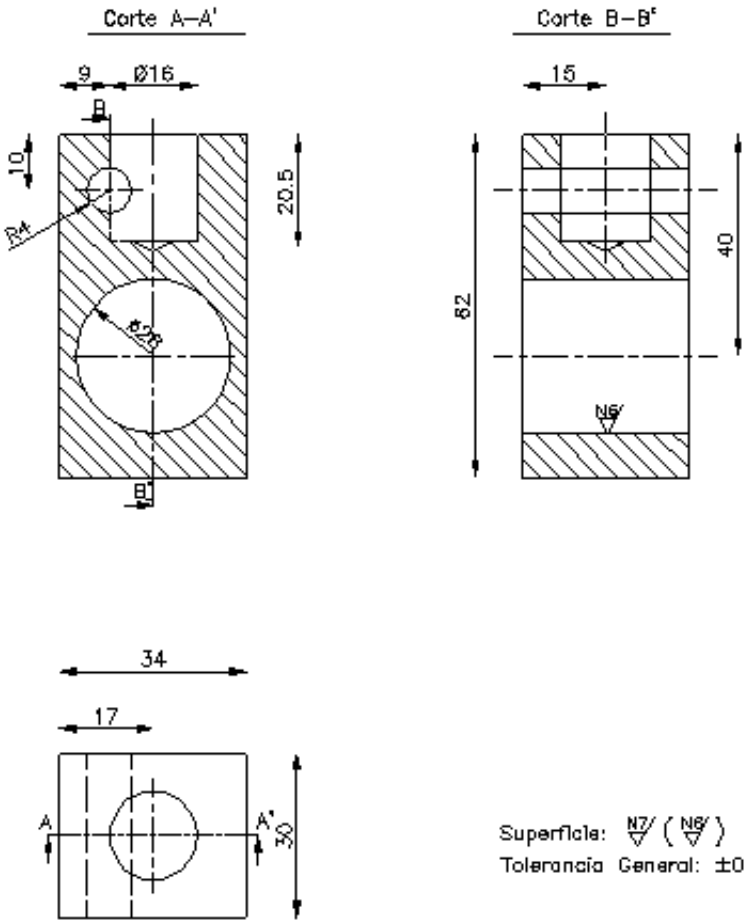


Figura 4.12 Soportes Rodillo Superior

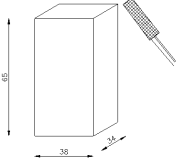
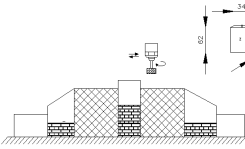
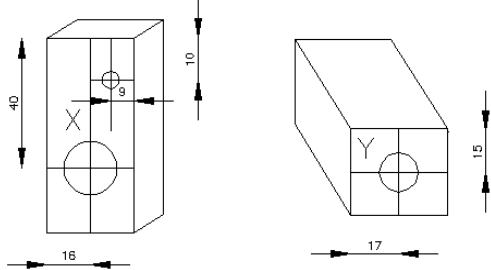
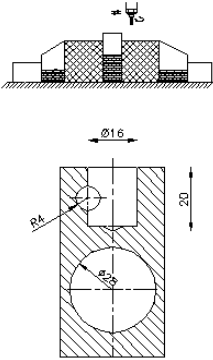
4.7.5.1 Acabado

El acabado para estos elementos tiene una calidad N6 para el contacto de superficies de ajustes fijo en el caso de los bocines y N7 en las caras planas de referencias de apoyos en los soportes inferiores. (Anexo III, Calidades Superficiales)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA		
PROCESO DE FABRICACIÓN		
Denominación: SOPORTE SUPERIOR	Número de Piezas: 2	
Máquinas Herramientas: Sierra Mecánica, Taladradora, Fresadora Universal		Material: ASTM A-36
Responsable: Byron Saúl Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 120



ORDEN DE EJECUCIÓN

Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S = (avance) mm/rev Vc=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Verificar medidas en bruto. 1.2. Cortar a medida. 1.3. Eliminar filos cortantes.		Régimen de Corte
2	2.1. Aplanar caras en fresadora a medida. 2.2. Eliminar filos cortantes.		n = 550 Vc = 85
3	3.1. Realizar trazado plano en caras X y Y. 3.2. Revisar medidas para trazado de agujeros.		Mármol Gramil
4	4.1. Taladrar agujeros en caras trazadas: En X Ø 8 mm pasante. Ø28 mm pasante. En Y Ø16x20 mm. 4.2. Eliminar rebabas, revisar medidas.		n = 430 Vc = 15 n = 550 Vc = 45

4.7.6 TORNILLO DE ELEVACIÓN



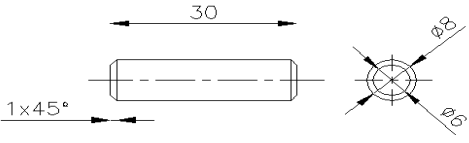
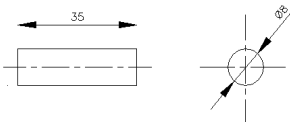
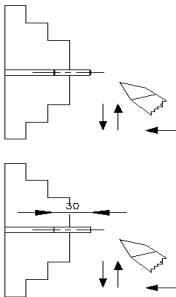
Figura 4.13 Tornillo de Elevación y Eje Pasador

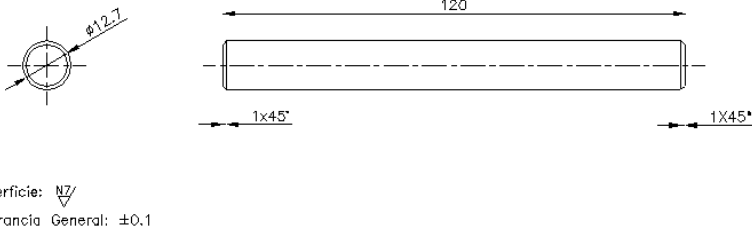
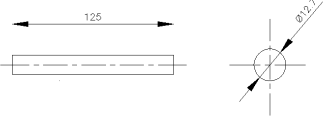
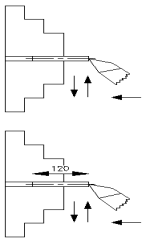
Estos constituyen dos tornillos de elevación, contruidos mediante conformado con arranque de viruta en acero AISI 1018 de dimensiones ($\text{Ø}25.4 \times 127$) mm y rosca whitworth normal DIN 11 con paso de 2.822 mm y diámetro exterior (7/8 pulg.) 22.23 mm, (Anexo III Elementos Normalizados) donde se encuentra acoplado con el soporte superior mediante un pasador de ($\text{Ø}8 \times 30$) mm. (Figura 4.13). Su desplazamiento es manual por medio de un eje pasador de ($\text{Ø}12.7 \times 120$) mm, que sirve de apoyo al operario para subir y bajar en forma vertical al rodillo superior. (Anexo IV, planos 102, 118, 119)

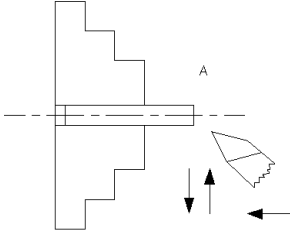
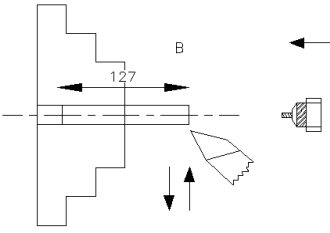
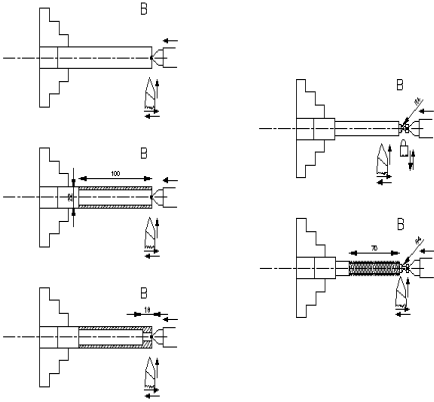
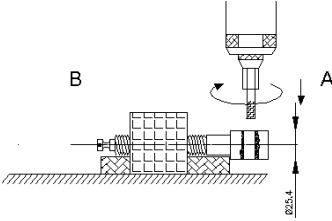
En las páginas 75 a la 78 se indica el proceso de construcción.

4.7.6.1 Acabado

El acabado de los tornillos de elevación se realizó con calidad N8 para la rosca y demás superficies, para el eje-pasador y el pasador se realizó con una calidad N7. (Anexo III, Calidades Superficiales)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT	
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA			
PROCESO DE FABRICACIÓN			
Denominación: PASADOR		Número de Piezas: 2	
Máquina Herramienta: Torno Paralelo		Material: AISI 1018	
Responsable: Byron Saúl Iza Iza		Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 102
 <p>Superficie: ∇ Tolerancia General: ± 0.1</p>			
ORDEN DE EJECUCIÓN			
N°	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S= (avance) mm/rev Vc=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Régimen de Corte
2	2.1. Sujetar y centrar pieza. 2.2. Refrentar primera cara. 2.3. Invertir pieza. 2.4. Refrentar cara a medida. 2.5. Eliminar aristas vivas. 2.6. Realizar chaflán 1x45°.		n = 430 S = manual Vc = 15

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT	
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA			
PROCESO DE FABRICACIÓN			
Denominación: EJE-PASADOR		Número de Piezas: 2	
Máquina Herramienta: Torno Paralelo			Material: AISI 1018
Responsable: Byron Saúl Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14		Plano N° 118
 <p>Superficie: $N\sqrt{\quad}$ Tolerancia General: ± 0.1</p>			
ORDEN DE EJECUCIÓN			
N°	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S= (avance) mm/rev VC=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Régimen de Corte
2	2.1. Sujetar, centrar pieza. 2.2. Refrentar primera cara. 2.3. Invertir pieza. 2.4. Refrentar cara a medida. 2.5. Realizar chaflán 1x45° 2.6. Eliminar aristas vivas.		n = 290 S = manual Vc = 25

<p>2</p>	<p>2.1. Sujetar y centrar pieza lado B. 2.2. Refrentar cara A.</p>		<p>$n = 550$ $S = 0.4$ $Vc = 45$</p>
<p>3</p>	<p>3.1. Invertir y centrar pieza. 3.2. Refrentar cara B a medida. 3.3. Pasar broca de centros.</p>		<p>$n = 820$ $S = 0.6$ $Vc = 15$</p>
<p>4</p>	<p>4.1. Centrar pieza con punto. 4.2. Cilindra $\varnothing 22 \times 100$ mm. 4.3. Cilindrar $\varnothing 16 \times 19$ mm. 4.4. Realizar ranura R4 mm. 4.5. Realizar roscado. Datos tablas: Rosca whitworth Paso = 2.822 mm \varnothingexterior = 7/8" 4.6. Verificar medidas. 4.7. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 550$ $S = 0.2$ $Vc = 35$ Roscado $n = 215$ $S = 0.2$ $Vc = 15$</p>
<p>5</p>	<p>5.1. Sujetar y centrar pieza en taladradora. 5.2. Realizar agujero $\varnothing 12.7$mm pasante. 5.3. Eliminar rebabas.</p>		<p>$n = 820$ $S = 0.2$ $Vc = 25$</p>

4.7.7 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Se dispuso de dos ruedas de cadena por lo que no fue necesaria la fabricación y adquisición en el mercado de las mismas. (Figura 4.14) Se consideró que su accionamiento va ser manual por medio de una manivela, además que los engranajes son el medio más empleado para transmitir fuerza, debido a que no patinan, la transmisión por cadena no es más que una variante de la transmisión por engranajes. Este sistema tiene por objeto transmitir el movimiento, sin deslizamiento, entre ejes próximos o distantes.



