

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA DOBLADORA DE CORNISAS  
PARA EL CEMAE 25**

**POR:**

**CBOS. DE A.E. PABÓN HUERA SANDRO XAVIER**

**Proyecto de grado como requisito parcial para la obtención del Título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**2005**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. CBOS. DE A.E.

PABÓN HUERA SANDRO XAVIER, como requerimiento parcial a la obtención del

título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

-----

Sgop.. Tlgo. Ordóñez Jose

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Febrero 2005

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de grado a todas las personas que me han ayudado a seguir adelante a pasar de las circunstancias que se han presentado, especialmente a Dios por haberme dado unos Padres Gerardo y Victoria y mi Hermana Paty muy comprensibles, una Esposa Geomara e Hija Melanie adorables, en general a todos quienes han contribuido con su esfuerzo para que se culmine de la mejor manera esta difícil pero no imposible etapa estudiantil cuyos resultados estarán al servicio de la ciencia la verdad y la justicia.

**CBOS. DE A.E. PABÓN HUERA SANDRO XAVIER**

## **AGRADECIMIENTO.**

Quiero expresar mi sentimiento de profunda gratitud al eterno creador, a la Aviación del Ejército por haberme dado la oportunidad de perfeccionarme en este prestigioso Instituto y de esta manera contribuir con el engrandecimiento de la Aviación del Ejército y por ende del país.

También quiero agradecer a mis padres Gerardo y Victoria quienes con amor, sacrificio, su ejemplo y abnegación me han guiado para hacerme un hombre de bien. A mi hermana Paty y mi esposa Geomara que con su presencia y amor llenan mi vida de alegría, a mi primo Fernando, a mis compañeros de promoción y todas aquellas personas que de una u otra manera supieron brindarme su apoyo.

Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y a todos mis maestros que me han impartido todos sus conocimientos y experiencias incondicional y desinteresadamente haciéndome un excelente profesional.

**CBOS. DE A.E. PABÓN HUERA SANDRO XAVIER**

## ÌNDICE

Carátula.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice.....	V
Lista de gráficos.....	XIII
Lista de tablas.....	XV
Anexos.....	XVI
Resumen .....	1
Planteamiento del problema.....	2
Justificación.....	2
Objetivos.....	2
▪ Objetivo General .....	2
▪ Objetivos Específicos.....	2
Alcance.....	3

## **CAPÍTULO II INVESTIGACIÓN**

1.1. Tipos de Dobladoras de Cornisas.....	4
1.1.1 Dobladora de cornisas tipo manual.....	4
1.1.2 Dobladora de cornisas tipo eléctrico.....	6
1.2 Dobleces con Radio.....	7
1.2.1.Principios de doblamiento.....	8
1.3.Tolerancia de Retroceso y Doblamiento.....	10
1.3.1.Radios de los Dobleces.....	10
1.3.2.Términos empleados en los trabajos de doblamiento.....	14
1.3.2.1.Punto Molde.....	14
1.3.2.2. Medida de la Línea de Molde (MLM).....	14
1.3.2.3. Ángulo de Doblamiento.....	14
1.4. Tolerancia de Doblamiento.....	15
1.4.1. Determinando la Tolerancia de Doblamiento.....	15
1.4.1.1.Procedimientos.....	18
1.5. Retroceso.....	19
1.5.1.Determinando el retroceso.....	19
1.5.2.Ángulo del doblamiento.....	21
1.5.3. Ecuación del retroceso.....	22
1.6 Tabla de datos.....	24
1.6.1 Encabezamientos de la tabla de datos.....	24
1.6.2 Trazado del Patrón Plano.....	26
1.7 Línea guía.....	26
1.7.1 Alineamiento.....	26

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

2.1 Enunciado de alternativas.....	29
2.1.1 Primera alternativa.....	29
2.1.2 Segunda alternativa.....	30
2.2 Análisis de factibilidad.....	31
2.2.1 Primera alternativa.....	31
2.2.2 Segunda alternativa.....	32
2.3 Parámetros de evaluación.....	32
2.3.1 Factor mecánico.....	34
2.3.2. Factor financiero.....	34
2.3.3 Factor complementario.....	35
2.4 Determinación de la mejor alternativa.....	37

**CAPÍTULO III**  
**CONSTRUCCIÓN**

3.1 Material de las piezas y herramientas.....	39
3.2 Partes de la Dobladora .....	40
3.2.1 Estructura.....	40
3.2.1.1 Base.....	40
3.2.1.2 Soporte.....	41
3.2.2 Cuchilla sujetadora.....	42
3.2.3 Hoja Dobladora .....	42
3.2.4 Eje de transmisión .....	43
3.2.5 Bosines Tornillos de Potencia y Palancas de Ajuste.....	44
3.3 Diagramas de Procesos .....	45
3.3.1 Diagrama de proceso de construcción de la base.....	46
3.3.2 Diagrama de proceso de construcción de soporte.....	47
3.3.3 Diagrama de construcción de los bocines.....	48
3.4 Diagrama de montaje.....	49
3.5 Pruebas de Funcionamiento .....	51
3.5.1 Pruebas de doblado de la máquina .....	51
3.5.2 Pruebas de Funcionamiento y Verificación .....	51
35.3 Operación .....	52

## **CAPÍTULO IV**

### **ELABORACIÓN DE MANUALES**

4.1 Descripción de Manuales.....	54
4.2 Tipos de Manuales.....	54
4.2.1 Manual de Operación.....	55
4.2.2. Manual de Mantenimiento.....	57
4.2.3. Hoja de Registro.....	59

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO**

5.1.Presupuesto .....	62
5.2. Análisis Económico Financiero.....	62
5.2.1.- Los Materiales.....	63
5.2.2. Las máquinas herramientas.....	64
5.2.3. Mano de obra.....	64
5.2.4. Otros gastos.....	65
5.2.5 Costo total de la dobladora.....	65

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones.....	66
6.2 Recomendaciones.....	67

### **BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXOS**

### **PLANOS**

## LISTA DE GRÁFICOS

### CAPÍTULO I

Fig. 1.1 Dobladora de cornisas.....	5
Fig. 1.2 Colocación del Metal.....	6
Fig. 1.3 Dobladora de Cornisas tipo eléctrico.....	6
Fig. 1.4. Quijadas superiores de una dobladora de cornisa.....	9
Fig. 1.5 Doblamiento de un Metal.....	10
Fig. 1.6 Pieza acanalada con esquinas Angulares.....	12
Fig. 1.7 Pieza acanalada con esquinas Redondeadas.....	12
Fig. 1.8a. Trazado Plano de una Pieza Acanalada.....	13
Fig. 1.8b. Trazado Plano de una Pieza Acanalada.....	14
Fig. 1.9 Partes y términos que se emplean en la formación.....	15
Fig. 1.10 Margen de dobléz y trazado.....	17
Fig. 1.11 Distancia de retroceso.....	19
Fig. 1.12 Retroceso – Lado A.....	20
Fig. 1.13 Ángulo del dobléz.....	21
Fig. 1.16 Retrocesos Iguales.....	26
Fig. 1.17 Trazado del Patrón Plano.....	26
Fig. 1.18 Trazado de la Línea de Mira.....	27
Fig. 1.19 Alineamiento de la Línea Guía.....	28
Fig. 1.20 Trazado exterior de la Línea Guía.....	28

### **CAPÍTULO III**

Fig.3.1 Esquema General de la Dobladora .....	38
Fig. 3.2 Estructura de la dobladora.....	40
Fig. 3.3 Soldado de Base de la dobladora .....	41
Fig. 3.4 Base y Soporte de dobladora.....	41
Fig. 3.5 Cuchilla Sujetadora .....	42
Fig. 3.6 Hoja Dobladora.....	43
Fig. 3.7 Eje de Transmisión.....	43
Fig. 3.8 Tornillo de Potencia.....	44
Fig. 3.9 Construcción de Bosines.....	44
Fig. 3.10 Construcción de las Palancas de Ajuste.....	45
Fig. 3.11 Construcción de la Dobladora.....	50
Fig. 3.13 Máquina Dobladora de Cornisas.....	53

### **ÍNDICE DE TABLAS**

#### **CAPÍTULO II**

Tabla 2.1. Cuadro de factores.....	33
Tabla 2.2 Matriz de Evaluación.....	35
Tabla 2.3 Matriz de Decisión.....	36
Tabla 2.4 Matriz de Decisión (puntajes totales).....	37

#### **CAPÍTULO III**

Tabla 3.1 Datos técnicos de las máquinas herramientas.....	39
Tabla 3.1 Simbología.....	45
Tabla 3.3 Estado de los elementos de la máquina dobladora .....	52

## **CAPÍTULO VI**

Tabla 6.1 Lista de costos de los materiales de la máquina.....	63
Tabla 6.2: Costo de operación de las máquinas herramientas.....	64
Tabla 6.3: Costos de la mano de obra.....	65
Tabla 6.4: Costos de otros gastos.....	65
Tabla 6.5: Cuadro general de gastos.....	65

## **LISTADO DE ANEXOS**

**ANEXO A: MATERIAL DE LA MÁQUINA DOBLADORA**

**ANEXO B: PROCESO DECONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DOBLADORA**

**ANEXO C: PROCESO DE PINTADO DE LA MÁQUINA**

**ANEXO D: TABLAS**

**ANEXO E: PLANOS DE LA MÁQUINA**

## RESUMEN

El tema central de este proyecto de grado se refiere a la construcción de la máquina DOBLADORA DE CORNISAS, previo a la obtención del título de Tecnólogo Aeronáutico, la máquina construida durante el transcurso del periodo académico tiene su importancia dentro del campo industrial aeronáutico.

Esta máquina herramienta sirve para doblar en línea recta metal muy dúctil, el cual se puede doblar pronunciadamente sin que se quiebre. Esta es una máquina herramienta sin ninguna complicación al ponerla en funcionamiento, por lo que la operación es de tipo manual, también existen máquinas de este tipo pero funcionan eléctricamente, por medio de un motor.

Este proyecto contiene varias partes fundamentales entre las cuales se encuentra: tipos de dobladoras y la selección de la mejor alternativa desde el punto de vista técnico, funcional y económico.

Para la construcción de la máquina dobladora se realizó pruebas de funcionamiento y de doblado necesarios para concluir que la dobladora construida en este proyecto cumple satisfactoriamente con los requerimientos del área industrial aeronáutica. Finalmente se adjuntan los planos generales, despiece y montaje.

La construcción de maquinaria en el Ecuador es al momento una necesidad básica puesto que es uno de los pilares en los que se fundamenta el desarrollo tecnológico de un país.

## **INTRODUCCIÓN**

### **Planteamiento del Problema:**

En vista de observarse en el taller de Estructuras Aeronáuticas del CEMAE 25 que el proceso de doblado para la formación de piezas pequeñas de aluminio se lo realiza en el tornillo de banco, ocasionando esto mayor esfuerzo físico y mayor tiempo en la formación de piezas. Bajo estas circunstancias se cree necesaria la construcción de una dobladora de cornisas la cual facilitará los procesos de doblado.

### **JUSTIFICACIÓN.**

Para mayor facilidad de trabajo en un taller se disponen de máquinas y herramientas que disminuyen el esfuerzo físico de los trabajadores con resultados eficientes en menor tiempo. Por lo cual es necesario equipar un taller con todo lo indispensable, tal es así que se ha tomado a la dobladora de cornisas como prioridad, cuya construcción será de beneficio para el taller de Estructuras del CEMAE 25.

## **OBJETIVOS:**

### **Objetivo General.**

- ❖ Construir una máquina dobladora de cornisa para apoyar al equipamiento del Taller de Estructuras Aeronáuticas del CEMAE 25.

### **Objetivos Específicos.**

- ❖ Realizar la investigación de la máquina dobladora para definir cada una de sus partes.
- ❖ Investigar sobre los requerimientos técnicos y operacionales de una máquina dobladora.
- ❖ Plantear alternativas y seleccionar la mejor alternativa.
- ❖ Construir los elementos de la máquina.
- ❖ Empezar el montaje de las partes.
- ❖ Realizar pruebas de operación y funcionamiento de la máquina.
- ❖ Elaborar un manual de operación y mantenimiento.

### **Alcance.**

Este proyecto de grado esta destinado para brindar en una forma tecnificada y optimizada todos los procesos de doblado que se realicen, en el taller de estructuras del CEMAE 25, y así estar acorde con el avance tecnológico del país.

# CAPÍTULO I

## INVESTIGACIÓN

### 1.1. TIPOS DE DOBLADORAS DE CORNISAS

Las dobladoras de cornisas más comunes encontradas en los talleres de estructuras aeronáuticas son de: tipo manual y tipo eléctrico.

#### 1.1.1. Dobladora de cornisas tipo manual.

La dobladora de cornisas, (Fig. 1.1) se usa para doblar en línea recta. La capacidad de doblez de una dobladora de cornisas la determina el fabricante. Las dobladoras de cornisas están disponibles en varios tamaños. Los tamaños de las hojas van de tres a doce pies de largo. La longitud del doblez que se puede hacer está limitada por la longitud de esta hoja.

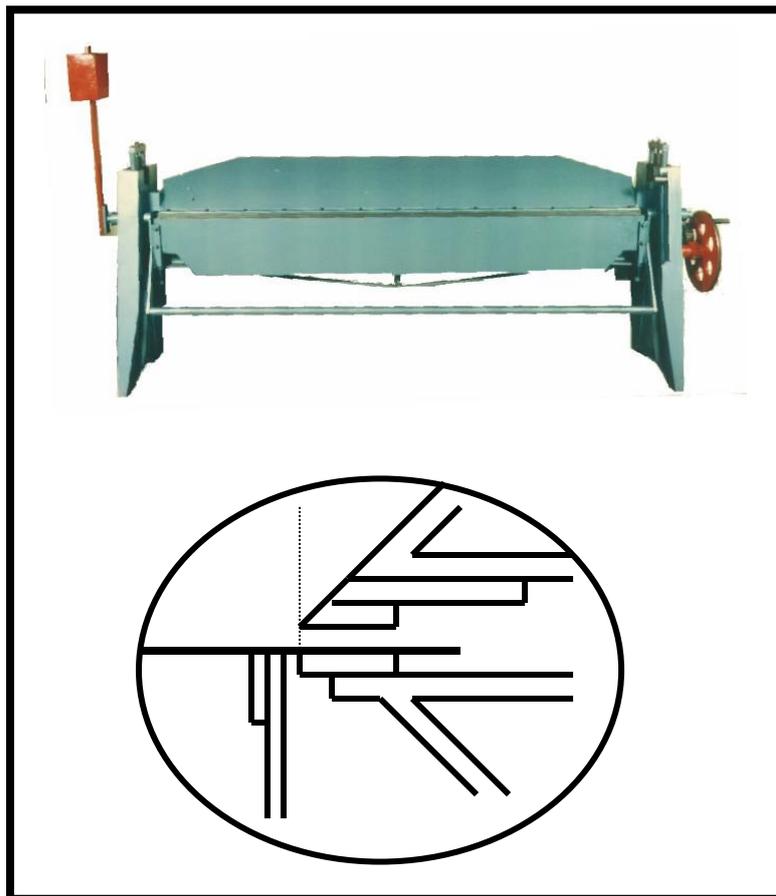
Las partes principales de la dobladora son:

- Plataforma
- Hoja dobladora
- Contrapesos
- Barra sujetadora
- Palanca de la barra sujetadora

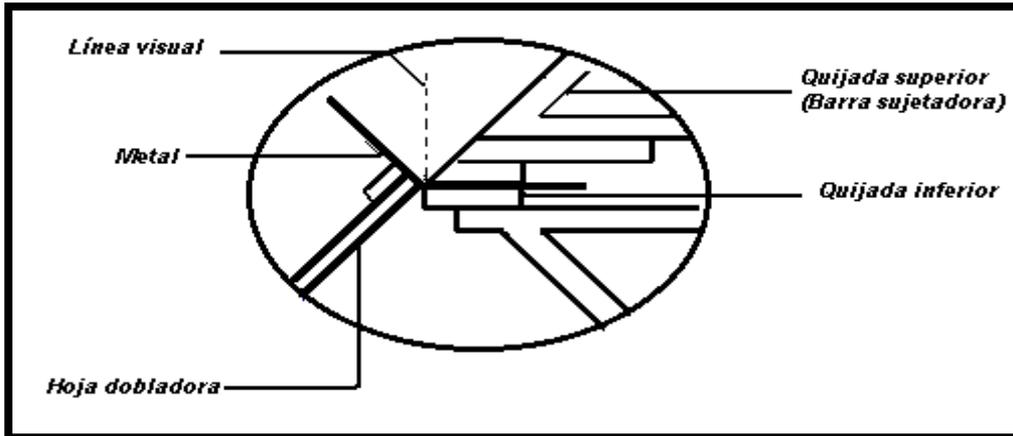
Se observa que la hoja dobladora está engoznada a la parte delantera de la plataforma. La barra sujetadora está montada encima de la plataforma y se puede ajustar para acomodar distintos grosores de metal.

La lámina metálica se sujeta entre la barra sujetadora (quijada superior) y la plataforma (quijada inferior), (Fig. 1.2). El metal se coloca en la línea de dobléz (línea visual) pareja con el borde delantero de la quijada superior. Al tirar hacia delante la palanca de la barra sujetadora, queda firme el metal y se impide que se mueva durante la operación de doblar.

La hoja dobladora se eleva entonces levantando las palancas. Con esto se dobla el metal en el ángulo deseado, como se muestra en el diagrama. A la hoja dobladora se le conectan contrapesos para compensar su peso y facilitar su movimiento.



**Fig. 1.1 Dobladora de cornisas**



**Fig. 1.2 Colocación del Metal**

### 1.1.2 Dobladora de cornisas tipo eléctrico.

Este tipo de dobladora, cuya fuente de energía se deriva del movimiento de la hoja dobladora por medio de un motor eléctrico. Usualmente la hoja dobladora, en si toda la máquina es de un diámetro mayor y de construcción más resistente que el de tipo que funciona manualmente. (Fig. 1.3)



**Fig. 1.3 Dobladora de Cornisas tipo eléctrico**

## **1.2 DOBLECES CON RADIO.**

Las exigencias profesionales de un reparador de estructuras de aviación constituyen un reto constante a su ingenio y habilidades. El reparador de estructuras siempre debe tener en mente dos factores: el sentido de responsabilidad por la seguridad de la tripulación de la aeronave y la necesidad de reducir el tiempo que dedica a los trabajos de reparación. Se espera de él no sólo que repare o que reconstruya una aeronave con piezas solicitadas a la sección de abastecimiento sino que, cuando no haya piezas que se necesitan, deben fabricar los componentes necesarios en el sitio donde se encuentre.

Los dobleces, pliegues, ángulos o canales que se necesitan en la fabricación de componentes, deben ser exactos si se quiere obtener resultados satisfactorios. La labor de darle forma al metal mediante cualquier proceso constituye una tarea delicada.

Las piezas pueden dar la muestra de un pobre trabajo cualitativo a menos que se les fabrique siguiendo los procedimientos apropiados.

El trabajador descuidado puede inducir tensiones innecesarias en el metal durante el proceso de fabricación ofreciendo, como consecuencia, una pieza que no llena los requisitos de seguridad. Cuando la pieza se somete a las vibraciones y tensiones que se producen en una aeronave durante su funcionamiento, su imperfección acarreará la falla estructural.

El trabajo de hacer un doblez requiere un planeamiento y tolerancias exactas en la etapa de trazado y corte, así como también habilidad en la labor de efectuar el doblez propiamente dicho.

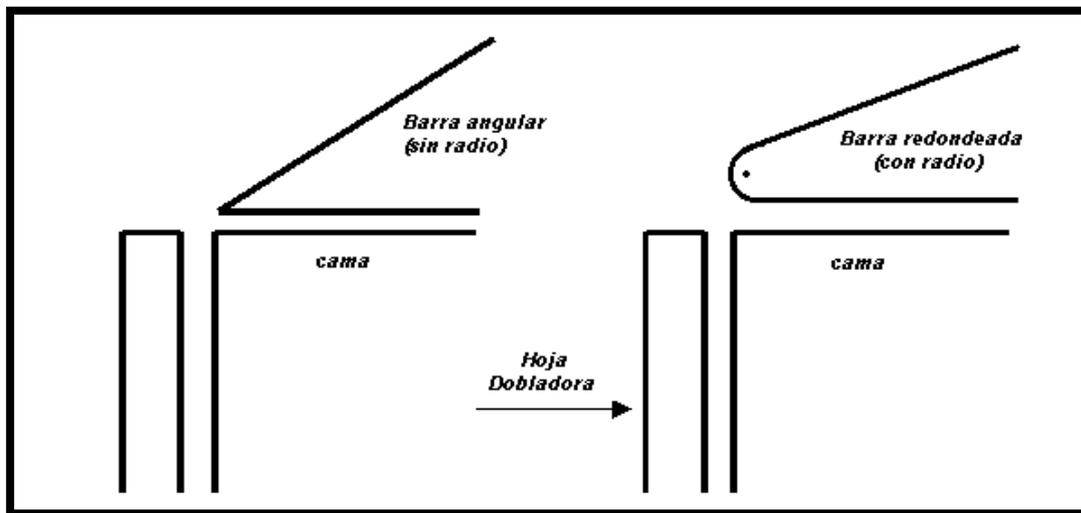
En este proyecto de grado se va a explicar primero, desde el punto de vista mecánico, la operación del doblamiento, luego se expondrán algunas consideraciones técnicas que forman parte vital de todo el proceso de calcular, trazar y doblar.

### **1.2.1 Principios de doblamiento.**

Se pueden usar varios tipos de máquinas para formar un doblado redondeado en una pieza de metal pudiendo aplicarse varias técnicas con cada tipo de ellas. Las máquinas que tienen que manipular son las que más comúnmente se encuentran en los talleres de mantenimiento de la Fuerza Aérea por todo el mundo. Estas máquinas incluyen la dobladora de cornisas y la de cajas, estas dobladoras están ligeramente modificadas con la acción de barras con radio que permiten formar esquinas redondeadas en lugar de las esquinas angulares.

Las dobladoras de cornisa y las de caja pueden equiparse con quijada superior redondeada a un radio específico, para evitar que se raje el metal templado cuando se le está dando forma. Estas quijadas se conocen con el nombre de barras, estas se encuentran disponibles en diferentes tamaños de radio, desde 1/16 de pulgada para arriba.

La diferencia que presenta se observa en el dibujo (Fig.1.4) el cual muestra una quijada superior de una dobladora de cornisa que sólo permite hacer dobleces angulares, mientras que a la derecha del mismo dibujo aparece la dobladora equipada con una quijada con barra para hacer dobleces redondeados.



**Fig. 1.4. Quijadas superiores de una dobladora de cornisa.**

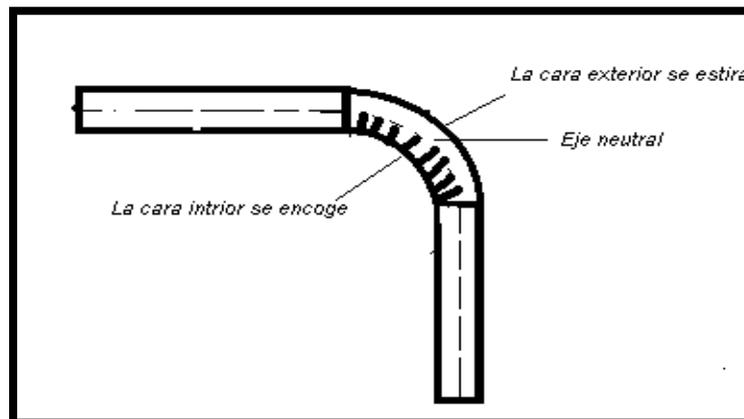
El proyecto de caja se realizó con aluminio 1100 que es muy dúctil y que se puede hacer con él dobleces angulares muy agudos sin que se raje. El aluminio (1100) comercialmente puro no se usa para formar miembros estructurales de una aeronave, ya que no es suficientemente fuerte para resistir las cargas que deben soportar dichos miembros. En consecuencia, usted debe usar una aleación de aluminio según especifique el dibujo que aparece en la guía de estudio. La clase de metal que debe utilizar es el aluminio 2024 – T – 3. En algunas ocasiones la O. T. permite utilizar otros sustitutos metálicos, pero todos son aleaciones y/o aluminio de mayor calibre.

El aluminio 2024 – T – 3 es más fuerte por el hecho de haber sido tratado térmicamente, pero no puede resistir dobleces muy agudos. Como ejemplo, se puede tratar de hacer un doblado de 180° en el resorte metálico de la cuerda de un reloj, y luego compárelo con el doblado de una delgada pieza de estaño.

El metal del resorte se romperá cada vez que se trate de doblarlo, pero esto no ocurrirá con el estaño.

Mientras más grueso y duro sea cualquier clase de material, por Ej. el aluminio, mayor deberá ser el radio de dobléz que se le haga. Si el metal está recocido, entonces se le puede hacer un dobléz de menor radio. Si una pieza de aluminio 2024 de 0.040 de pulgada de espesor esta en condición “O”, usted puede hacer un dobléz más agudo que el que podría hacerle al mismo metal de igual espesor estando en condición “T”.