Figura 4.14 Ruedas de Cadena Mayor y Menor

4.7.7.1 Cálculo de la Longitud de la Cadena

Por disposición de las ruedas sus datos más importantes para el cálculo son los siguientes: para la rueda de cadena menor el número de dientes es igual a 14 y para la rueda de cadena mayor el número de dientes es igual a 15, el paso de las mismas es 15.875 mm y la distancia entre centros de los rodillos es 84mm.

La longitud de la cadena se calcula con la fórmula de Nicolás Larburu “Técnicas de Máquina Herramienta” y con la ayuda de tablas. (Anexos III, Tabla Cadenas y Ruedas de Cadena)

4.7.8 CHAVETAS



Figura 4.16 Chavetas

Las chavetas son elementos que se usa normalmente para sujetar piezas como engranajes, poleas, ejes, etc.; de modo que pueda transmitir momentos de rotación (Figura 4.16). Éstas sujetan al eje inferior conjuntamente con los anillos de separación y las ruedas de cadena; se construyó mediante conformado con arranque de viruta en acero AISI 1010 con dimensiones según DIN 6 885 y una calidad de acabado N7. (Anexo IV: plano DIN 6 885, Anexo III: Tabla Chavetas y Calidades Superficiales)

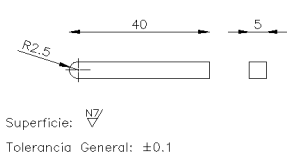
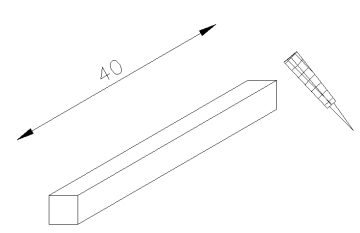
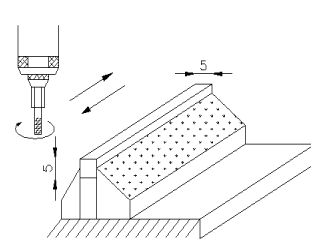
La lámina de la página 82 muestra el proceso de construcción.

4.7.9 PRISIONERO



Figura 4.17 Prisioneros

Es un elemento normalizado y se lo adquirió en el mercado local cuatro prisioneros (M6x16) mm en cuyo extremo tiene un ranura hexagonal (Allen) en su interior para apretar o aflojar; se lo emplean para asegurar la posición de las ruedas de cadena conjuntamente con el eje después del montaje.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT	
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA			
PROCESO DE FABRICACIÓN			
Denominación: CHAVETA		Número de Piezas: 2	
Máquina Herramienta: Fresadora Universal			Material: AISI 101
Responsable: Byron Saúl Iza Iza		Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 112
 <p>Superficie: N7 Tolerancia General: ±0.1</p>			
ORDEN DE EJECUCIÓN			
N°	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S = (avance) mm/rev Vc = (velocidad corte)m/min
1	1.1. Cortar a medida. 1.2. Dar acabados en los extremos.		Régimen de Corte
2	2.1. Sujetar y centrar pieza en la fresadora. 2.2. Aplanar caras a medida. 2.3. Verificar medidas.		n = 430 S = 0.4 Vc = 25

4.7.10 ANILLO SEPARADOR



Figura 4.18 Anillos de Separación

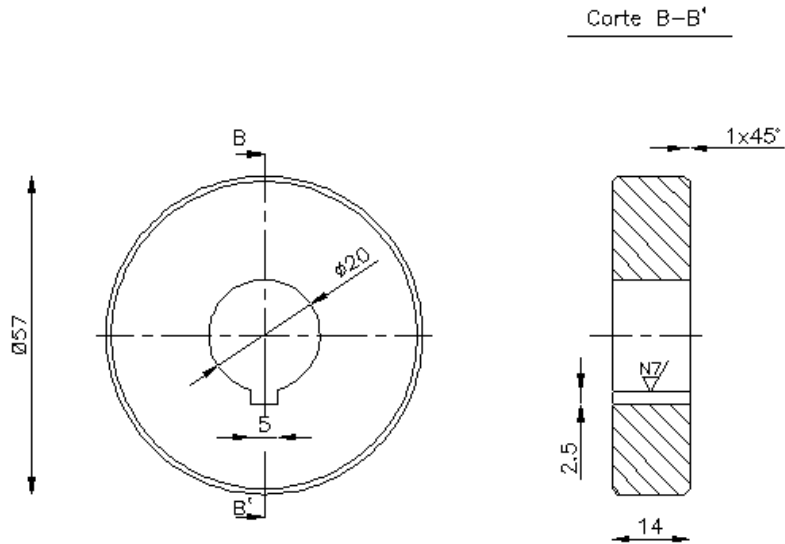
Estos constituyen dos anillos de separación contruidos mediante conformado con arranque de viruta, en acero AISI 1018 el mayor de los anillos es de (\emptyset 57x14) mm y el menor (\emptyset 52x9) mm los mismos que son encargados de evitar el rozamiento. (Figura 4.18) En el centro poseen un agujero pasante de \emptyset 20 y un chavetero para sujetar al eje. (Anexo IV, planos 114 y 115)

En las páginas 84 a la 87 se indica el proceso de construcción de los anillos.

4.7.10.1 Acabado

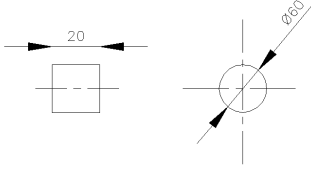
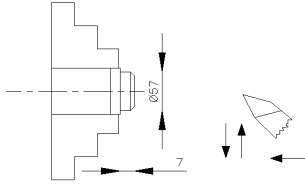
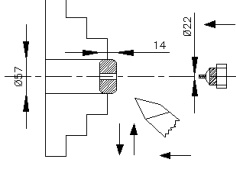
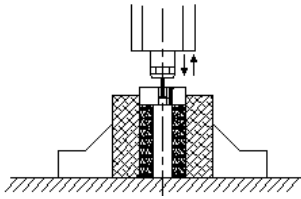
El acabado de los anillos separadores se realizó con calidad N9 para el diámetro exterior y N7 para el agujero del centro. (Anexo III, Calidades Superficiales)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA		
PROCESO DE FABRICACIÓN		
Denominación: ANILLO SEPARADO MAYOR	Número de Piezas: 1	
Máquina Herramienta: Sierra Alterna, Torno Paralelo, Fresadora Universal		Material: AISI 1018
Responsable: Byron Saúl Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 114

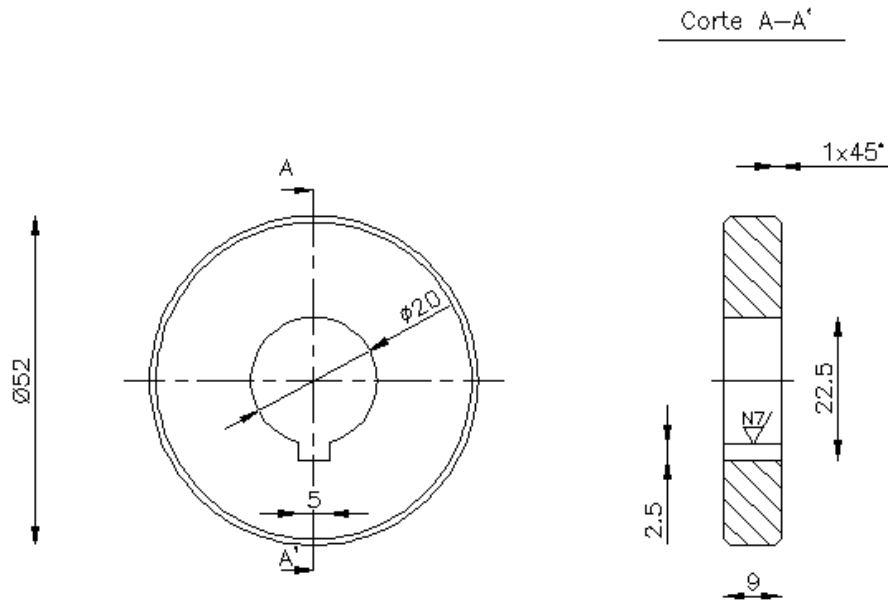


Superficie: ∇_{N7} (∇_{N7})
Tolerancia General: ± 0.1

ORDEN DE EJECUCIÓN

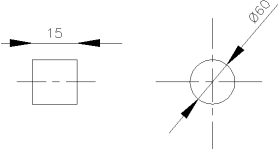
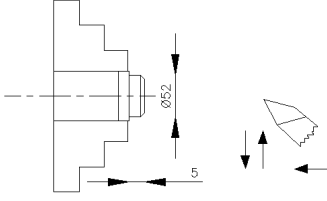
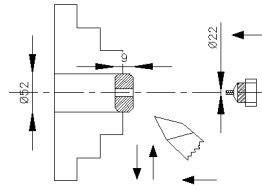
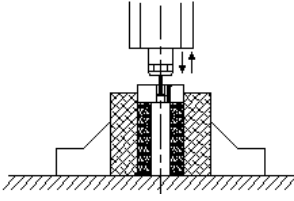
Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S= (avance) mm/rev Vc=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Régimen de Corte
2	2.1. Sujetar y centrar pieza. 2.2. Refrentar primera cara. 2.3. Cilindrar $\varnothing 57 \times 7$ mm. 2.4. Realizar chaflán $1 \times 45^\circ$.		n = 430 S = manual Vc = 65
3	3.1. Invertir pieza. 3.2. Centrar pieza, refrentar cara a medida. 3.3. Realizar chaflán $1 \times 45^\circ$. 3.4. Pasar broca de centros. 3.5. Pasar brocas: $\varnothing 5, 10, 18$ y 22 mm 3.6. Verificar medidas.		n = 430 S = manual Vc = 25
4	4.1. Sujetar y centrar pieza en la fresadora. 4.2. Cambiar a dispositivo de mortajadora. 4.3. Realizar chavetero revisar medidas. 4.4. Eliminar filos cortantes.		S = Manual