Cuando el metal se dobla, la parte interna del dobléz se encoge y la exterior se estira en la forma que lo ilustra la (Fig. 1.5) Si el radio del dobléz es demasiado pequeño, las tensiones y los esfuerzos que se originan debilitan el metal y producen las rajaduras. El dobléz o curvatura más cerrada que puede hacerse sin debilitar el metal se conoce como radio mínimo de dobléz.



**Fig. 1.5 Doblamiento de un Metal.**

### **1.3 TOLERANCIA DE RETROCESO Y DOBLAMIENTO**

#### **1.3.1.- Radios de los Dobleces.**

La mayoría de las órdenes técnicas que llevan el sufijo -3 pertinentes a los aviones, contienen diagramas de muestra el radio mínimo de doblamiento y la dureza de los metales basados en el avión.

Para propósitos de instrucción, se va a utilizar la copia del radio mínimo de doblamiento para aluminio (TABLA D4) que se encuentra al final del proyecto.

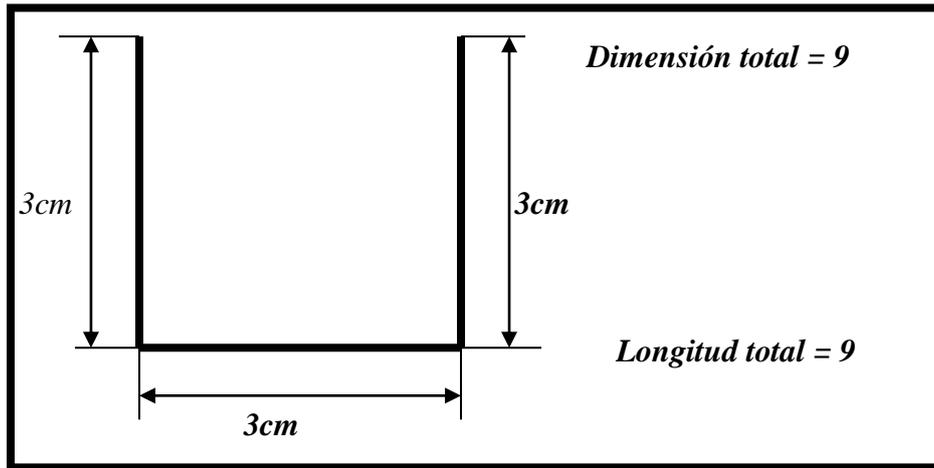
Se observa que el aluminio tratado térmicamente requiere un mayor radio de doblamiento que el aluminio no tratado térmicamente, aún cuando los dos tengan el mismo espesor. Las láminas delgadas de aluminio no tratadas térmicamente pueden ser dobladas a un radio tan pequeño que dichos dobleces se consideran carentes de radio.

Se observa que los valores que aparecen en la TABLA D4 tienen los radios mínimos posibles. Los metales pueden doblarse a un radio mayor en el que se señala aquí. Por ejemplo, lámina metálica de 0.032 de pulgada de espesor o de un radio de 0.188 pulg.

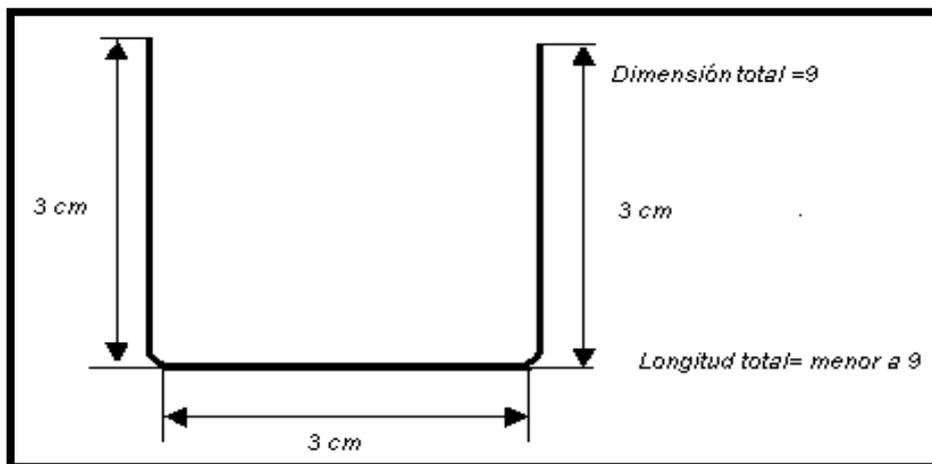
Como se puede observar en la TABLA D4, el radio mínimo de doblamiento de una lámina de aluminio 2024 – T – 3 de 0.032 de pulgada de espesor es de 0.12 pulg; sin embargo, esta lámina puede doblarse a un radio de 0.188 pulg. sin restarle méritos al proyecto.

No obstante, por regla general es mejor hacer los dobleces con radios que se acerquen lo más posible al radio mínimo permisible en la mayoría de los trabajos de reparación de estructuras.

La formación de piezas metálicas con esquinas redondeadas requiere nuevas técnicas. Para ilustrar estas técnicas observa la información que aparece en las (Fig. 1.6 y 1.7)



**Fig. 1.6 Pieza acanalada con esquinas Angulares.**



**Fig. 1.7 Pieza acanalada con esquinas Redondeadas.**

El canal "A" se lo reaóizo con metal suave que podía doblarse en ángulos muy cerrados. La longitud total del metal que se uso era de 6 pulgadas ( $2'' + 2'' + 2'' = 6''$ ).

El Canal "B" se hizo con un metal duro que no podía doblarse aún aplicarle un radio. La altura y anchura son iguales. La longitud total de la pieza de metal que se uso para esta estructura acanalada es menor que de 6 pulgadas debido a que se han aplicado bordes redondeados.

Una pieza acanalada con esquinas redondeadas requieren menos metal que el de la suma de sus dimensiones totales. Esto es así porque se necesita menos metal para hacer una esquina redondeada que el que se necesita para hacer una esquina angular.

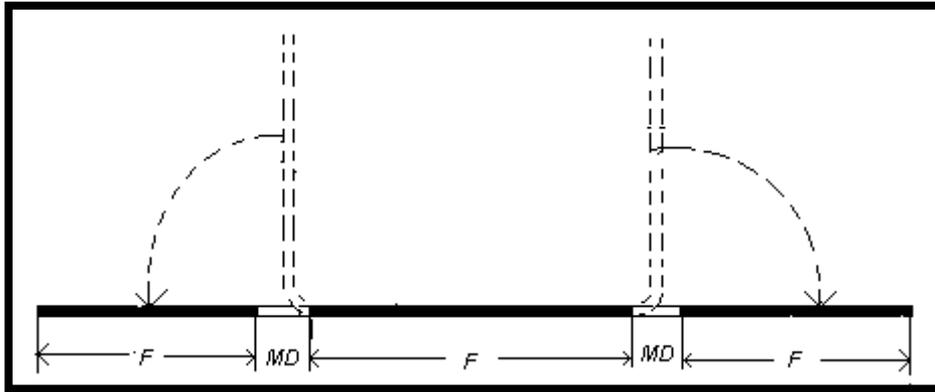
Cualquier pieza acanalada que se construya con aleación de aluminio tratado térmicamente debe llevar bordes redondeados con un radio especificado. La pieza acanalada construida en esta forma incorpora medidas que se designan como tolerancias de doblamiento y tolerancias planas.

Las tolerancias planas son aplicables al segmento de la pieza acanalada que no lleva ningún doblamiento. La tolerancia de doblamiento involucra la cantidad de metal necesario para hacer un doblamiento.

Cuando se va hacer el trazado para una pieza acanalada, se incluyen las longitudes de las tolerancias de doblamiento y las tolerancias planas de un extremo a otro, en la misma posición que tendrá una vez formada la pieza acanalada. Esto se puede apreciar en la ilustración de la (Fig. 1.8a)



**Fig. 1.8a. Trazado Plano de una Pieza Acanalada**



**Fig. 1.8b. Trazado Plano de una Pieza Acanalada**

### 1.3.2.- Términos empleados en los trabajos de doblamiento.

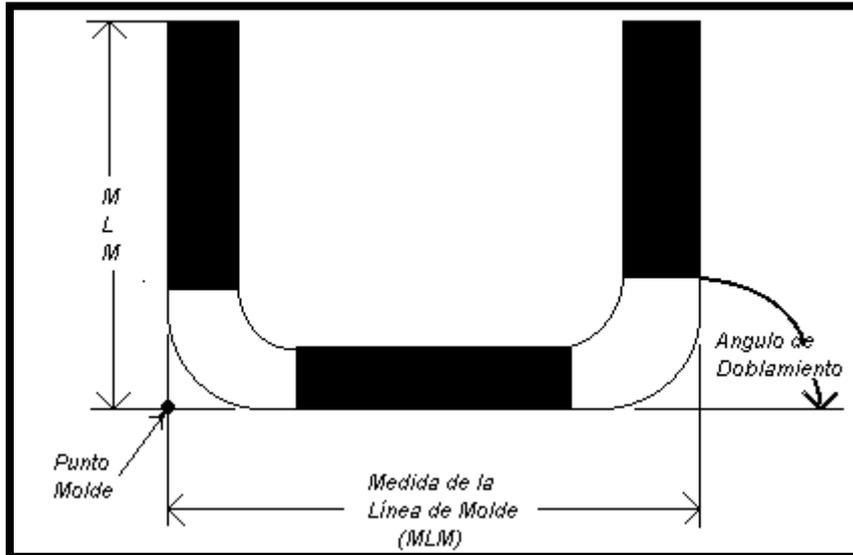
Las piezas acanaladas con esquinas redondeadas incluyen las tolerancias del doblamiento y las superficies planas. Existen otros términos que se deben conocer para determinar la tolerancia de doblamiento y el retroceso.

A continuación se dan a conocer los conceptos de los términos y un gráfico (Fig. 1.9) para un mejor entendimiento de los términos empleados en los trabajos de doblamiento.

**1.3.2.1.- Punto Molde.-** Representa el punto de intersección de las líneas superficiales exteriores extendidas.

**1.3.2.2. - Medida de la Línea de Molde (MLM).** Es la distancia que hay desde el borde del metal hasta el punto del molde, o desde el punto del molde al otro punto.

**1.3.2.3. - Ángulo de Doblamiento.-** El número de grados que el metal se ha doblado partiendo de su posición original.



**Fig. 1.9 Partes y términos que se emplean en la formación.**

#### **1.4. TOLERANCIA DE DOBLAMIENTO**

##### **1.4.1. - Determinando la Tolerancia de Doblamiento.**

En primer lugar se determina la tolerancia de doblamiento. Esta tolerancia representa la cantidad de metal que desplaza el doblamiento, determinar esta tolerancia es muy sencillo.

En el anexo D (TABLA D1) al final del proyecto se encuentra la tabla de la tolerancia de Doblamiento para 1° (un grado). En la parte superior de la TABLA se encuentra información de varios espesores comunes de metales, y los radios de doblamiento aparece sobre el lado izquierdo.

Para utilizar la TABLA D1, se localiza el radio de doblamiento deseado a lo largo del margen izquierdo de la TABLA D1, y los espesores deseados los encontrarán en la parte superior del mismo, siga el recorrido de las columnas hasta donde se intersecan y allí encontrará la tolerancia de doblamiento de un doblamiento de un grado.

Por ejemplo, ¿cual es la tolerancia de doblamiento de 1° para una pieza de metal de 0.064 de pulgada de espesor doblada a un radio de 7/32 .