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA		
PROCESO DE FABRICACIÓN		
Denominación:	Número de Piezas:	
ANILLO SEPARADO MENOR	1	
Máquina Herramienta:	Material:	
Torno Paralelo, Fresadora Universal	AISI 1018	
Responsable: Byron Saúl Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 115



Superficie: ∇_{N9} (∇_{N7})
 Tolerancia General: ± 0.1

ORDEN DE EJECUCIÓN

Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S= (avance) mm/rev Vc=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Sierra Alterna
2	2.1. Sujetar y centrar pieza 2.2. Refrentar primera cara. 2.3. Cilindrar $\varnothing 52 \times 5$ mm 2.4. Realizar chaflán $1 \times 45^\circ$.		n = 430 S = manual Vc = 65
3	3.1. Invertir pieza 3.2. Centrar pieza, refrentar cara a medida. 3.3. Realizar chaflán $1 \times 45^\circ$ 3.4. Pasar broca de centros 3.5. Pasar brocas $\varnothing 5, 10, 18$ y 22 mm 3.6. Verificar medidas.		n = 430 S = manual Vc = 25
4	4.1. Sujetar y centrar pieza en la fresadora 4.2. Cambiar a dispositivo de mortajadora. 4.3. Realizar chavetero revisar medidas. 4.4. Eliminar filos cortantes.		S = Manual

4.7.11 SISTEMA DE DESMONTAJE MANUAL

Constituye un soporte que permite un fácil desmontaje del rodillo superior para retirar la pieza trabajada. (Figura 4.19)

Construido mediante conformado con arranque de viruta en acero ASTM A36, conjuntamente con una tuerca interna whitworth normal (7/8 pulgada) diámetro interior de 22.23 mm, la misma que va soldada en su extremo superior con electrodo E-6011 $\text{Ø}=3/16$ pulg. (Anexo III: Tabla Electrodo, Tabla Materiales)

Y en su extremo inferior va soldado una bisagra donde se acopla un eje de dimensiones ($\text{Ø } 19.05 \times 116$) mm, construido en acero AISI 1018. (Figura 4.20)

El proceso de construcción de la misma se indica en las páginas 89, 90 y 91. (Anexo IV, plano 117)



Figura 4.19 Soporte de Desmontaje



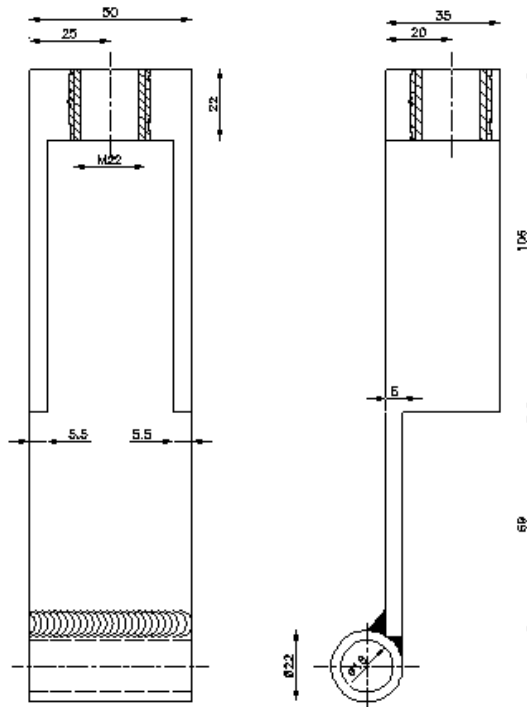
Figura 4.20 Eje

4.7.11.1 Acabado

El acabado del sistema de desmontaje manual se realizó con calidad N9 y para el eje con una calidad N7. (Anexo III, Calidades Superficiales)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT	
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA			
PROCESO DE FABRICACIÓN			
Denominación: EJE		Número de Piezas: 1	
Máquina Herramienta: Torno Paralelo			Material: AISI 1018
Responsable: Byron Saúl Iza Iza		Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 116
<p>Superficie: N7/ Tolerancia General: ±0.1</p>			
ORDEN DE EJECUCIÓN			
N°	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S= (avance) mm/rev Vc=(velocidad corte)m/min
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Régimen de Corte
2	2.1. Sujetar, pieza lado S. 2.2. Refrentar cara R. 2.3. Invertir pieza. 2.4. Refrentar cara S a medida. 2.6. Pasar broca de centros. 2.7. Sujetar con punto. 2.5. Realizar chaflán 1x45° 2.6. Cilindrar Ø 15 mm. 2.7. Eliminar filos cortantes.		n = 550 S = manual Vc = 20

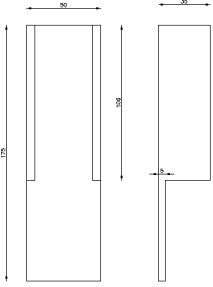
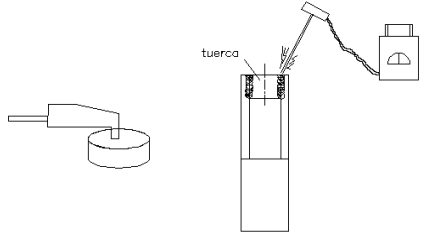
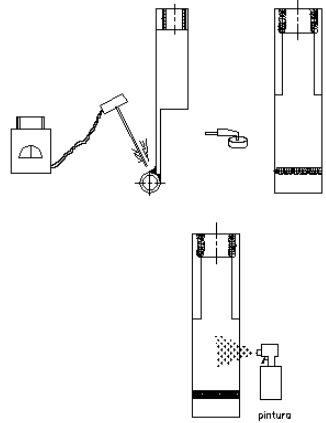
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA		
PROCESO DE FABRICACIÓN		
Denominación:	Número de Piezas:	
SOPORTE DE DESMONTAJE	1	
Máquinas Herramientas: Sierra Alterna, Amoladora, Suelta Eléctrica, Taladro Manual, Torno Paralelo, Fresadora Universal.		Material: ASTM A-36
Responsable: Byron Saúl Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 117



Superficie: ∇ N7

Tolerancia General: ± 0.1

ORDEN DE EJECUCIÓN

Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S = (avance) mm/rev Vc=(velocidad corte)m/min A= Amperios
1	1.1. Cortar material. 1.2. Eliminar filos cortantes. 1.3. Verificar medidas.		Régimen de Corte
2	2.1. Soldar tuerca 7/8" en perfil U. U. 2.2. Pasar amoladora. 2.3. Limpiar conjunto. 2.4. Eliminar rebabas.		E 6011 A = 105 E 6013 A = 130
3	3.1. Soldar bisagra según plano de taller. 3.2. Eliminar rebabas. 3.3. Limpiar conjunto. 3.4. Pintar con pintura anticorrosiva color negro.		E 6011 A = 105 E 6013 A = 130

4.7.12 MANIVELA

Proporciona la respectiva fuerza al eje-rodillo conductor para hacerlo girar al momento del rolado. (Figura 4.21)

Se construyó mediante conformado con arranque de viruta en acero AISI 1018, por disposición del material en conjunto con la soldadura de sus partes.

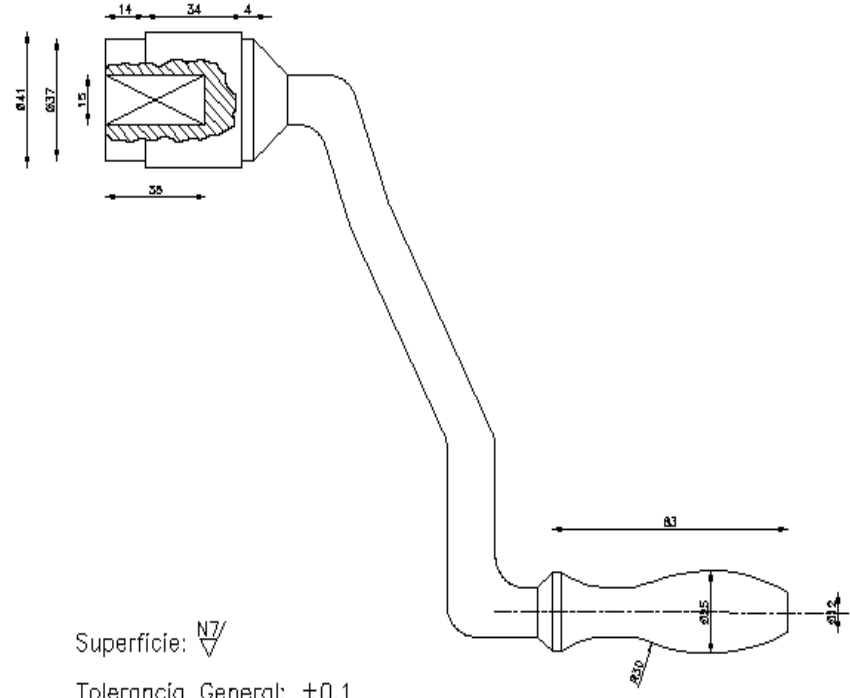
Las láminas de las páginas 93 y 94 indican el proceso de fabricación de la manivela.