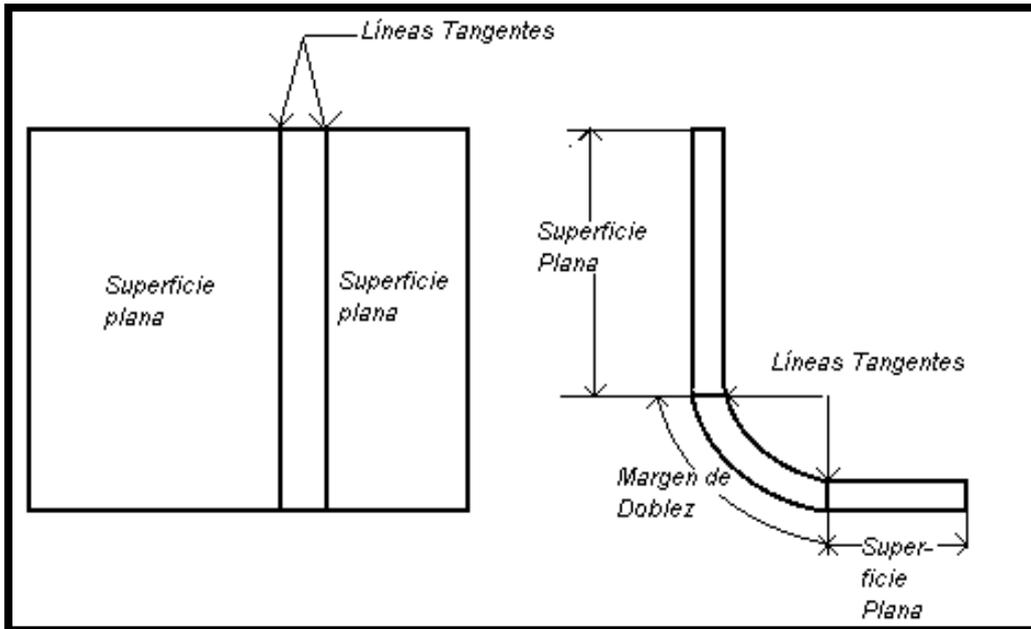
La respuesta es 0.00438. El siguiente paso relativo a la determinación de la tolerancia de doblamiento consiste en multiplicar este número por el número de grados a que se va a doblar el metal. De modo que, si este metal se va a doblar a un ángulo de 90° , la tolerancia puede determinarse en esta forma:

$$0.00438 \text{ pulg.} \times 90^\circ = \mathbf{0.3940 \text{ pulg.}} \quad \text{o sea:}$$

Tolerancia de doblamiento para 1° \_\_ 0.00438 pulg multiplicado por el número de grados a que se va a doblar el metal \_\_ 90° es igual a la tolerancia de doblamiento\_\_ 0.3940 pulg. Bastara llegar hasta la tercera cifra después del punto decimal, de manera que este resultado puede redondearse a 0.394pulg.

Este número decimal debe convertirse en una fracción, para esto se necesita la TABLA D2 de Equivalentes Decimales que se encuentra en los anexos al final de este proyecto. Ahora se observa TABLA D3 de Equivalentes Decimales y se determine el decimal más próximo a 0.394 pulg.

Se debió encontrar el 0.390 pulg. como se puede ver, este decimal es igual a 25/64, de manera que la tolerancia de doblamiento para una pieza de aluminio de 0.064 que se va a doblar a un ángulo de 90° es de 25/64 de pulgada. La (Fig.1.10) muestra la apariencia de estas medidas cuando se trazan sobre el metal.



**Fig. 1.10 Margen de doblez y trazado.**

**NOTA:** Si el espesor del metal que se va a doblar no aparece en el diagrama de tolerancias de doblamiento, sencillamente se utiliza el espesor más cercano que aparezca allí.

Por ejemplo, si la pieza de aluminio tiene un espesor de 0.050 de pulgada, se puede utilizar la tolerancia señalada para el aluminio de 0.051 de pulgada.

Ahora que se comprende como se hace esto, a continuación se dan a conocer en orden conciso, los pasos que deben seguirse para determinar el margen de doblez:

1. Utilizar la TABLA D1 de margen de doblez para determinar la tolerancia de un doblez de 1°.

2. Multiplicar la tolerancia del dobléz de  $1^\circ$  por el número de grados que tienen el ángulo del dobléz.
3. Redondear la respuesta dando una fracción decimal de tres cifras después del punto.
4. Utilizar la TABLA D2 de equivalentes decimales para convertir el decimal en una fracción.

#### **1.4.1.1.-PROCEDIMIENTOS.**

Determinar el margen de dobléz para los siguientes problemas.

##### **PROBLEMA 1**

Espesor del metal - .032 de pulg.

Radio de dobléz -  $1/8$  de pulgada

Margen de Doblez **7/64**

Ángulo de dobléz -  $45^\circ$

##### **PROBLEMA 2**

Espesor del metal - .040 de pulg.

Radio del dobléz -  $5/32$  de pulg.

Margen de Doblez **3/16**

Ángulo de dobléz -  $60^\circ$ .

### **PROBLEMA 3**

Espesor del metal - .063 de pulg.

Radio del dobléz -  $\frac{1}{4}$  de pulg.

Margen de Doblez **19/32**

Ángulo del dobléz -  $120^\circ$ .

### **PROBLEMA 4**

Espesor del metal - .050 de pulg.

Radio del dobléz -  $\frac{3}{16}$  de pulg.

Margen de Doblez **21/64**

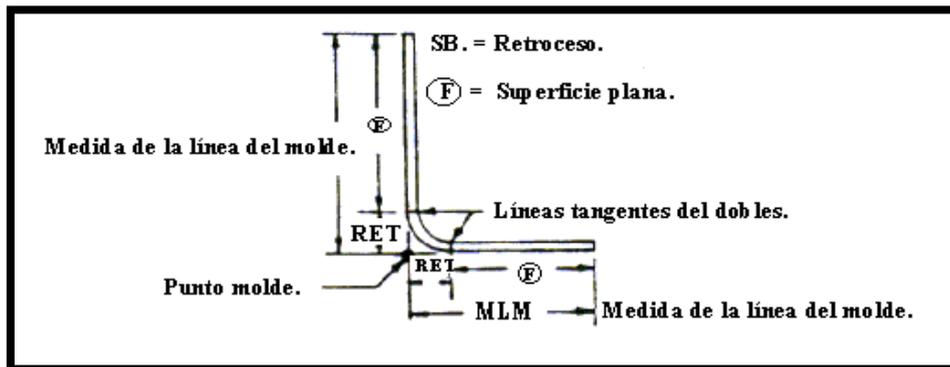
Ángulo del dobléz -  $90^\circ$ .

## **1.5. RETROCESO**

Ahora que ya se sabe como determinar la tolerancia de doblamiento, el siguiente paso consiste en aprender como determinar el retroceso, recuerde que el retroceso representa la medida en que las dos líneas del molde se traslapan cuando se les dobla alrededor de la barra. Una forma más fácil de definir esto es considerar el retroceso como la distancia que hay entre la línea tangente del dobléz y el punto molde (Fig. 1.11), esta medida es restada de la medida correspondiente a la línea del molde (MLM) para determinar la longitud de la superficie plana.

**1.5.1.- Determinación del retroceso.** El retroceso se determina sumando el radio del dobléz con el espesor del metal, y multiplicado la suma por el valor "K".

Es probable que no se sepa todavía el significado del valor "K"; en breve se dara las explicaciones al respecto.



**Fig. 1.11 Distancia de retroceso.**

El retroceso puede determinarse con mayor facilidad si se expresa en una ecuación, como se expone seguidamente:

$$\text{Retroceso} = (\text{Radio del dobl} + \text{Espesor del metal}) * "K"$$

Esto puede simplificarse aún más utilizando las siguientes abreviaturas:

**SB** = Retroceso (Setback)

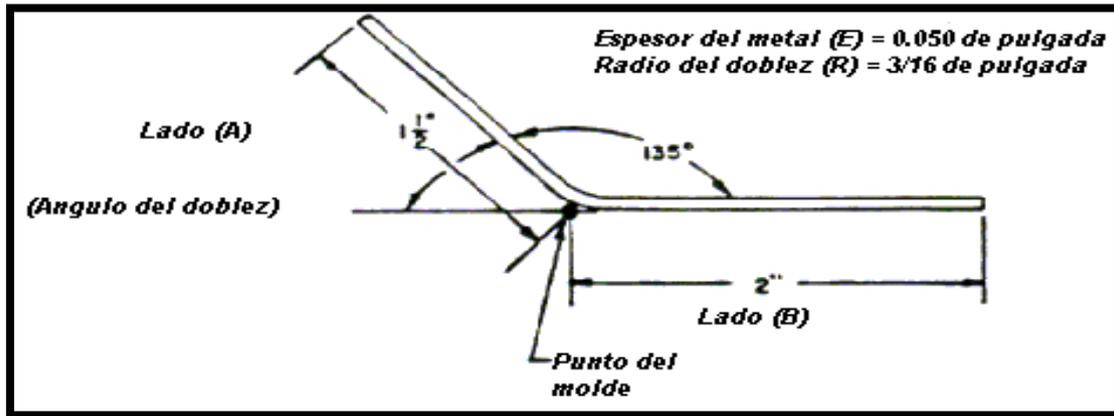
**R** = Radio del dobl (Radius of the bend)

**T** = Espesor del metal (Thickness of metal)

Aplicando estas abreviaturas, la ecuación aparecería así:

$$SB = K(T + R) \text{ es igual a } Ret = K(E + R) \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Si esto parece confuso no se preocupe; se le explicará paso a paso y se dará cuenta de lo sencilla que es la operación. Ahora se procederá a explicar el retroceso con el problema de ejemplo que aparece en la (Fig. 1.12).



**Fig. 1.12 Retroceso – Lado A**

Antes de empezar se debe primeramente determinar cuál es el margen de doblez para este problema. La respuesta es 11/64 pulg.

Ahora se determinemos el retroceso del lado A. En primer lugar , hay que cambiar la medida del radio a factor decimal utilizando la TABLA D2 de equivalentes decimales. La medida del radio 3/16 en factor decimal es 0.188 pulg.

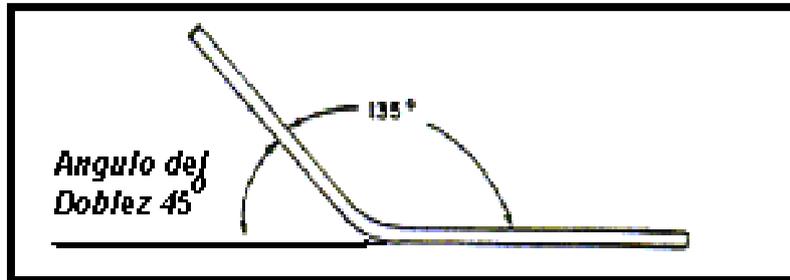
A continuación se procede a sumar los productos del radio y el espesor, lo cual es igual a 0.238 pulg.

$$(0.188 + 0.050) = 0.238$$

### 1.5.2.- **ÁNGULO DEL DOBLEZ.**

El siguiente paso consiste en determinar el ángulo correcto del doblez. Recuerde que el ángulo del doblez representa el número de grados a que ha sido doblado el metal partiendo de su condición plana. En el dibujo mecánico el ángulo se traza en el lado interior del doblez para que las dimensiones se midan por el lado exterior. Por lo tanto,

El ángulo que ilustra la (Fig. 1.12) no representa el ángulo de doblez real. Observe la (Fig. 1.13).



**Fig. 1.13 Ángulo del doblez**

Para determinar el ángulo del doblez se debe encontrar el **ÁNGULO COMPLEMENTARIO** del ángulo que se da. Una pieza de metal plana, o una línea recta, tiene  $180^\circ$ . Para determinar el ángulo del doblez sencillamente reste el ángulo que se da de los  $180^\circ$ , en forma siguiente:

$$\begin{array}{r}
 180^\circ = \text{Grados que tiene una pieza de metal plana.} \\
 - 135^\circ = \text{Grados que quedan después de doblarse el metal.} \\
 \hline
 45^\circ = \text{Ángulo del doblez}
 \end{array}$$

Ahora que se conoce el ángulo del doblez se puede determinar el valor de “K”, que es una constante. Al final de este proyecto se encuentra la TABLA D3 de Retrocesos.

En la parte izquierda de las columnas de la TABLA D3 de Retroceso aparecen listados todos los ángulos de dobleces desde  $1^\circ$  hasta  $180^\circ$ , y a la derecha de cada ángulo aparece su factor “K”. ¿Cuál es el factor “K” de un ángulo de  $45^\circ$  ?.

La respuesta es 0.41421.

### 1.5.3.- ECUACIÓN DEL RETROCESO.

Ahora que se conoce el factor “K” se puede completar la ecuación del retroceso.

Recuerde que la ecuación es como sigue:

$$\boxed{Ret = K ( E + R )}$$

(Ec. 1.1)

Se sabe que el radio más el espesor ( E + R ) es igual a 0.238, de modo que:

$$Ret = K * 0.238$$

Se tiene que el factor “K” es igual a 0.41421, de modo que:

$$Ret = 0.41421 * 0.238$$

Ahora todo lo que se debe hacer es multiplicar estos dos números así:

$$\begin{array}{r} 0.41421 \\ * 0.238 \\ \hline 0.09858198 \end{array}$$

Este resultado se redondea a 0.099, de modo que:

$$\mathbf{RET = 0.099}$$

Como paso siguiente, la medida de la línea del molde (MLM) del lado A ( 1 ½ pulgadas) debe cambiarse a factor decimal (1.500) de modo que el retroceso pueda restarse de dicha medida, para así determinar la dimensión plana de esta forma:

$$\begin{array}{r} 1.500 = \text{MLM} \\ -.099 = \text{RET} \\ \hline 1.401 = \mathbf{\text{Dimensión plana}} \end{array}$$

El último paso consiste en convertir este número a fracción ( quebrado ) nuevamente, de manera que se puede trabajar sobre el metal. ¿Cómo se representa 1.401 en número fraccionario ( quebrado )?. Se representa como  $1 \frac{13}{32}$ .

El siguiente es un resumen de los pasos que se ha seguido para determinar el retroceso y la dimensión plana.

1. Sumar el espesor del Metal (E) y el Radio del dobléz ( R ).
2. Determinar el ángulo del dobléz.
3. Determinar el factor “K” para el ángulo del dobléz.
4. Multiplicar el producto de la suma del E + R por el factor “K” para determinar el retroceso.
5. Restar el retroceso de la medida de la línea del molde (MLM).
6. Convertir el resultado en número fraccionario ( quebrado ).

## **1.6 TABLA DE DATOS**

Para no confundir tanto número diferente, el diagrama de la (Fig. 1.14) le ayudará a organizar los problemas relativos a la tolerancia de doblamiento hasta que se haya adquirido la suficiente experiencia. Este diagrama no lo va encontrar en O.T. , ya que se ha preparado por conveniencia con el fin de ayudar a organizar mejor el trabajo, cuando se haya terminado con la tabla sólo se necesitará la última columna (TD) para hacer un trazo sobre metal o papel.

**Tabla. 1.1 Tabla de datos.**

<b>MLM</b>	<b>LADO</b>	<b>MLM</b>	<b>RET</b>	<b>DP</b>	<b>MD</b>	<b>DT</b>
1-1/2"	A	1.500	0.099	1.401	<b>X</b>	1-26/64
	45	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	0.167	11/64
2"	B	2.000			<b>X</b>	

### **1.6.1 Encabezamientos de la tabla de datos.**

Cada columna del diagrama está encabezada con las siguientes abreviaturas:

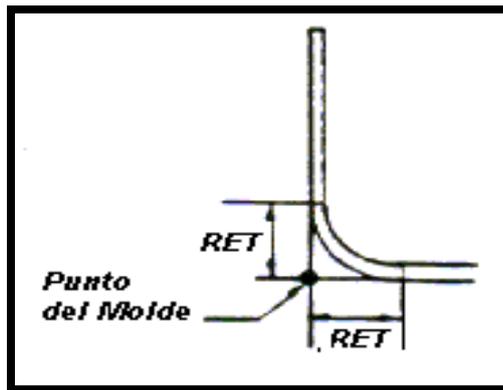
- **MLM.-** Medida de la línea de Molde (en números quebrados).
- **Lado.-** Rotule cada lado de la pieza siguiendo un orden, de uno al otro extremo, incluyendo el ángulo de dobléz entre cada lado.
- **MLM.-** La segunda Medida de la Línea de Molde es igual a la indicada anteriormente, excepto que está escrita en número decimal en milésimos de pulgada.
- **RET.-** Retroceso.
- **DP.-** Dimensión Plana (milésimos de pulgada).
- **MD.-** Margen de Doblez.
- **DT.-** Dimensión del trabajo. En esta columna se volverá a escribir la tolerancia de doblamiento y planas en números quebrados (use 64avos).

La información que ya se conoce ha sido incluida en la TD. Poner en práctica los pasos que se ha aprendido para determinar el retroceso y terminar con la TD antes de seguir adelante.

Una vez concluido este se deberá parecer al que ilustra la (tabla. 1.2). Observe que el lado B tiene la misma medida de retroceso que el lado A. Cada doblez produce dos retrocesos iguales, como puede apreciarse en la (Fig. 1.16).

**Tabla 1.2 TD ya completo**

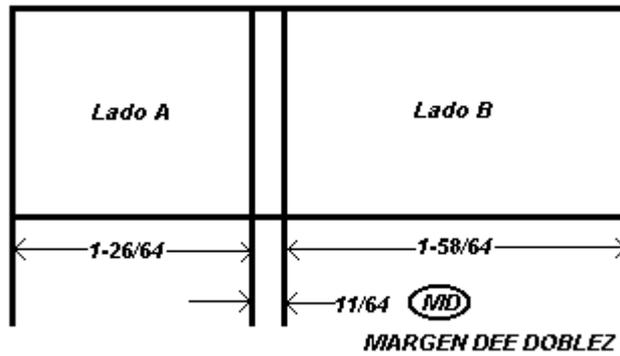
MLM	LADO	MLM	RET	DP	MD	DT
1-1/2"	A	1.500	0.099	1.401	<b>X</b>	1-26/64
	45	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	0.167	11/64
2"	B	2.000	0.099	1.901	<b>X</b>	1-58/64



**Fig. 1.16 Retrocesos Iguales**

**1.6.2 Trazado del Patrón Plano.**

Una vez determinadas las dimensiones de trabajo se procede a trazar el patrón plano disponiendo consecutivamente (de extremo a extremo) cada factor TD como lo muestra la (Fig. 1.17).

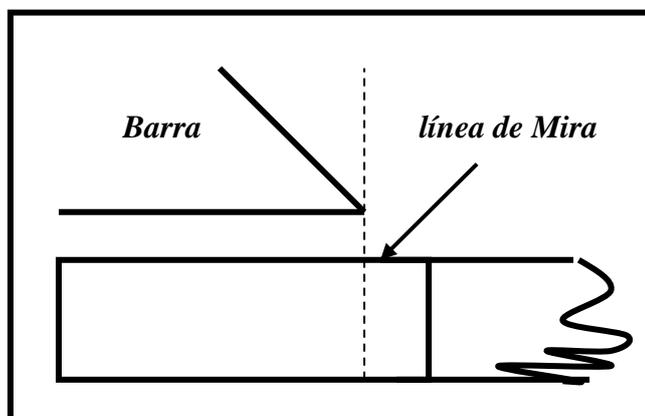


**Fig. 1.17 Trazado del Patrón Plano**

## 1.7 LÍNEA GUIA

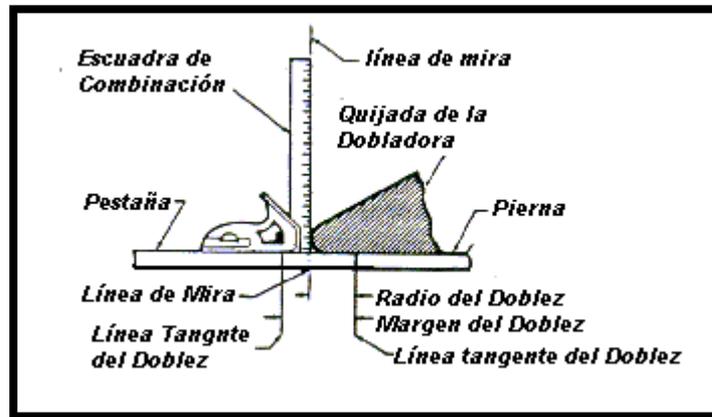
### 1.7.1 Alineamiento.

Cuando se esté haciendo un dobléz, por lo menos una de las líneas tangenciales del dobléz debe colocarse debajo de la barra para iniciar el dobléz sobre la tangente, como no se puede ver por debajo de la barra para localizar la línea tangente del dobléz, se traza una línea, que de aquí en adelante será designada “*Línea de Mira*”, para que sirva de referencia en la alineación del metal, esta línea de mira deberá trazarse a una distancia que corresponda al radio de un dobléz con respecto a la primera línea tangencial del dobléz propiamente dicho, la cual debe colocarse debajo de la barra (Fig. 1.18).



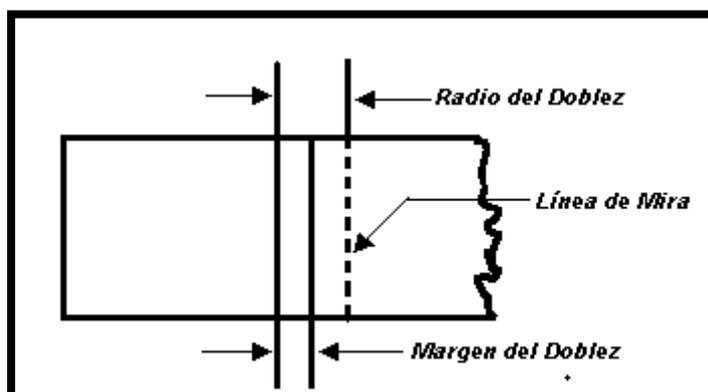
**Fig. 1.18 Trazado de la Línea de Mira**

Alineando la línea de mira con el extremo de la barra usted puede estar seguro de que el doblado se iniciará sobre la primera línea tangente. Proceda conforme se ilustra la (Fig. 1.19).



**Fig. 1.19 Alineamiento de la Línea Guía**

En la mayoría de los casos la línea de mira no quedará en el centro de tolerancia de doblamiento, en realidad, en los ángulos de dobleces pequeños la línea guía puede quedar fuera de la tolerancia de doblamiento, como se puede apreciar en la figura que sigue, en todo caso la línea guía siempre deberá trazarse a una distancia equivalente al radio de un doblado partiendo desde la primera línea tangente del doblado que se va a colocar debajo del borde de la dobladura. (Fig. 1.20)



**Fig. 1.20 Trazado exterior de la Línea Guía**

## CAPÍTULO II

### ESTUDIO ALTERNATIVAS.

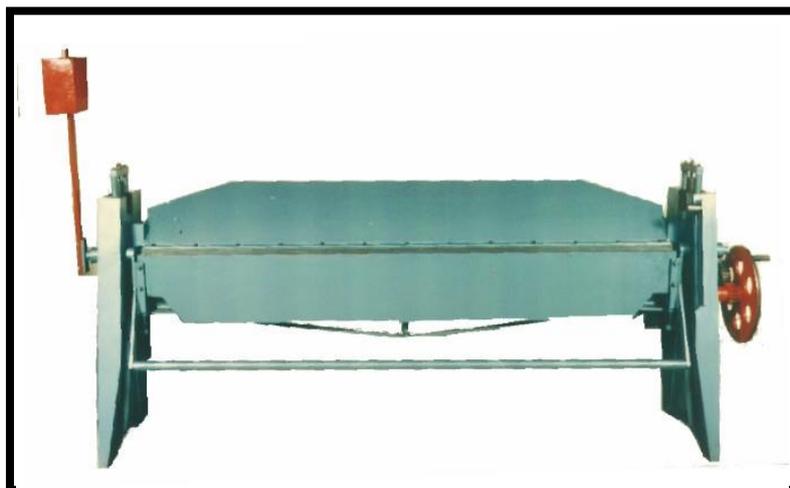
#### 2.1 ENUNCIADO DE ALTERNATIVAS.

Entre las alternativas para la construcción de esta máquina se puede enumerar las siguientes:

- a) Dobladora de cornisas tipo manual.
- b) Dobladora de cornisas tipo eléctrico.

##### 2.1.1 PRIMERA ALTERNATIVA.

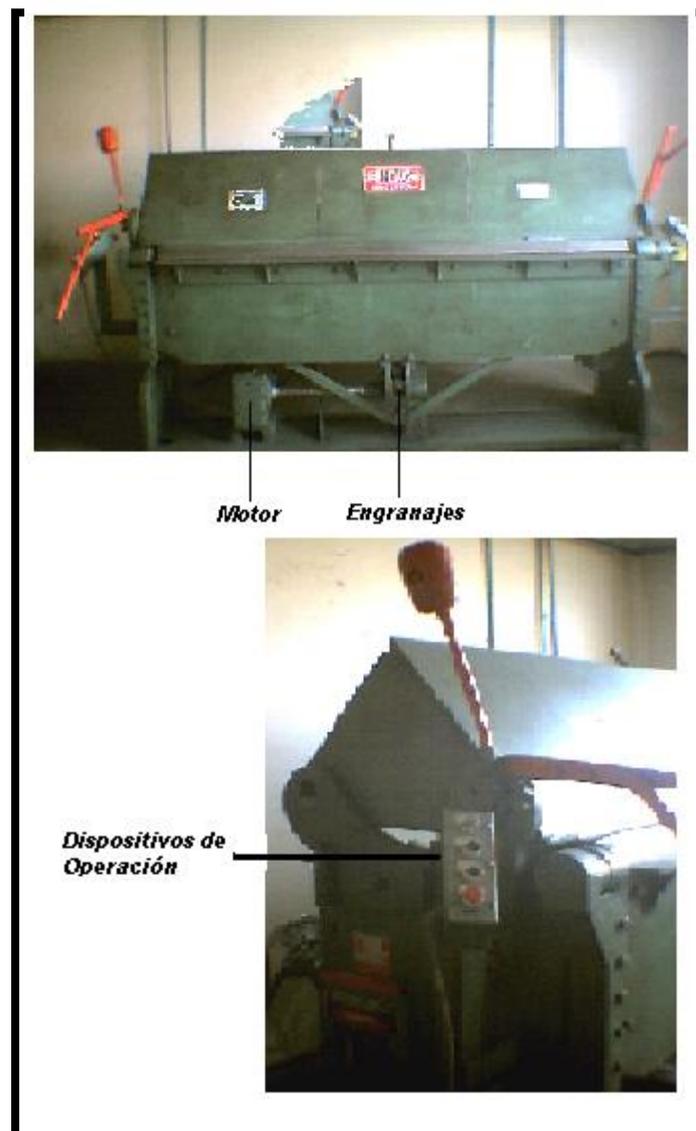
**Dobladora de cornisas tipo manual:** Esta máquina de uso manual es la más utilizada por ser económica, menos compleja y no requiere el uso de fuerza mayor, tampoco requiere de impulsores eléctricos.