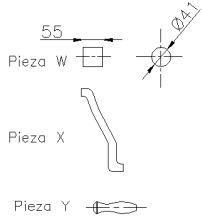
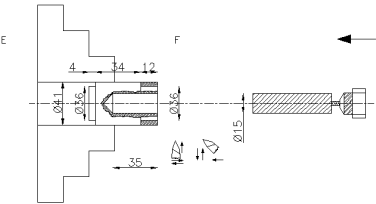
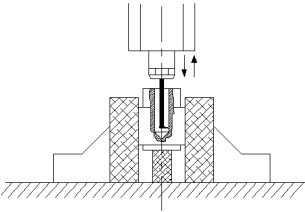
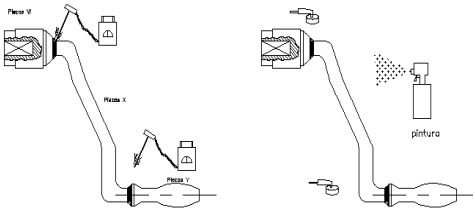
Figura 4.21 Manivela

4.7.12.1 Acabado

El acabado de la manivela se realizó con calidad N7 y luego se pintó toda la superficie con pintura anticorrosiva color negro. (Anexo III Calidades Superficiales)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA		
PROCESO DE FABRICACIÓN		
Denominación: MANIVELA	Número de Piezas: 1	
Máquinas Herramientas: Sierra Alterna, Amoladora, Suelda Eléctrica, Taladro Manual, Torno Paralelo, Fresadora Universal.		Material: AISI 1018
Responsable: Byron Saúl Iza Iza	Fecha: 2 006-07-14	Plano N° 123
 <p>Superficie: $\nabla N7$ Tolerancia General: ± 0.1</p>		

ORDEN DE EJECUCIÓN

Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S = (avance) mm/rev Vc =(velocidad corte)m/min A = Amperios
1	1.1. Cortar material para pieza W. 1.2. Eliminar filos cortantes. 1.3. Verificar medidas. 1.4. Preparar piezas X,Y.		Régimen de Corte
2	2.1. Sujetar pieza W en torno. 2.2. Refrentar cara F. 2.3. Cilindrar Ø36x4 mm. 2.4. Invertir pieza. 2.5. Refrentar cara E a medida. 2.6. Cilindrar Ø41x34 mm Ø36x12 mm 2.7. Pasar broca Ø15x35 mm. 2.8. Eliminar filos cortantes.		n = 290 S = 0.4 Vc = 35
3	3.1. Sujetar pieza en fresadora. 3.2. Cambiar a dispositivo Mortajadora. 3.3. Realizar tallado rectangular 3.4. Eliminar rebabas.		S = Manual4
4	4.1. Soldar piezas W, X, Y. 4.2. Revisar planos de taller. 4.3. Realizar limpieza. 4.3. Pintar con pintura anticorrosiva color negro.		E 6011 A = 105 E 6013 A = 130

4.8 ARMADO DEL CONJUNTO

Previo al funcionamiento de la roladora manual es de suma importancia conocer como se realizó el montaje de la misma, esto con la ayuda del plano de conjunto (Anexo IV):

1. La base soporte se debe colocar sobre una superficie a nivel.
2. Realizar el montaje de los bocines en los soportes inferiores y superiores con ayuda de una prensa.
3. Luego de colocada la base soporte sobre el piso, con ayuda del plano de conjunto, se monta los primeros dos soportes inferiores en el lado donde se producirá la transmisión, sujetos cada uno con dos pernos hexagonales (M8x18) mm y dos arandelas M8.
4. Enseguida se montan los rodillos inferiores procurando que los extremos donde se hallan los chaveteros queden en el lado donde están los primeros dos soportes respectivamente.
5. Colocar los cuatro engrasadores A M6 en la parte superior de cada soporte de los rodillos inferiores.
6. Se procede a montar los otros dos soportes inferiores al otro extremo de la base conjuntamente con ayuda de pernos y arandelas, obteniendo de esta manera sujetos los dos rodillos inferiores.
7. Sobre la base se coloca el perno de elevación junto con el soporte superior todo esto sujeto por un pasador de ($\text{Ø}8 \times 30$) mm, de igual manera se prepara el sistema de desmontaje manual.

8. Una vez realizado lo anterior, se procede a montar el rodillo superior en el extremo de la base soporte para luego ser ajustado con el sistema de desmontaje, lo más alineado posible.
9. Asegurar el sistema de desmontaje introduciendo en la bisagra el eje de ($\text{Ø}19.05 \times 116$) mm.
10. Los dos ejes pasadores de ($\text{Ø}12.7 \times 120$) mm se debe colocar en cada perno de elevación para de esta manera calibrar el movimiento vertical del rodillo superior.
11. En el extremo de los rodillos inferiores donde se encuentran los chaveteros colocar las chavetas y con ayuda del plano de la máquina montar los anillos de separación de la misma manera las ruedas de cadena estas últimas se sujetan con prisioneros (M6x16) mm para un ajuste fijo.
12. Finalmente calibrar la cadena en conjunto con las ruedas de cadena y con la manivela proceder a realizar el movimiento de los rodillos inferiores.

4.9 PRUEBAS Y RESULTADOS

El dimensionamiento y la construcción de un elemento en teoría difiere de la práctica, por eso es importante realizar las adecuadas pruebas con el propósito de obtener resultados y requerimientos encontrados.

Una vez realizado el montaje de todos los elementos mecánicos de la máquina, se realizaron las siguientes operaciones:

Lubricación del sistema de transmisión que lo componen las ruedas de cadena y la cadena.

Lubricación de los bocines y del sistema de desmontaje.

Se revisó la nivelación del eje-rodillo superior mediante los tornillos de elevación.

En el proceso de curvado con tres rodillos, en los extremos de la probeta no van a coincidir como se observa en la figura 4.22, en un ancho aproximado de 50 mm siendo necesario para un mejor rolado, un pre-doblado en el extremo inicial, pudiendo este ser manualmente por medio de una matriz curva como un tubo y con la ayuda de un martillo. (Figura 4-23)



Figura 4.22 Extremo de la Probeta

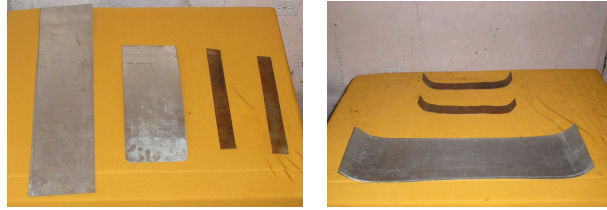


Figura 4.23 Pre-doblado de las Probetas

La primera prueba fue el rolado de una probeta de acero galvanizado (152x346x0.5) mm, dependiendo de la calibración del rodillo superior se obtuvo un curvado muy abierto con un radio de curvatura amplio; en esta primera pasada no hubo dificultad, respecto al arrastre en el material al atravesar los rodillos. (Figura 4-24)

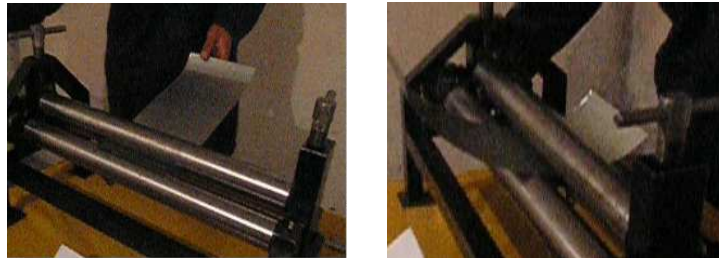


Figura 4.24 Primera Prueba

Como siguiente paso se bajó más al rodillo superior y se hizo pasar esta placa pre-curvada, sin dificultad, obteniendo esta vez un curvado serrado aproximadamente de 110 mm de diámetro. (Figura 4-25)



Figura 4.25 Curvado Aproximado

La segunda prueba que se realizó fue el rolado de una probeta de (40x200x0.8) mm en acero AISI 1010, en este caso se observó que el proceso presentó dificultad en el paso de la placa a través de los rodillos, siendo necesario que el operador de la máquina ayude a la probeta con una pequeña fuerza para el pase del mismo. (Figura 4-26)



Figura 4.26 Segunda Prueba

La tercera prueba se realizó el rolado en una probeta de acero galvanizado de (152x568x0.5) mm, y se notó, que en este caso no fue necesario la ayuda de una fuerza, esto explica que al existir mayor superficie de contacto, el agarre entre la placa y los rodillos es mejor. (Figura 4-27)

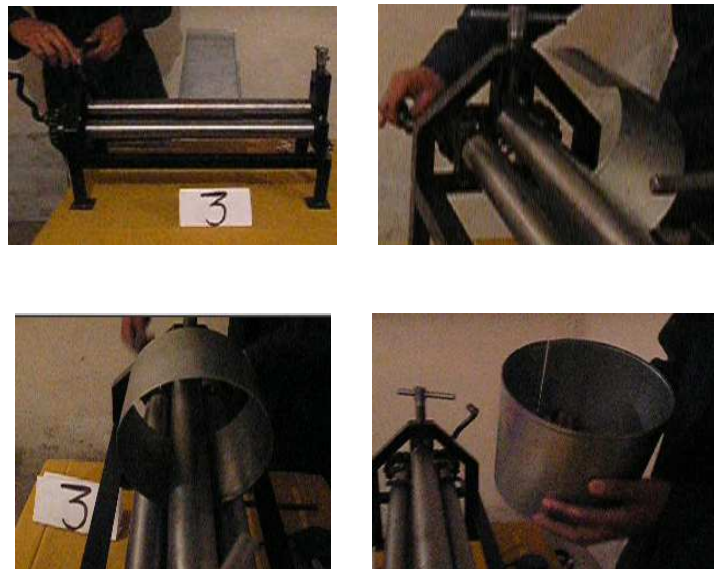


Figura 4.27 Tercera Prueba

Otro tipo de prueba que se realizó fue el rolado doble, se tomó dos probetas de acero AISI 1010 con medidas (40x200x0.8) mm, lo suficientemente largas, para asegurar que el material tenga un traslape o doble pared en una sección determinada.

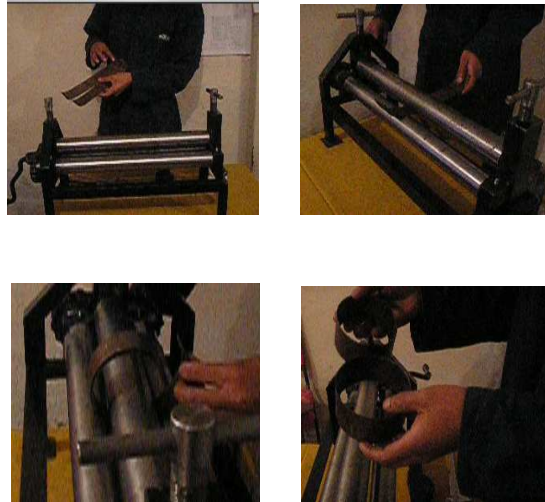


Figura 4.28 Rolado Doble

En la primera pasada, el rolado fue exitoso; al ingresar nuevamente por los rodillos, al existir un aumento en el espesor de la probeta, debido al traslape del material; fue necesaria la intervención del operador para hacer ingresar por los rodillos. (Figura 4-28)



Figura 4.29 Resultados

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

Luego de las pruebas y los resultados obtenidos se concluye que, el equipo permite realizar cilindros en lámina metálica con un espesor menor a un milímetro, obteniendo la forma curva deseada, con un grado de calidad aceptable, permitiendo realizar procesos experimentales.

En la fabricación de los diferentes elementos que componen la roladora manual, no existe mayor complejidad del mismo y en parte son de fácil obtención en el mercado nacional.

Para el rolado de lámina metálica existen limitaciones en cuanto al espesor que es máximo 1 mm, ya que la superficie del rodillo superior no tiene tratamiento térmico, especialmente cuando se trate de grandes diámetros, que pueden generar una falla prematura y una corta vida útil del mecanismo.

Cuando se realice las prácticas, es importante rolar el material, con un radio de curvatura mayor, para compensar la recuperación elástica y obtener el radio deseado.

Este mecanismo manual es muy versátil para la fabricación de diferentes trabajos en la industria metalmecánica, por esta razón se debe realizar el estudio más a fondo de este proceso y por ende buscar nuevas alternativas que permitan solucionar y construir nuevos dispositivos de doblado.