**Fig. 2.1 Dobladora de cornisas manual**

### 2.1.2 SEGUNDA ALTERNATIVA.

**Dobladora de cornisas tipo eléctrica:** Consiste en la elaboración e instalación de materiales eléctricos como son motor eléctrico, bujías, cables eléctricos, interruptores eléctricos, etc.



**Fig. 2.2 Dobladora de cornisas electrica**

## 2.2 ANALISIS DE FACTIBILIDAD.

En el análisis de factibilidad se conoce las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas , mismas que nos facilitarán la selección de la mejor opción para la construcción de la máquina que sirve para doblar láminas y formación de piezas.

### 2.2.1 PRIMERA ALTERNATIVA

<b>DOBLADORA MANUAL</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Fácil manejo.</li><li>➤ Transporte Fácil.</li><li>➤ No representa peligro su uso.</li><li>➤ La presión es proporcional a la fuerza del mecánico.</li><li>➤ Requiere un pequeño espacio para ser instalado.</li><li>➤ Es fácil de transportar.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Riesgo de oxidación.</li><li>➤ Mantenimiento preventivo.</li><li>➤ Requiere fuerza por parte del mecánico.</li></ul>

### 2.2.2 SEGUNDA ALTERNATIVA.

<b>DOBLADORA ELECTRICA</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Uso de electricidad.</li><li>➤ Fácil accionamiento de electricidad.</li><li>➤ No Requiere fuerza por parte del mecánico.</li><li>➤ Doblamiento automático</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Consumo de energía eléctrica</li><li>➤ Daño en motor y en aparatos eléctricos.</li><li>➤ Instalación de material eléctrico.</li><li>➤ Riesgo para el personal.</li><li>➤ Costo de mantenimiento.</li><li>➤ Costo elevado de energía</li><li>➤ Transporte difícil.</li><li>➤ Requiere un espacio grande para ser instalada.</li><li>➤ Costo elevado de la máquina.</li></ul>

### 2.3 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.

Para facilitar la selección de la mejor alternativa de la dobladora de cornisas para el doblado de láminas y la formación de piezas, se realizó una cuidadosa evaluación de cada parámetro y lo que obtenga la calificación más alta será la escogida para su construcción.

Todas las alternativas descritas anteriormente tendrán un valor de calificación distribuido así:

Factor de Ponderación	0-1
Alternativas	1-10

Los parámetros de evaluación seleccionados son los siguientes:

Factor Mecánico

Factor Financiero

Factor Complementario

Cada uno de estos factores se encuentran divididos de la siguiente manera:

**Tabla 2.1. Cuadro de factores**

<b>1) Factor Mecánico:</b>  -Operación.  -Mantenimiento.  -Material.  -Proceso de Construcción.
<b>2) Factor Financiero:</b>  -Costo de construcción.  -Costo de operación.
<b>3) Factor Complementario:</b>  -Tamaño.  -Forma.

A continuación se detalla cada uno de los factores según los subtemas propuestos:

### **2.3.1 FACTOR MECÁNICO**

**Operación:** Se refiere al funcionamiento de la maquinaria que sirve para doblar láminas por medio mecánico. Por la importancia de este factor se le da un valor de 0.8

**Mantenimiento:** Es importante este parámetro ya que nos proporciona un perfecto funcionamiento de la máquina dobladora, además dependiendo de la complejidad del sistema necesitamos ver la disponibilidad de los diferentes repuestos que utilizaremos durante su mantenimiento. Tomando en cuenta lo anterior se le da un valor de 0.7.

**Materiales:** Se refiere tanto al uso del material que reúna las condiciones necesarias como a la facilidad de adquisición que ayudarán a construir maquinarias que dan buen servicio y facilidad al usarlas. Este parámetro tiene un valor de 0.6.

**Proceso de Construcción:** Para construir cada una de las maquinarias en estudio se necesitan elementos que posean características inmejorables con el fin de obtener maquinarias de excelente calidad y fáciles de manejar de acuerdo al tiempo en que se vive. En base a lo expuesto anteriormente a este parámetro le damos un valor de 0.7.

### **2.3.2. FACTOR FINANCIERO.**

**Costo de Construcción:** Se relaciona al costo que tiene las maquinarias propuestas.

Utilizando los parámetros para la elección de la maquinaria más factible se debe tomar muy en cuenta la cantidad de dinero que se va a invertir en cada una de ellas y que debe de ser la de menos inversión para que esta no incida en la calidad de la maquinaria, su parámetro tiene un valor de 0.6.

**Costo de Operación:** Una vez construido el banco de prueba, se busca economizar la energía en el proceso de operación. Su valor es de 0.6.

### **2.3.3 FACTOR COMPLEMENTARIO.**

**Tamaño:** Se refiere al espacio que ocupan las maquinarias tomando en cuenta el área del proyecto a utilizarse y la cantidad de dinero a invertirse de acuerdo al tipo de lámina a ser doblada, el parámetro tiene un valor de 0.2.

**Forma:** Esto constituye el tamaño que debe tener la maquinaria dobladora de láminas tratando que el manejo sea fácil para el usuario, su valor es de 0.2

En los parámetros de evaluación se considera un valor para cada uno de los factores propuestos con el fin de elegir o seleccionar la mejor alternativa de construcción de las maquinarias. Estos valores se han seleccionado debido a la necesidad de buscar el mejor prospecto. Los valores para el parámetro de evaluación (0-1) y (1-10), esta selección se presenta en la tabla No 2.2.

En las tablas siguientes se observa los parámetros de evaluación de las dos alternativas planteadas.

**Tabla 2.2 Matriz de Evaluación**

PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN	ALTERNATIVA	
		1	2
<b>FACTOR MECÁNICO</b>	<b>0-1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
OPERACIÓN.	0.8	0.6	0.5
MANTENIMIENTO	0.6	0.4	0.2
MATERIAL	0.6	0.5	0.3
CONSTRUCCIÓN	0.7	0.6	0.4
<b>FACTOR FINANCIERO</b>	<b>0-1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
COSTO DE CONSTRUCCIÓN	0.6	0.5	0.3
COSTO DE OPERACIÓN	0.6	0.5	0.2
<b>FACTOR</b>	<b>0-1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
TAMAÑO	0.2	0.2	0.1
FORMA	0.2	0.1	0.1

**Tabla 2.3 Matriz de Decisión.**

PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVA	
	1	2
<b>FACTOR MECÁNICO</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
OPERACIÓN.	0.48	0.40
MANTENIMIENTO	0.24	0.18
MATERIAL	0.30	0.12
CONSTRUCCIÓN	0.42	0.28
<b>TOTAL</b>	<b>1.44</b>	<b>0.98</b>
<b>FACTOR FINANCIERO</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
COSTO DE CONSTRUCCIÓN	0.30	0.18
COSTO OPERACIÓN	0.30	0.12
<b>TOTAL</b>	<b>0.60</b>	<b>0.30</b>
<b>FACTOR COMPLEMENTARIO</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
TAMAÑO	0.04	0.02
FORMA	0.02	0.02
<b>TOTAL</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>

**Tabla 2.4 Matriz de Decisión (puntajes totales)**

<b>PARÁMETRO DE EVALUACIÓN</b>	<b>ALTERNATIVA</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
FACTOR MECÁNICO	<b>1.44</b>	<b>0.98</b>
FACTOR FINANCIERO	<b>0.60</b>	<b>0.30</b>
FACTOR COMPLEMENTARIO	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2.10</b>	<b>1.32</b>

#### **2.4 DETERMINACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.**

De acuerdo al análisis minucioso de los parámetros de evaluación se llegó a la conclusión de que la primera opción de la Dobladora de Cornisas tipo Manual es la más opcional por cuanto presenta ventajas favorables por su construcción, se obtiene una herramienta de calidad, de fácil manejo y bajo costo.

## CAPÍTULO III

### CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO

La construcción del proyecto fue realizado por partes para facilitar la construcción utilizando los mejores recursos y optimizando el tiempo. A continuación se presenta las partes principales de la dobladora .

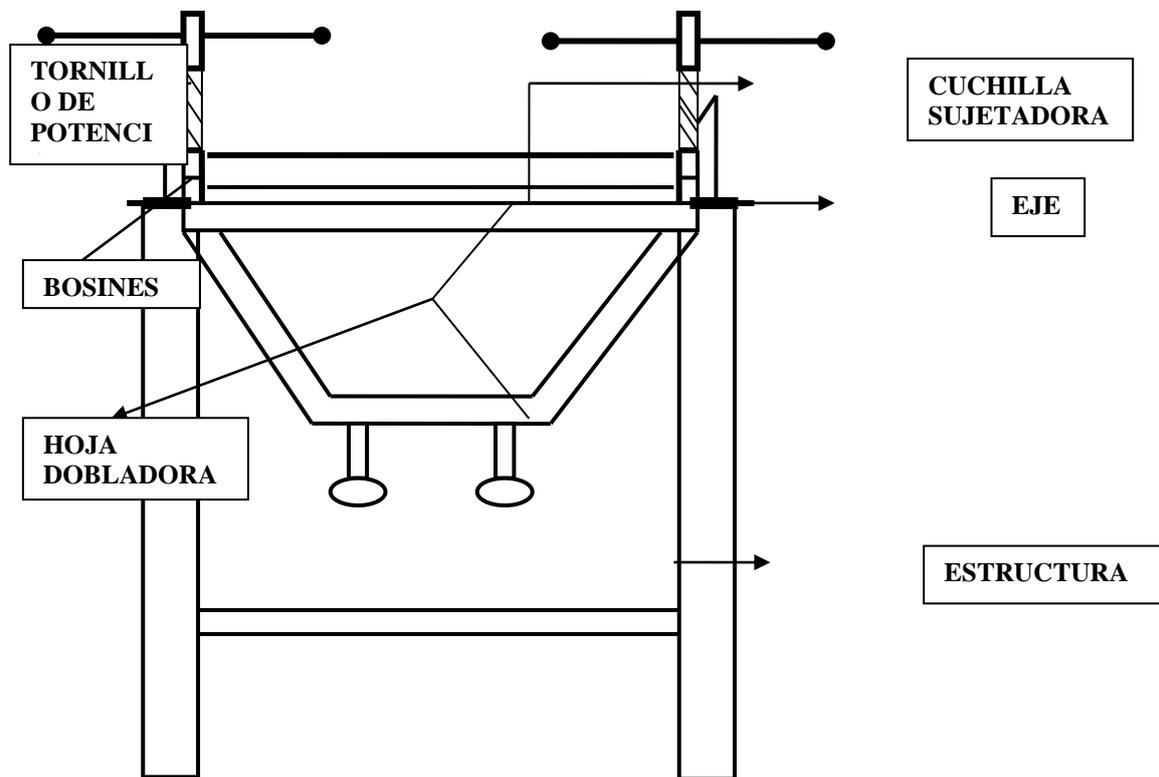


Fig. 3.1 Esquema General de la Dobladora

Las dimensiones generales de la dobladora son:

Alto: 127 cm.

Ancho: 99 cm.

### **3.1. MATERIAL DE LAS PIEZAS Y HERRAMIENTAS.**

El material utilizado para la construcción de los componentes de la dobladora de cornisas en un (50%) es el hierro, metal utilizado para la fabricación de la estructura de la dobladora, y palancas de ajuste de los tornillos de potencia.

El (45%) de acero, utilizado en la fabricación de los bosines, de la cuchilla de sujeción, la hoja dobladora, los ejes y los tornillos de potencias.

El (5%) restante lo componen el bronce utilizado para las tuercas y el tubo galvanizado que compone la hoja dobladora.

Para obtener los diferentes elementos de esta dobladora se utilizaron varias máquinas herramientas.