De todas las pruebas realizadas, se concluye que el funcionamiento de la máquina, con acero galvanizado y materiales dúctiles, menores a 1 mm para el cual fue construida, cumple satisfactoriamente.

5.2 RECOMENDACIONES

En cuanto a la correcta operación de la máquina, es conveniente y muy importante tener en cuenta ciertos aspectos para una mejor vida útil de la roladora manual.

Uno de estos aspectos es la lubricación periódica del sistema de transmisión así como de los bocines y tornillos de elevación.

La operación de la máquina es manual, siendo necesaria al menos una persona para que realice la práctica, por consiguiente la capacidad del esfuerzo para el rolado en este caso será la que tiene una persona normal.

El lugar donde funcione la máquina debe disponer del suficiente espacio para realizar las pruebas o prácticas necesarias.

Por la forma de operar la máquina, las dimensiones y la ubicación de los elementos a ser maniobrados, deberán adaptarse a las proporciones del cuerpo humano de manera que no existan inconvenientes para trabajar en ella y además guarde seguridad para quien la opera o trabaje cerca de la misma.

Para las prácticas sólo se deberá utilizar láminas metálicas delgadas menores a un milímetro o con la posibilidad de contar con probetas adecuadas necesarias, con el fin de evitar accidentes y prolongar la vida útil del equipo.

Se recomienda mantener el paralelismo del rodillo superior, con respecto a los inferiores, ya que de lo contrario el desgaste de los diferentes elementos de la máquina será desigual.

Guardar las precauciones necesarias, para evitar cualquier accidente de trabajo, especialmente en la introducción de los dedos entre los rodillos.

BIBLIOGRAFÍA

AVNER SIDNEY, H. Introducción a la Metalurgia Física. EPN. 2^{da} Edición.

AYALA, Rodolfo, (1991) Diseño y Construcción de una Roladora con Motor. EPN. Tesis.

BARAHONA, Elicio; SANCHEZ, Byron, Implementación de las Guías de Prácticas de Tecnología de Conformado. EPN. Tesis. IM- 0416.

BHOMAN, Iván (C.A.), Catálogo de Aceros Especiales.

BOHLER, Manual de Aceros "Guía Práctica para la adecuada selección y procesamiento de Aceros especiales.

CARDENAS, Víctor, (1990) Conformado Mecánico. EPN, Folleto.

COSTALES, Raúl, (1984) Diseño y Construcción de una Roladora. EPN. Tesis. IM-0265.

DON BOSCO, (1999) Curso Básico de Matricería. ITS, Folleto.

GANGOTENA, Rodrigo, (1986) Análisis de Doblado con Rodillo. EPN. Tesis.

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, (1997) Metodología de la Investigación. Colombia. Edición Panamericana.

INEN, (1989) Código de Dibujo Técnico Mecánico.

KASANAS, H.C. Procesos Básicos de Manufactura. EPN.

LARBURO, Nicolás, (1995) Máquinas Prontuario. Séptima Edición.

MONAR, Willan, *Apuntes Conformado Mecánico*. EPN.

SHILEY, Joseph Edward, *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Segunda edición.

URMAN, Lucio, *Trabajo Mecánico de los Metales*. ITS. Buenos Aires.

www.acesco.com/glosario

www.dismamex.com.mx/imcar.html

www.ferremaq.com

www.gauchito.net/catálogo.asp

www.imcar.series.com

www.maquiventa.com

www.procesosdemanufactura.com/

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ **KASANAS, H.C.** Procesos Básicos de Manufactura. EPN.
- ² **DON BOSCO**, (1999) Curso Básico de Matricería. ITS, Folleto.
- ³ **AVNER SIDNEY, H.** Introducción a la Metalurgia Física. EPN. 2^{da} Edición.
- ⁴ www.acesco.com/glosario
- ⁵ **AYALA, Rodolfo**, (1991) Diseño y Construcción de una Roladora con Motor.
- ⁶ www.ferremaq.com
- ⁷ www.imcar.series.com
- ⁸ **MONAR, Willan**, Apuntes Conformado Mecánico. EPN.
- ⁹ www.maquiventa.com
- ¹⁰ www.gauchito.net/catálogo.asp
- ¹¹ www.dismamex.com.mx/imcar.html
- ¹² **Anexo III.** Tabla Especificaciones Aceros
- ¹³ **GANGOTENA, Rodrigo**, (1986) Análisis de Doblado con Rodillo. EPN. Tesis.
- ¹⁴ **URMAN, Lucio**, Trabajo Mecánico de los Metales. ITS. Buenos Aires.
- ¹⁵ **Biblioteca de Consulta Microsoft** ® Encarta ® 2006/© 1993-2005/Microsoft Corporation.

ANEXOS

ANEXO I

FOTOGRAFÍAS ROLADORA MANUAL PARA LABORATORIO

DESPIECE ROLADORA MANUAL



CONJUNTO ROLADORA MANUAL





ANEXO II

SIMBOLOGÍA

ABREVIATURAS

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

$^{\circ}\text{C}$ = grados centígrados

AISI = American Iron and Steel Institute (Instituto Americano de Acero y Hierro Fundido)

ASTM = American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana Para Ensayos y Materiales)

R = radio rodillo superior

r = radio de los rodillos inferiores

L = distancia entre centros rodillos inferiores

α = ángulo comprendido entre la línea de simetría y la línea de centros superior e inferior

P_s = fuerza de doblado aplicada en el eje de simetría

k = fuerza de la distribución estimada a lo largo de un arco de circunferencia

R_A y R_B = reacciones a la fuerza de doblado que aparecen en los radios de los rodillos inferiores

θ = ángulo comprendido entre la normal al rodillo en el punto de contacto con la lámina y la vertical

D = distancia entre el punto de contacto de la lámina con el rodillo inferior y la línea de simetría

d = distancia entre el punto de contacto de la lámina con el rodillo superior y la línea de simetría

R_c = radio de curvatura de la pieza doblada

S_y = límite de Fluencia

Z = módulo plástico

M_{es} = momento estático de la sección transversal sobre el eje neutro plástico

M_{ei} = momento estático de la sección transversal bajo el eje neutro plástico

ML = momento límite

b = ancho útil de la lámina

$e = t$ = espesor máximo de la lámina

mm = milímetro

\emptyset = diámetro

Pulg. = pulgada

n = número de revoluciones

R.P.M. = revoluciones por minuto

s = avance

V_c = velocidad de corte

min = minuto

A = amperios

N = newton

ANEXO III

TABLA DE MATERIALES

TABLA ELECTRODOS RECUBIERTOS

TABLAS CALIDADES Y AJUSTES SUPERFICIALES RECOMENDADOS

TABLAS ELEMENTOS NORMALIZADOS

TABLA ESPECIFICACIÓN ACERO ASTM A-36

ASTM: American Society for Testing Materials (Sociedad Estadounidense Para Prueba de Materiales)

ASTM A-36	El numero 36 que es la resistencia mínima, significa 36 kilo libras por pulgadas cuadradas (36,000 libras por pulgada cuadradas)
------------------	--

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO ASTM A-36

COMPONENTE	C	Cu	Fe	Mn	P	S
%	0.26	0.2	99	0.75	Máx. 0.04	Máx. 0.05

PROPIEDADES FÍSICAS	Métrico	Ingles	Comentario
Densidad	7.85 kg/ dm ³	0.284 lb/in ³	
PROPIEDADES MECÁNICAS			
Fuerza tensión, última	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Fuerza tensión, rendimiento	250 MPa	36300 psi	
Alargamiento	20 %	20 %	en 200 mm
Módulo de Elasticidad	200 GPa	29000 ksi	
Fuerza compresión,	152 MPa	22000 psi	Fuerza de compresión aceptable

Calidad	Norma	Límite de Fluencia (N/mm ²)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)	Alargamiento (%)	Doblado a 180°
Estructural	ASTM-A36	290	4080-5610	20	Sin fisura (**)

(**) El ensayo de doblado es opcional y se realiza sobre la cara estirada.

Buena resistencia estructural, vigas soldadas, bases columnas, variedad de aplicaciones para fines de ingeniería.

TABLA ESPECIFICACIONES ACERO AISI

AISI: American Iron and Steel Institute (Instituto Americano de Acero y Hierro Fundido)

ANÁLISIS QUÍMICO PROMEDIO AISI/SAE (%PESO)										
Dureza de entrega máxima; Brinell (Bn) / Rockwell C (Rc)										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	OTROS	BN/RC
ESTOS ANÁLISIS PODRAN TENER PEQUEÑAS VARIACIONES CON RESPECTO AL ANÁLISIS DE LAS OTRAS NOMENCLATURAS										
1018	0.18	0.20	0.75							200 / 14
1045	0.45	0.25	0.75							206 / 15
1060	0.60	0.25	0.75							220 / 18
12L14	0.14		1.00						0.3 S/ 0.25 Pb	200 / 14
1213	0.13 max.		0.85						0.1 P /0.28 S	200 / 14

TRATAMIENTOS TÉRMICOS (°C)			
	TEMPLADO	ENFRIAMIENTO	REVENIDO
1018	845	cementar 925	500-600
1045	820-860	aceite/agua	300-650
1060	815-850	aceite/agua	450-660

Características y Aplicaciones	
1018	Acero no aleado de cementación para uso en partes de maquinaria. acero generalmente estirado en frío, piñones, rodillos, tornillos sin fin, ejes de transmisión, pernos de dirección, pernos de cadena, catalinas, etc.
1045	Acero no aleado empleado en flechas y partes de maquinaria. adecuado para temple superficial, flechas, piñones, engranes, pernos, tornillos, semi-ejes, ejes, cigüeñales, etc.
1060	Acero para uso construcción de maquinaria. con adecuada respuesta al temple, resistencia al desgaste, discos de embrague, ejes de transmisión, portaherramientas, implementos agrícolas, etc.
12114	Acero con adiciones de plomo con excelente maquinabilidad, empleado en tornos automáticos para alta producción (estirado en frío). bujes, acoples, conexiones de mangueras hidráulicas, tortillería, etc.
1213	Acero con adiciones de fósforo y azufre, de libre maquinado para alta producción con acabado, estirado en frío, tortillería sin requerimientos mecánicos, etc.

BRONCES

CARACTERÍSTICAS

Los nombres de las variedades de bronce provienen de los componentes adicionales, como es el caso del bronce fosfórico y el bronce dulce.

El bronce es un material más resistente y duro que cualquiera otra aleación común, excepto del acero.

Bronce Fosfórico: Cobre 85%, Zinc 5%, Estaño 5%, Plomo 5%.

Medidas: Barras macizas: 1/2" hasta 9", Barras huecas: 1x11/2" hasta 9x6".