**Tabla 3.1 Datos técnicos de las máquinas herramientas**

<b>MAQUINA HERRAMIENTA</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
Torno	Distancia de 35 mm
Taladro de Banco Delta	115W, 1725 rpm
Amolador	220 V, 1400 rpm

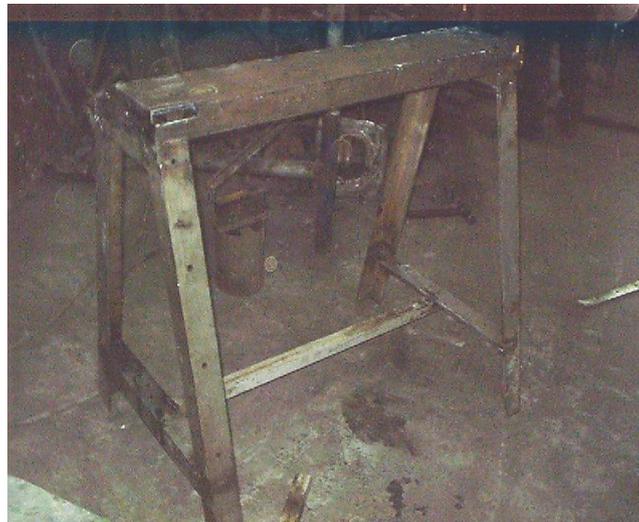
Soldadora Eléctrica	110/220 V
Compresor de pintura	110 V

### **3.2. PARTES DE LA DOBLADORA**

Las partes principales son: Estructura, Hoja dobladora, Cuchilla sujetadora, Bosines, Ejes, Tornillos de Potencia y palancas de ajuste de los tornillos.

#### **3.2.1 Estructura**

La estructura de la dobladora (Fig. 3.2) esta conformada de dos partes que son: La base y el soporte.



**Fig. 3.2 Estructura de la dobladora**

##### **3.2.1.1 Base**

La base de la dobladora de cornisas para realizar dobleces en línea recta, debe

ser construida de tal manera que permita una adecuada estabilidad de la dobladora al momento de realizar el doblado del metal.

Está construida (Fig. 3.3) con Ángulo de hierro  $2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$  pulg. Soldada con electrodos E6011 lo que asegurará la resistencia de la estructura.



**Fig. 3.3 Soldado de base de la dobladora**

### **3.2.1.2 Soporte.**

El soporte (Fig. 3.3) permitirá alojar a todas las partes que conforman la dobladora y donde se colocará el metal para realizar el doblado. Es un Perfil C de hierro de  $8 \times \frac{1}{4}$  pulg. , soldado a la base con electrodos E7018



**Fig.3.4 Base y soporte de la dobladora**

### **3.2.2 Cuchilla Sujetadora.**

La cuchilla sujetadora se puede definir como su nombre lo indica sujeta al material de tal manera que al realizar el doblado este no se mueva permanezca fijo y así obtener el doblado requerido sin problema.

Esta cuchilla es de acero y esta templada en su punta para que al momento de realizar los dobleces esta no se deforme y ocasione deformaciones o rajaduras en el material. Además esta soldada con electrodos E 7018 a las tuercas y bosines en sus extremos y ángulo en su parte superior para conformar un solo conjunto (Fig. 3.3).

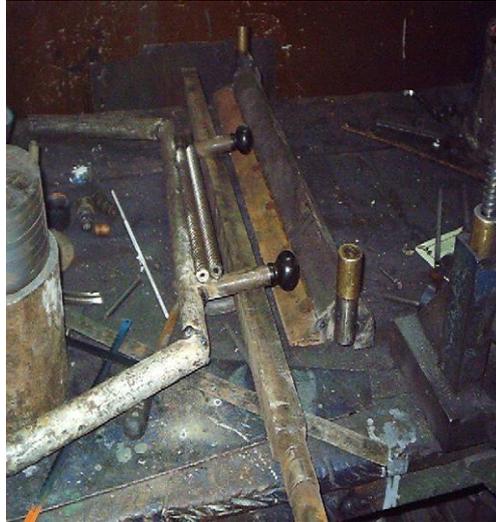


**Fig. 3.5 Cuchilla Sujetadora.**

### **3.2.3 Hoja Dobladora**

La hoja dobladora cumple la función de realizar el doblado del material al ángulo requerido (1 a 90°).

La barra es de acero va soldada con electrodos E7018 a los ejes de transmisión (Fig. 3.4) y al tubo galvanizado. El tubo y la barra en conjunto forman la hoja dobladora.



**3.6 Hoja Dobladora**

#### **3.2.4 Eje de transmisión.**

Este nos permite transmitir la fuerza que se ejerce a la hoja dobladora para realizar el doblado. Esta hecho de acero va soldado a la barra dobladora y al perfil C que conforma la estructura de la dobladora (Fig. 3.6). Tiene una longitud de 11 cm.



**3.7 Eje de transmisión**

#### **3.2.5 Bosines, Tornillos de potencia y Palancas de Ajuste**

Estas 3 piezas en conjunto permiten que se realice el desplazamiento vertical de la cuchilla sujetadora. Es necesario indicar que los tornillos no se construyeron sino que

fueron adquiridos y se cortaron a las medidas requeridas (Fig. 3.7).



**Fig. 3.8 Tornillo de potencia**

Los bosines de acero (Fig. 3.8) y las palancas de ajuste (Fig. 3.9) se construyeron en base a las medidas de los tornillos, el diámetro de estos es 2.5 cm.



**Fig. 3.9 Construcción de bosines**



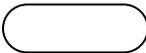
**Fig. 3.10 Construcción de Palancas de Ajuste**

### 3.3 DIAGRAMA DE PROCESOS

En los diagramas de procesos se detallan los pasos que se siguieron en la construcción de algunas de las partes de la dobladora, además el diagrama de ensamble de la máquina.

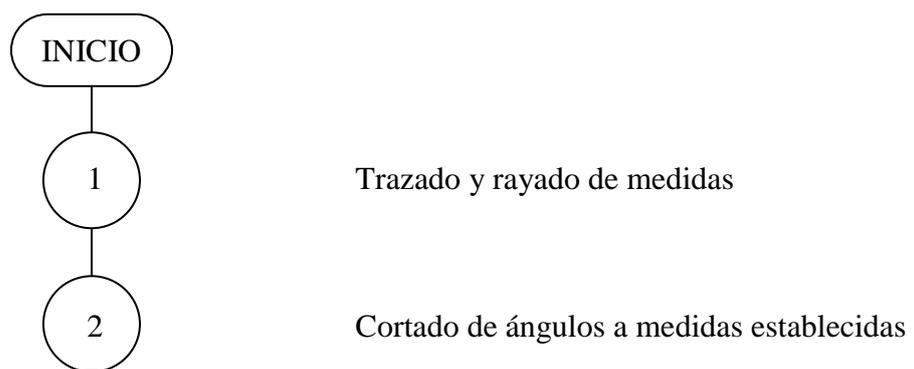
A continuación en la tabla 3.2 se explica el significado o actividad de los símbolos utilizados en los diagramas.

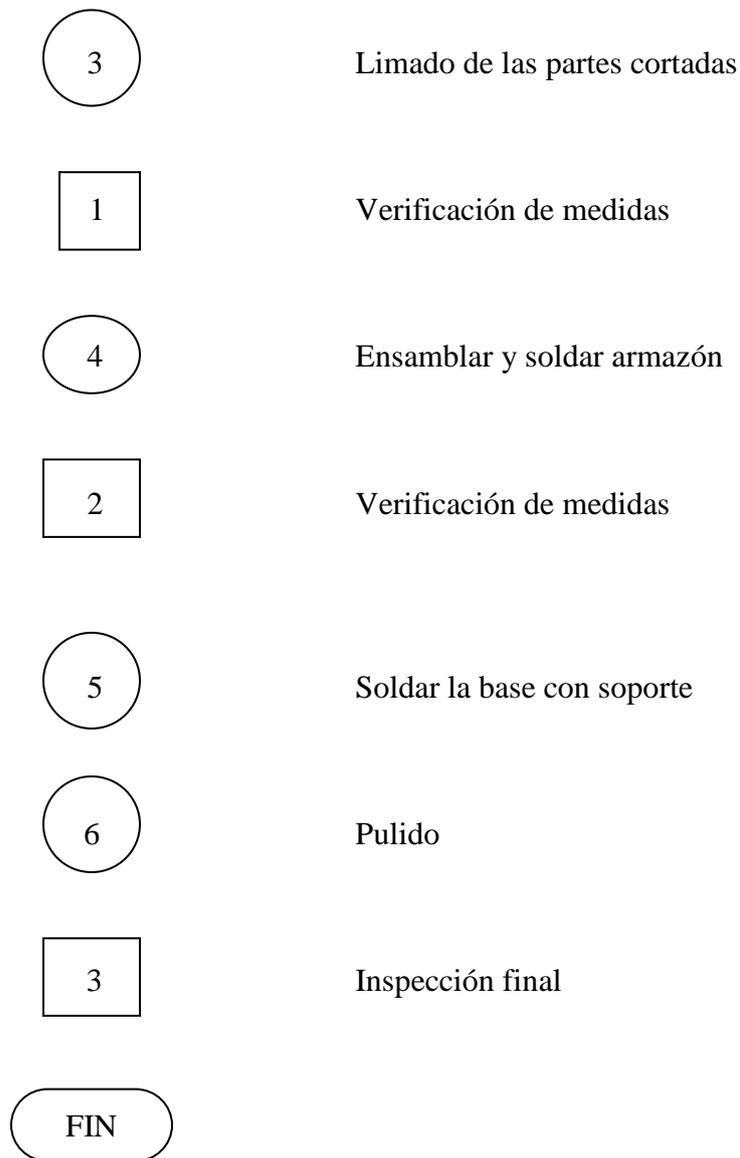
**TABLA 3.2 SIMBOLOGÍA**

SIMBOLOGÍA	ACTIVIDAD
	Inicio o Fin
	Operación
	Inspección

### 3.3.1. DIAGRAMA DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA BASE

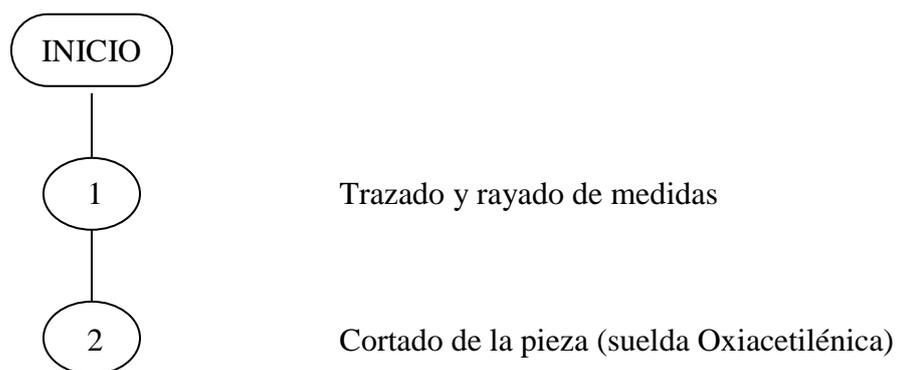
**Material:** Ángulo de hierro de 2½” x ¼”