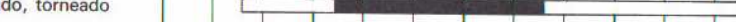













Bronce Dulce: Cobre 58%, Zinc: Balanceado, Plomo 3.5%

Medidas: Barras macizas: 1/2" hasta 3 ", Barras hexagonales: 5/16" hasta 1 1/2".

TABLA ELECTRODOS RECUBIERTOS

ELECTRODOS RECUBIERTOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBON	CLASIFICACION (AWS)	USOS Y CARACTERISTICAS	RESISTENCIA TENSION LIMITE ELASTICO ELONGACION	CORRIENTES OPTIMAS APLICACIÓN (AMPERES) 3/32 1/8 5/32 3/16 7/32 ¼
	6010 (E 6010) A 5.1	ELECTRODO CELULOSICO DE PENETRACION PROFUNDA EN TODAS POSICIONES, SE USAN EN TRABAJOS ESTRUCTURALES, REPARACIONES, Y UNIONES DE TUBERIAS	RT = 71,000 <i>lb/pulg</i> ² LE = 62,000 <i>lb/pulg</i> ² E = 24%	60 105 155 190 CD (+)
	6011 (E 6011) A 5.1	ELECTRODO CELULOSICO DE ARCO FUERTE Y PENETRACION PROFUNDA SE USA EN TODAS LAS POSICIONES SE USA EN TRABAJOS ESTRUCTURALES, TUBERIAS, BARCOS Y REPARACIONES.	RT = 73,500 <i>lb/pulg</i> ² LE = 60,000 <i>lb/pulg</i> ² E = 24%	75 105 145 175 200 245 CA Y CD
	6013 (E 6013) A 5.1	ELECTRODO DE ALTO RENDIMIENTO DE FACIL APLICACIÓN Y REMOSION DE ESCORIA, SUELDA MAQUINARIA AGRICOLA, MUEBLES METALICOS, CARROCERIA Y REPARACIONES EN GENERAL.	RT = 74,000 <i>lb/pulg</i> ² LE = 63,500 <i>lb/pulg</i> ² E = 22%	75 130 170 210 320 CD (-), CA

TABLA CALIDADES SUPERFICIALES





PROCESOS NORMALES DE FABRICACIÓN													
Clase de trabajo	Poco esmerado			Esmerado			Fino			Refinado			
Clase de rugosidad	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5
Símbolo													
Rugosidad en micrones	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05	0,025	0,012
Rugosidad en micropulgadas	2000	1000	500	250	125	63	32	16	8	4	2	1	0,5
Oxicorte													
Aserrado													
Cepillado, limado													
Taladrado													
Fresado													
Brochado													
Escariado													
Mandrinado, torneado													
Rectificado cilíndrico													
Pulido cilíndrico													
Rectificado													
Alisado													
Bruñido													
Lapeado													
Superacabado													
Fundición en arena													
Fundición en coquilla													
Fundición a presión													
Forjado													
Extruido													
Trefilado en frío													

Las rugosidades superficiales expuestas, son obtenidas por procesos normales de fabricación.

Estados superficiales		APLICACIÓN DE ESTADOS SUPERFICIALES			
Clase de superficie	Símbolo	Rugosidad μ		Calidad de superficie	Aplicaciones
Superrefinado		0,04	0,06	Especial	Superficies de medición, de los calibres de deslizamiento altamente fatigados, ajustes de precisión no desmontables.
		0,1	0,16	Máxima	
Refinado. — Las estrías no son visibles a simple vista		0,25	0,4	Muy buena	Superficies de deslizamiento muy fatigadas, ajustes de precisión desmontables
		0,6	1,6	Buena	Piezas fatigadas por flexión y torsión; ajustes de deslizamiento y presión
Afinado. — Las estrías son visibles pero no perceptibles al tacto		2,5	4	Media	Ajustes de reposo sin transmisión de fuerzas, ajustes ligeros de presión de acero; superficies de deslizamiento poco fatigadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas de precisión.
		6	10		
Desbastado. Estrías visibles y perceptibles al tacto		25		Regular	Superficies desbastadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas y forja de precisión, fundición a presión
Limpio. También preparado para desbastado		63		Baja	Cáscara de fundición colada en arena; piezas estampadas y de forja libre
Sin rebabas				Muy baja	Piezas fundidas o forjadas

VALORES DE LA RUGOSIDAD MEDIA				
Valor de la rugosidad media R_a		Clase de rugosidad	Valores complementarios de R_a	
μ en micrones	μ en pulgadas		μ en micrones	μ en pulgadas
50	2000	12	20	800
25	1000	11	15	600
12,5	500	10	10	400
6,3	250	9	8	320
3,2	125	8	4	160
1,6	63	7	2	80
0,8	32	6	1	40
0,4	16	5	0,63	25
0,2	8	4	0,50	20
0,1	4	3	0,32	13
0,05	2	2	0,25	10
0,025	1	1	0,15	6

TABLA AJUSTES SUPERFICIALES

Ajustes		AJUSTES RECOMENDADOS					
ESPECIFICACION DE LOS ASIENTOS							
Grado del ajuste	Calidades superficiales	SISTEMA				ASIENTO	
		Agujero único		Eje único		Clase	Características
		Agujero	Eje	Eje	Agujero		
PRECISION		H 6	p 5	h 5	P 6	Forzado muy duro	Piezas montadas por dilatación o contracción; no necesitan seguro contra giro.
			n 5		N 6	Forzado duro	Piezas montadas o desmontadas a presión; necesitan seguro contra giro.
			k 5		K 6	Forzado medio	Piezas que han de montarse o desmontarse con gran esfuerzo; seguro para giro y deslizamiento.
			j 5		J 6	Forzado ligero	Montaje y desmontaje sin gran esfuerzo; necesitan seguro contra giro y deslizamiento.
			h 5		H 6	Deslizante	Piezas lubricadas que se montan y desmontan sin gran trabajo, a mano.
			g 5		G 6	Giratorio	En piezas lubricadas el giro y deslizamiento puede efectuarse a mano.
FINO		H 7	s 6	h 6	S 7	Forzado muy duro	Montaje por dilatación o contracción; no necesita seguro contra giro.
			r 6		R 7	Forzado muy duro	Montaje por dilatación o contracción; no necesita seguro contra giro.
			n 6		N 7	Forzado duro	Montado o desmontado a presión; necesita seguro contra giro.
			k 6		K 7	Forzado medio	Montado y desmontado con gran esfuerzo (mediante martillo de plomo); necesita seguro contra giro y deslizamiento.
			j 6		J 7	Forzado ligero	Montado y desmontado sin gran esfuerzo (mediante mazo de madera); necesita seguro contra giro y desplazamiento.
			h 6		H 7	Deslizante	En piezas lubricadas, deslizamiento a mano.
			g 6		G 7	Giratorio	En piezas lubricadas, su juego es apreciable.
			f 7		F 8	Holgado medio	En piezas lubricadas, su juego es más apreciable.
			e 8		E 8	Más holgado	En piezas lubricadas, el juego es muy apreciable.
ESMERADO		H 8	j 9	h 9	J 8	Forzado ligero	Piezas que se han de montar y desmontar con facilidad.
			h 9		H 8	Deslizante	Piezas que deben montarse sin esfuerzo y que deben desplazarse en su funcionamiento.
			e 9		E 8	Giratorio	Piezas móviles con juego desde perceptible a amplio.
			d 9		D 8	Holgado	Piezas móviles con juego muy amplio.
POCO ESMERADO		H 11	h 11	h 11	H 11	Deslizante	Montaje fácil de gran tolerancia y con pequeño juego.
			d 11		E 11	Giratorio	Piezas móviles con gran tolerancia y juego no excesivo.
			c 11		C 11	Holgado	Piezas móviles con gran tolerancia y juego.
			a 11		A 11	Muy holgado	Piezas móviles con gran tolerancia y mucho juego.

Ajustes		AJUSTES RECOMENDADOS DESVIACIONES EN MICRAS									
VALORES DE LAS DESVIACIONES DE LOS AJUSTES RECOMENDADOS											
Tolerancia		Valores nominales, en mm; más de...									
Grado de ajuste	Ajuste	1,6 a 3	3 a 6	6 a 10	10 a 18	18 a 30	30 a 50	50 a 80	80 a 120	120 a 180	180 a 250
PRECISION	H6-p5	-14 -2	-17 -4	-21 -6	-26 -7	-31 -9	-37 -10	-45 -13	-52 -15	-61 -18	-70 -21
	H6-n5	-11 +1	-13 0	-16 -1	-20 -1	-24 -1	-28 -1	-33 -1	-38 -1	-45 -2	-51 -2
	H6-k5	-	-	-7 +8	-9 +10	-11 +11	-13 +14	-15 +17	-18 +19	-21 +22	-24 +25
	H6-j5	-4 +8	-4 +9	-4 +10	-5 +14	-5 +19	-5 +21	-6 +26	-6 +31	-7 +36	-7 +42
	H6-h5	+12 0	+13 0	+15 0	+19 0	+22 0	+27 0	+32 0	+37 0	+43 0	+49 0
	H6-g5	+15 +3	+17 +4	+20 +5	+25 +6	+29 +7	+36 +9	+42 +10	+49 +12	+57 +14	+64 +15
FINO	H7-s6	-6 -22	-7 -27	-8 -32	-10 -39	-14 -48	-18 -59	-23 -78	-36 -101	-52 -133	-76 -169
	H7-r6	-3 -19	-3 -23	-4 -28	-5 -34	-7 -41	-9 -50	-11 -62	-16 -76	-23 -93	-31 -113
	H7-n6	+3 -13	+4 -16	+5 -19	+6 -23	+6 -28	+8 -33	+10 -39	+12 -46	+13 -52	+15 -60
	H7-k6	-	-	+14 -10	+17 -12	+19 -15	+23 -18	+28 -21	+32 -25	+37 -28	+42 -33
	H7-j6	+10 -6	+13 -7	+17 -7	+21 -8	+25 -9	+30 -11	+37 -12	+44 -13	+51 -14	+59 -16
	H7-h6	+16 0	+20 0	+24 0	+29 0	+34 0	+41 0	+49 0	+57 0	+65 0	+75 0
	H7-g6	+19 +3	+24 +4	+29 +5	+35 +6	+41 +7	+50 +9	+59 +10	+69 +12	+79 +14	+90 +15
	H7-f7	+25 +7	+34 +10	+43 +13	+52 +16	+62 +20	+75 +25	+90 +30	+106 +36	+123 +43	+142 +50
	F8-h6	+21 +14	+36 +18	+44 +22	+54 +27	+66 +33	+80 +41	+95 +49	+112 +58	+131 +68	+151 +79
	H7-e8	+37 +14	+50 +20	+62 +25	+77 +32	+94 +40	+114 +50	+136 +60	+161 +72	+188 +85	+218 +100
	E8-h6	+35 +21	+46 +28	+56 +34	+70 +43	+84 +53	+105 +66	+125 +79	+148 +94	+173 +110	+201 +129
ESMERADO	H8-j9	+26 -13	+33 -15	+40 -18	+48 -22	+59 -26	+70 -31	+83 -37	+97 -44	+113 -50	+129 -58
	H8-h9	+30 0	+48 0	+58 0	+70 0	+85 0	+101 0	+120 0	+141 0	+163 0	+187 0
	H8-e9	+53 +14	+68 +20	+83 +25	+102 +32	+125 +40	+151 +50	+180 +60	+213 +72	+248 +85	+287 +100
	H8-d9	+59 +20	+78 +30	+98 +40	+120 +50	+150 +65	+181 +80	+220 +100	+261 +120	+308 +145	+357 +170
POCO ESMERADO	H11-h11	+120 0	+150 0	+180 0	+220 0	+260 0	+320 0	+380 0	+440 0	+500 0	+580 0
	H11-d11	+140 +20	+180 +30	+220 +40	+270 +50	+315 +65	+400 +80	+480 +100	+560 +120	+645 +145	+750 +170
	H11-c11	+180 +60	+220 +70	+260 +80	+315 +95	+370 +110	+440 +130	+520 +150	+610 +180	+700 +210	+820 +280
	H11-a11	+390 +270	+420 +270	+460 +280	+510 +290	+560 +300	+630 +320	+720 +360	+820 +410		

TABLA ELEMENTOS NORMALIZADOS

Engrasadores

forma A				forma B				forma C			
Dimen- siones	AM6	AM8x1	AM10x1	Dimen- siones	BM6	BM8x1	BM10x1	Dimen- siones	CM6	CM8x1	CM10x1
d	M6	M8x1	M10x1	d	M6	M8x1	M10x1	d	M6	M8x1	M10x1
h	16	17	18	l	10	10	11	l	14	14	15
s	7	8	9	s	9	9	11	s	9	9	11

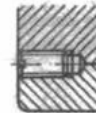
Pasadores cilindricos y aplicaciones DIN 7

	<table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr> <th>d</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>8</th> <th>10</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>desde</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>hasta</td> <td>32</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table>	d	3	4	5	6	8	10	12	desde	4	5	5	6	8	10	10	hasta	32	40	50	60	80	100	120
d	3	4	5	6	8	10	12																		
desde	4	5	5	6	8	10	10																		
hasta	32	40	50	60	80	100	120																		

Tornillos prisioneros

DIN 553	d	n	T	z ₁	z ₂	l
	M 6	1	2	1	25	8 a 20
	M 8	1,2	2,5	1,2	3	10 a 25
	M 10	1,5	3	1,5	4	12 a 35
	M 12	2	4	2	5	15 a 45
	M 16	2,5	4,5	2	6	25 a 50
	M 20	3	5	2,5	7	30 a 60

Características mecánicas del material 5.8, 4.6
 Aumento progresivo de longitudes l = 8, 10, 12, 15, 18, 20, 25, 30... 60



Tornillos de cabeza hexagonal

DIN 931		d	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
b	1)		12	15	18	20	22	25	28	32
	2)		15	18	22	25	28	30	35	40
k			3,5	4,5	5,5	7	8	9	10	13
s			8	10	13	17	19	22	24	30
l	DIN desde 931 hasta		18	20	25	28	30	30	40	40
	DIN desde 933 hasta		80	90	110	160	180	180	220	220
l	DIN desde 933 hasta		6	6	8	8	10	12	12	15
			80	90	110	150	150	150	150	200

1) Para longitud hasta 125 cm
 2) Para longitud de más de 125 hasta 200

Aumento progresivo de las longitudes del vástago l: 20, 22, 25, 28, 30, 35, 40, 45, 90, 100, 110... 250.

Tuercas hexagonales

DIN 934

d	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
s	10	14	17	19	24	30	36
e	11,5	16,2	19,6	21,9	27,7	34,6	41,6
m	5	6,5	8	9,5	13	16	18

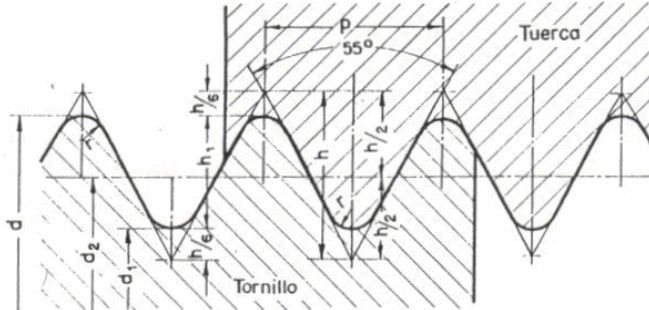
Arandelas DIN 125

Forma A sin chaflán
 Forma B con chaflán

d	M6	M8	M10	M12	M16	M20
d ₁	6,4	8,4	10,5	13	17	21
d ₂	12	17	21	24	30	36
s	1,5	2	2,5	3	3	4

0,5 s máx.

ROSCA WHITWORTH



— Relaciones —

$$h = 0,960 p$$

$$h_1 = 0,640 p$$

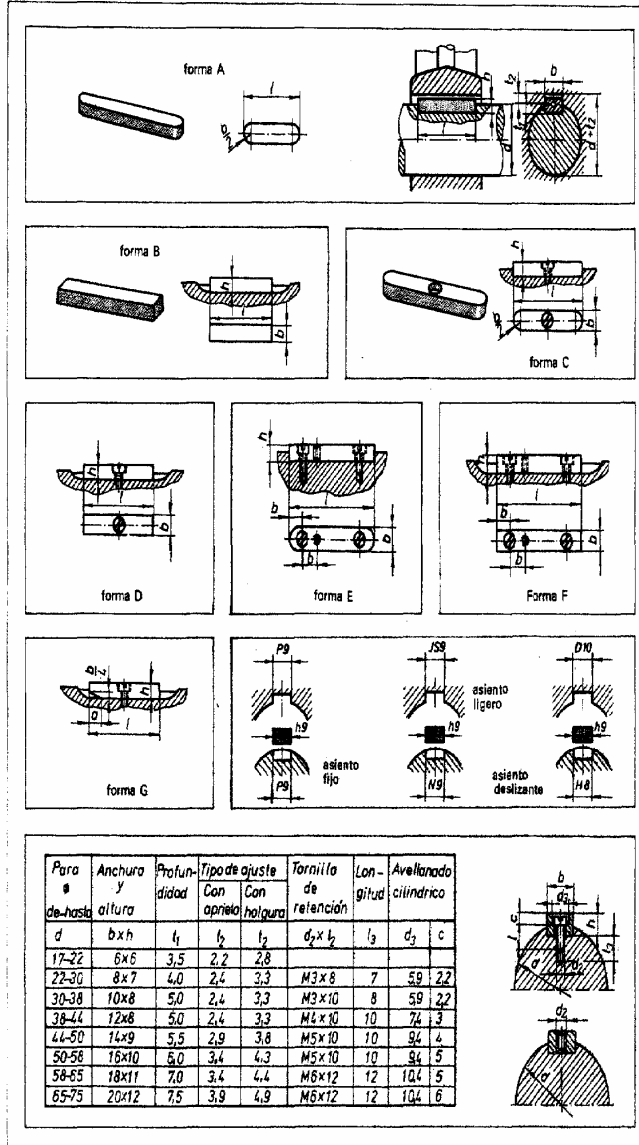
$$r = 0,137 p$$

Diámetro nominal Pulgadas	TORNILLO Y TUERCA								Diámetro nominal Pulgadas
	Diámetro exterior d	Diámetro en el núcleo d ₁	Sección en el núcleo cm ²	Profundidad de la rosca h	Radio r	Diámetro medio de la rosca d ₂	Paso p	Hilos por pulgada n	
1/4 5/16 3/8 (7/16)	6,350 7,938 9,525 11,113	4,724 6,131 7,492 8,789	0,175 0,295 0,441 0,607	0,813 0,904 1,017 1,162	0,174 0,194 0,218 0,249	5,537 7,034 8,509 9,951	1,270 1,411 1,588 1,814	20 18 16 14	1/4 5/16 3/8 (7/16)
1/2 5/8 3/4 7/8	12,700 15,876 19,051 22,226	9,990 12,918 15,798 18,611	0,784 1,311 1,960 2,720	1,355 1,479 1,627 1,807	0,291 0,317 0,349 0,388	11,345 14,397 17,424 20,419	2,117 2,309 2,540 2,822	12 11 10 9	1/2 5/8 3/4 7/8
1 1 1/8 1 1/4 1 3/8	25,401 28,576 31,751 34,926	21,335 23,929 27,104 29,505	3,575 4,497 5,770 6,837	2,033 2,324 2,324 2,711	0,436 0,498 0,498 0,581	23,368 26,253 29,428 32,215	3,175 3,629 3,629 4,233	8 7 7 6	1 1 1/8 1 1/4 1 3/8
1 1/2 1 5/8 1 3/4 (1 7/8)	38,101 41,277 44,452 47,627	32,680 34,771 37,946 40,398	8,388 9,495 11,310 12,818	2,711 3,253 3,253 3,614	0,581 0,698 0,698 0,775	35,391 38,024 41,199 44,012	4,233 5,080 5,080 5,645	6 5 5 4 1/2	1 1/2 1 5/8 1 3/4 (1 7/8)
2 2 1/4 2 1/2 2 3/4	50,802 57,152 63,502 69,853	43,673 49,020 55,370 60,558	14,912 18,873 24,079 28,804	3,614 4,066 4,066 4,647	0,775 0,872 0,872 0,997	47,187 53,086 69,436 65,205	5,645 6,350 6,350 7,257	4 1/2 4 4 3 1/2	2 2 1/4 2 1/2 2 3/4
3 3 1/4 3 1/2 3 3/4	76,203 82,553 88,903 95,254	66,909 72,544 78,894 84,410	35,161 41,333 48,885 55,959	4,647 5,005 5,005 5,422	0,997 1,073 1,073 1,163	71,556 77,648 83,899 89,832	7,257 7,816 7,816 8,467	3 1/2 3 1/4 3 1/4 3	3 3 1/4 3 1/2 3 3/4
4 4 1/4 4 1/2 4 3/4	101,604 107,954 114,304 120,655	90,760 96,639 102,990 108,825	64,697 73,349 83,307 93,014	5,422 5,657 5,657 5,915	1,163 1,213 1,213 1,268	96,182 102,297 108,647 114,740	8,467 8,835 8,835 9,237	3 2 7/8 2 7/8 2 3/4	4 4 1/4 4 1/2 4 3/4
5 5 1/4 5 1/2 5 3/4	127,005 133,355 139,705 146,055	115,176 120,963 127,313 133,043	104,185 114,922 127,304 139,022	5,915 6,196 6,195 6,506	1,268 1,329 1,329 1,395	121,090 127,159 133,509 139,549	9,237 9,677 9,677 10,160	2 3/4 2 5/8 2 5/8 2 1/2	5 5 1/4 5 1/2 5 3/4
6	152,406	139,394	152,608	6,506	1,395	145,900	10,160	2 1/2	6

Observaciones.— Los tamaños entre paréntesis deben ser evitados
Concuerda con la norma DIN 11

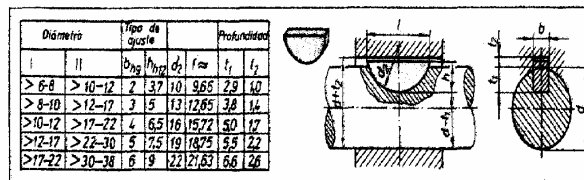
CHAVETAS SEGÚN DIN 6 886

Dimensiones, formas y tolerancias de lengüetas DIN 6 886



Longitudes normalizadas: $l = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 315, 355, 400$.

Tabla 11.75 Lengüeta redonda



- I Lengüetas redondas para ejes cilíndricos.
- II Lengüetas redondas para ejes cónicos.

TABLA RUEDA DE CADENA

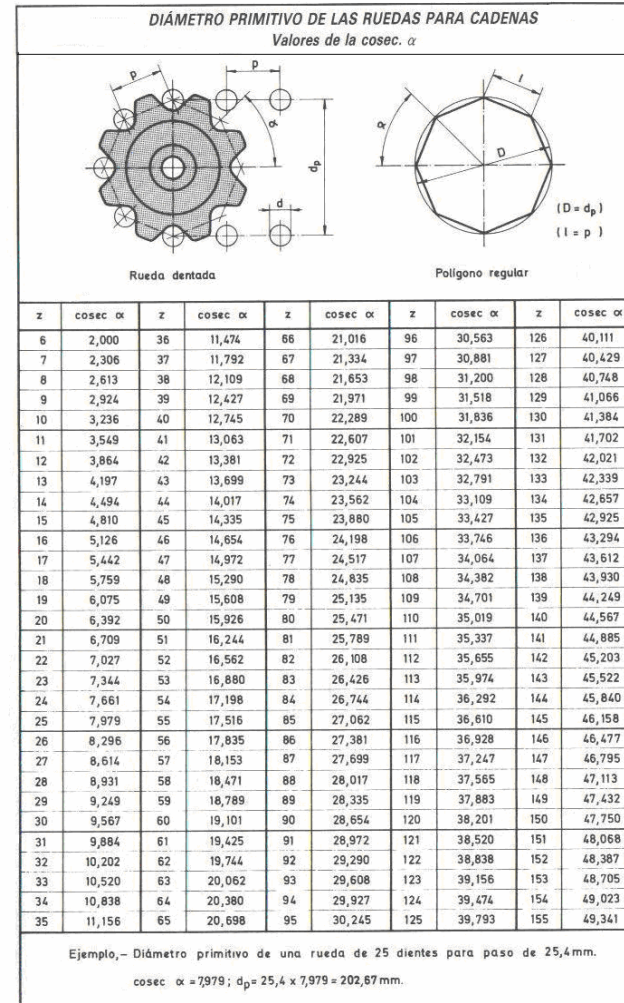
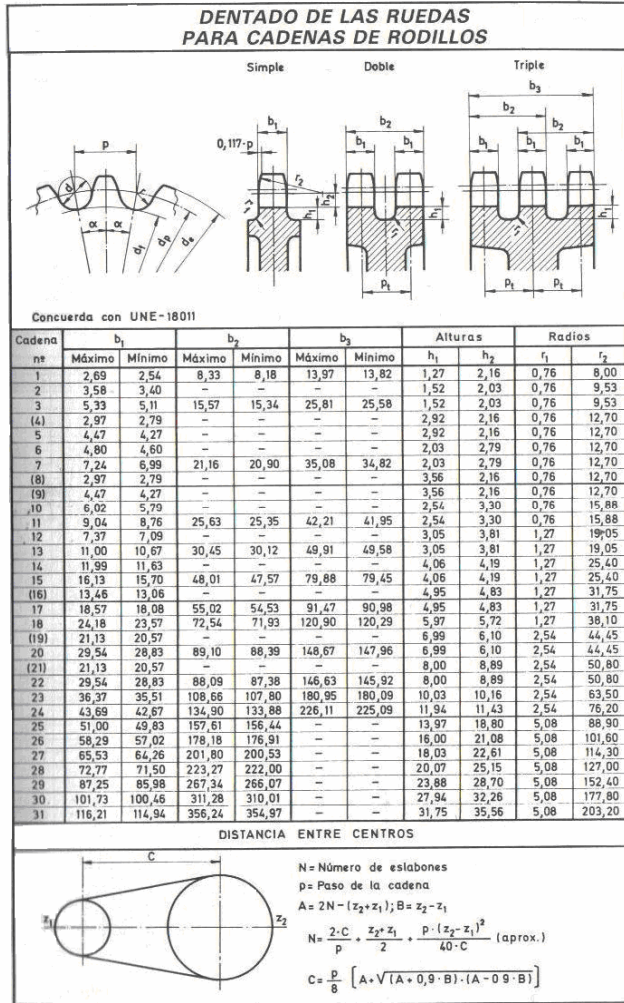


TABLA CADENA

CADENAS DE RODILLOS															
DIMENSIONES															
Cadena nº	Paso p	Diámet. rodillo d	Ancho interior			Ancho malla F	Paso transv. P _t	Grupo de mallas		Ancho de la cadena			Espesores		
			Sencilla C	Doble D	Triple E			Sencilla L	Doble M	Triple N	Cabeza P	Tuerca R			
1	8,00	5,00	3,00	8,64	14,27	8,37	5,64	2,64	8,28	8,13	13,97	19,56	1,27	3,05	
2	9,525	6,35	3,94	—	—	8,51	—	—	—	11,18	—	—	1,27	3,30	
3	9,525	6,35	5,72	15,95	26,19	8,51	10,24	4,52	14,76	12,95	23,37	33,53	1,27	3,30	
(4)	12,70	7,75	3,30	—	—	10,16	—	—	—	10,16	—	—	1,40	3,81	
5	12,70	7,75	4,88	—	—	10,16	—	—	—	11,68	—	—	1,40	3,81	
6	12,70	8,51	5,21	—	—	12,07	—	—	—	13,97	—	—	1,40	3,81	
7	12,70	8,51	7,75	21,67	35,59	12,07	13,92	6,17	20,09	16,51	30,48	44,45	1,40	3,81	
(8)	15,875	7,75	3,30	—	—	10,16	—	—	—	10,16	—	—	1,40	3,81	
(9)	15,875	7,75	4,88	—	—	10,16	—	—	—	11,68	—	—	1,40	3,81	
10	15,875	10,16	6,48	—	—	14,73	—	—	—	16,00	—	—	1,52	4,06	
11	15,875	10,16	9,65	26,24	42,82	14,73	16,59	6,93	23,52	19,05	35,81	52,32	1,52	4,06	
12	19,05	12,07	7,87	—	—	16,38	—	—	—	18,29	—	—	1,65	4,57	
13	19,05	12,07	11,68	31,14	50,60	16,38	19,46	7,77	27,23	22,10	41,66	61,21	1,65	4,57	
14	25,40	15,88	12,70	—	—	20,83	—	—	—	31,75	—	—	2,03	5,33	
15	25,40	15,88	17,02	48,90	80,77	20,83	31,88	14,86	46,74	36,07	68,07	99,82	2,03	5,33	
(16)	31,75	19,05	14,22	—	—	25,40	—	—	—	37,85	—	—	—	6,10	
17	31,75	19,05	19,56	56,01	92,46	25,40	36,45	16,89	53,34	43,18	79,76	116,08	—	6,10	
18	38,10	25,40	25,40	73,76	122,12	33,53	48,36	22,96	71,32	53,34	101,85	150,11	—	6,60	
(19)	44,45	27,94	22,23	—	—	33,53	—	—	—	56,13	—	—	—	7,37	
20	44,45	27,94	30,99	90,55	150,11	33,53	59,56	28,58	88,14	64,77	124,46	183,90	—	7,37	
(21)	50,80	29,21	22,23	—	—	40,13	—	—	—	58,67	—	—	—	7,87	
22	50,80	29,21	30,99	89,54	148,08	40,13	58,55	27,56	86,11	67,31	125,98	184,40	—	7,87	
23	63,50	39,37	38,10	110,39	182,68	52,83	72,29	34,19	106,48	82,55	154,94	227,33	—	9,14	
24	76,20	48,26	45,72	136,93	288,14	64,26	91,21	45,49	136,70	99,06	190,50	281,69	—	10,41	
25	88,90	53,98	53,34	159,94	—	78,23	106,60	53,26	—	114,30	220,98	—	—	11,68	
26	101,60	63,50	60,96	180,85	—	92,20	119,89	58,93	—	130,81	250,70	—	—	12,95	
27	114,30	72,39	68,58	204,85	—	104,39	136,27	67,69	—	147,32	283,72	—	—	14,22	
28	127,00	79,38	76,20	226,70	—	116,33	150,50	74,30	—	162,56	313,18	—	—	15,49	
29	152,40	95,25	91,44	271,53	—	139,19	180,09	88,65	—	194,31	374,40	—	—	18,03	
30	177,80	111,13	106,68	316,23	—	162,05	209,55	102,87	—	226,06	435,61	—	—	20,57	
31	203,20	127,00	121,92	361,95	—	184,91	240,03	118,11	—	257,81	497,84	—	—	23,11	
CARGAS DE ROTURA EN KG															
Nº	Sencilla	Doble	Triple	Nº	Sencilla	Doble	Triple	Nº	Sencilla	Doble	Triple	Nº	Sencilla	Doble	Triple
1	363	680	998	(9)	816	—	—	17	5670	11113	16556	25	52163	102058	—
2	862	—	—	10	2177	—	—	18	9979	18597	27215	26	68039	129273	—
3	862	1678	2495	11	2177	4173	6123	(19)	12701	—	—	27	86182	163292	—
(4)	816	—	—	12	2812	—	—	20	12701	24494	36287	28	108862	204116	—
5	816	—	—	13	2812	5488	8165	(21)	15422	—	—	29	154221	294834	—
6	1588	—	—	14	4309	—	—	22	15422	29483	43545	30	210919	401427	—
7	1588	2948	4309	15	4309	8165	12020	23	26762	51029	75296	31	272154	521629	—
(8)	816	—	—	(16)	5670	—	—	24	39009	73935	108862	—	—	—	—
Concuerda con la Norma UNE 18002															

ANEXO IV

PLANOS