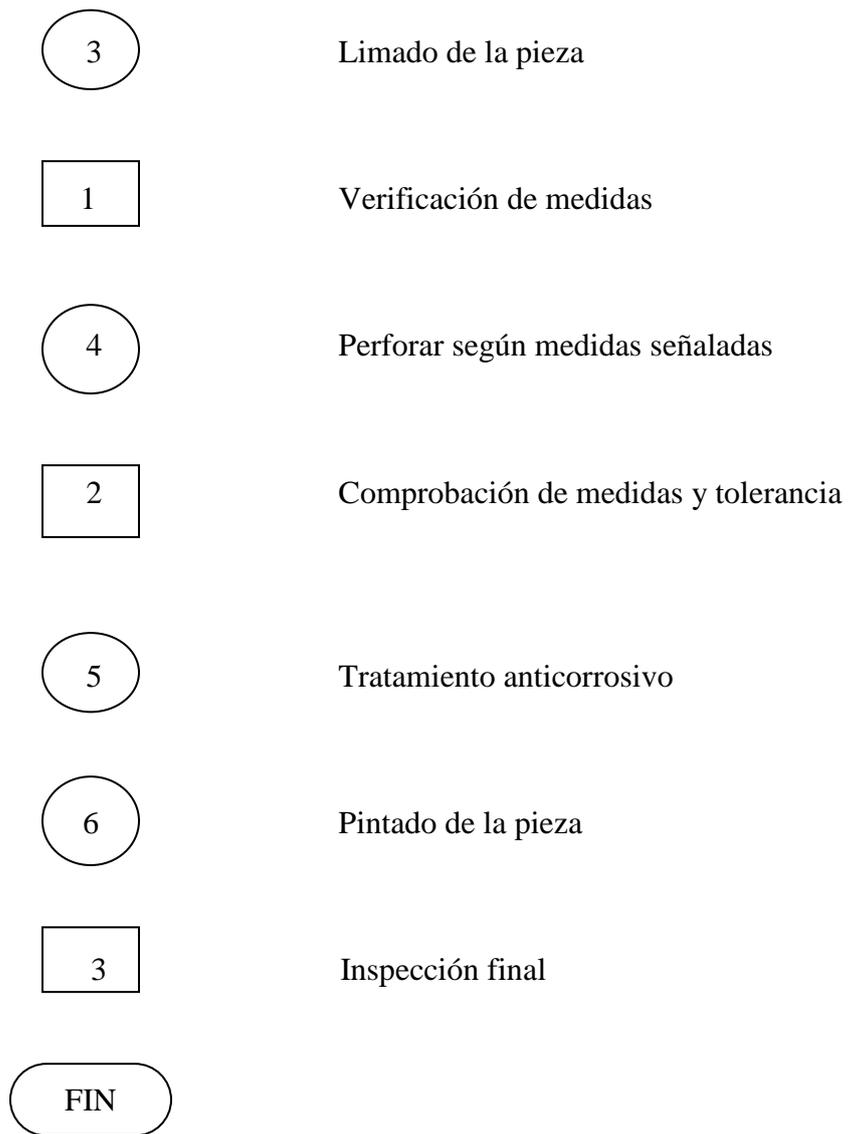




### 3.3.2 DIAGRAMA DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE SOPORTE

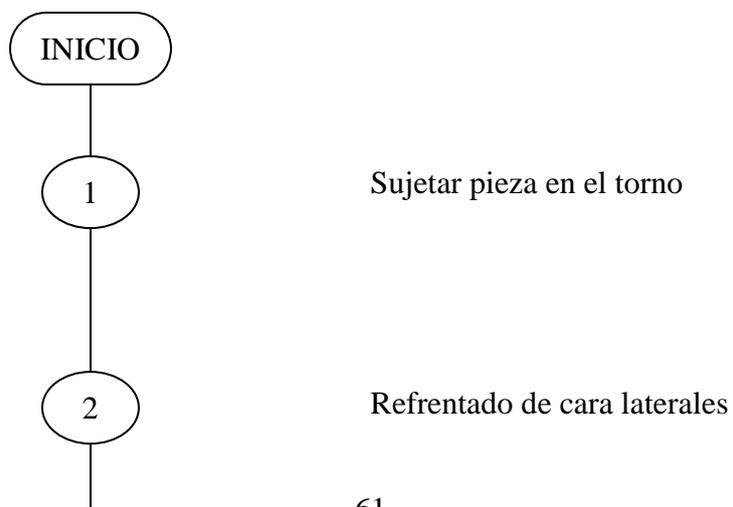
**Material:** Perfil de hierro de 8" x 1/4" en U

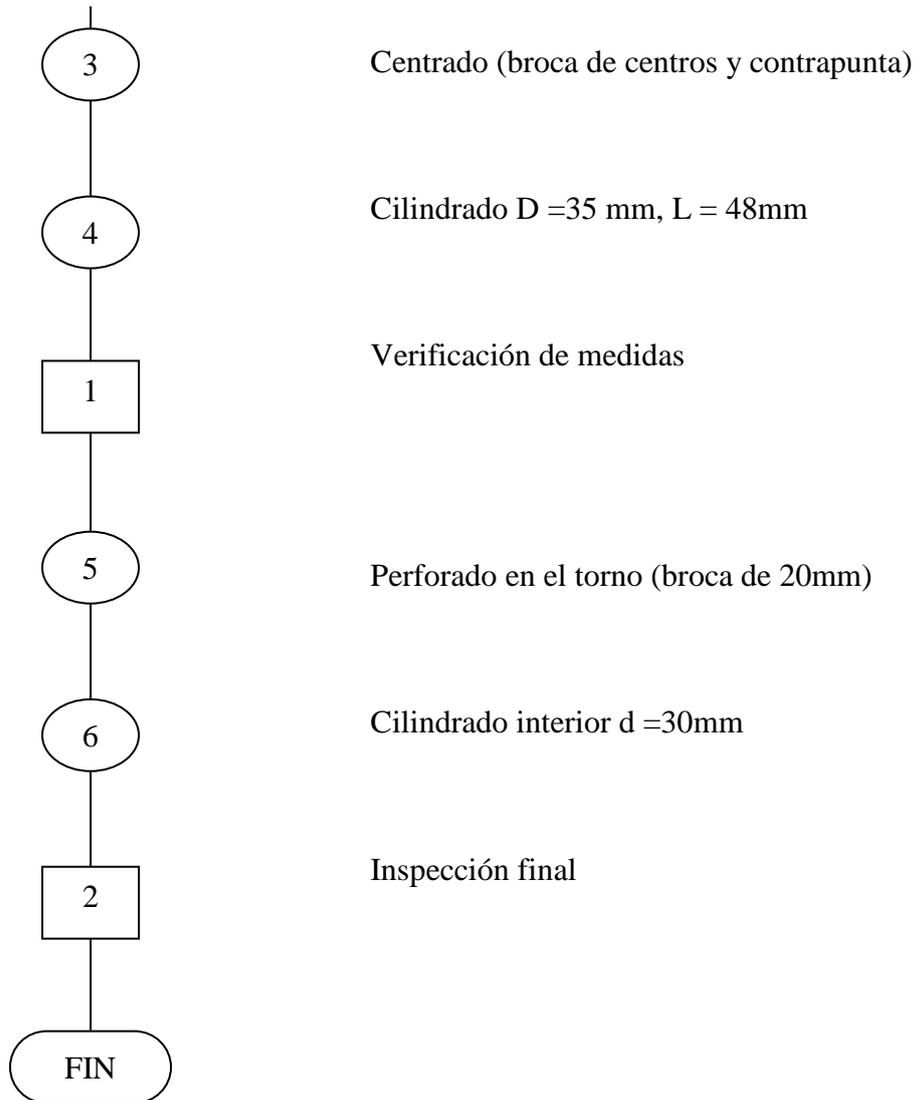




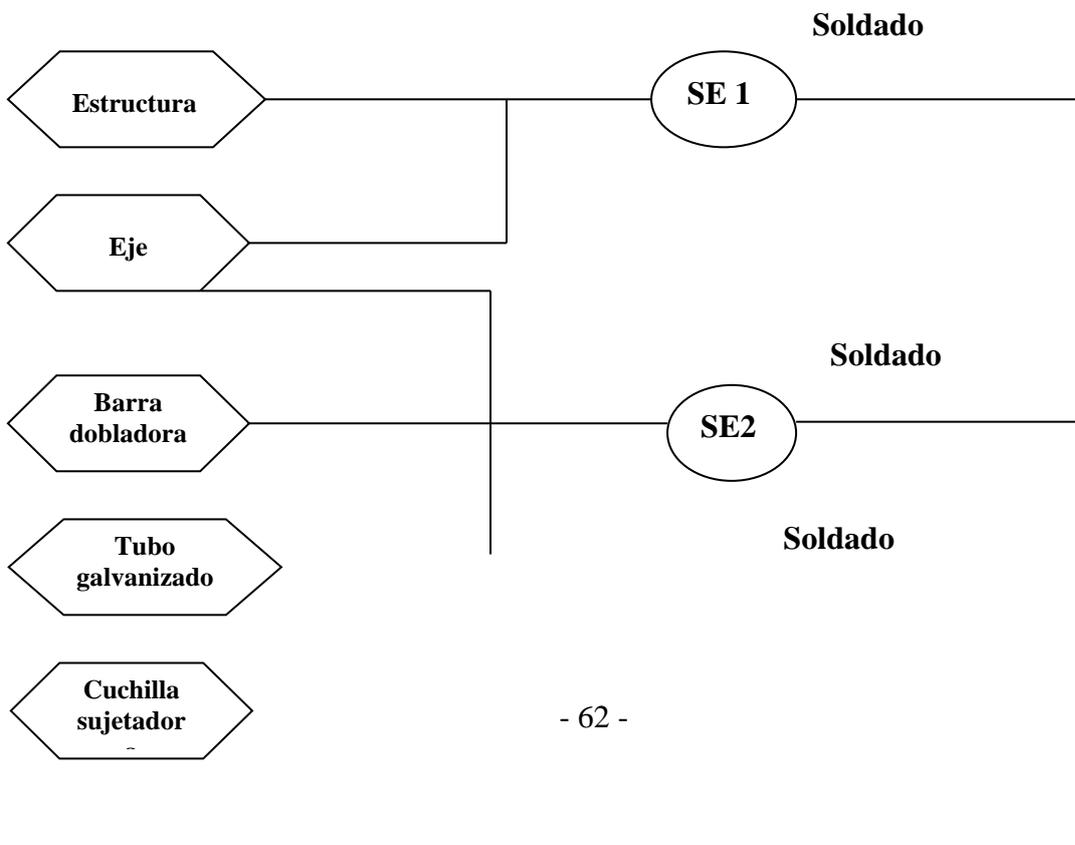
### 3.3.3 DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DE LOS BOCINES

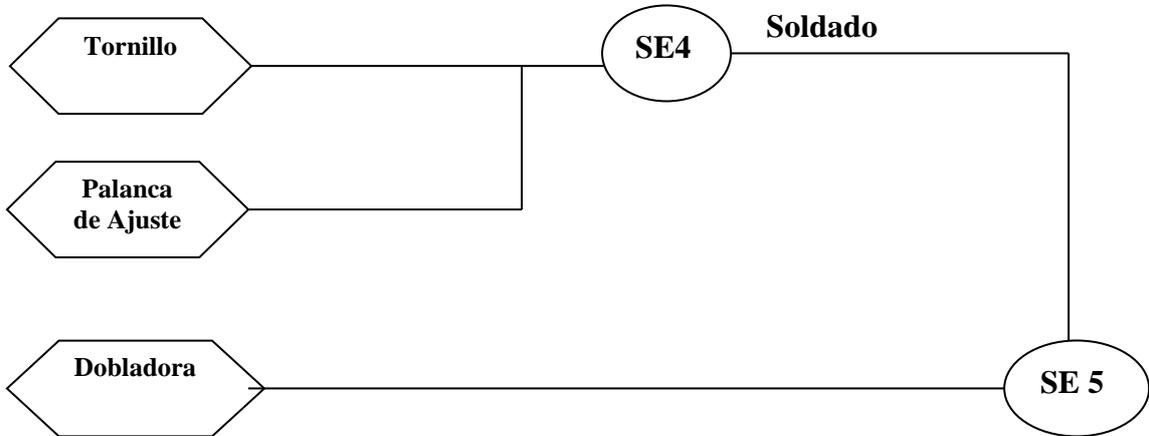
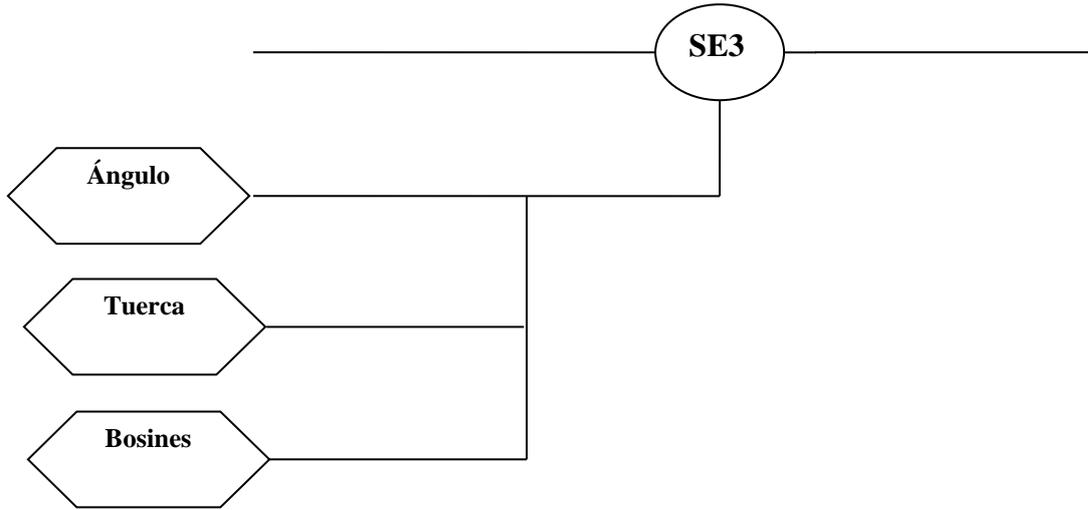
**Material:** Acero





### 3.4 Diagrama de Ensamble







**Fig. 3.11-3.12 Construcción de la dobladora**

### **3.5 Pruebas de Funcionamiento.**

El objetivo principal es el de presentar pruebas y funcionamiento de la máquina dobladora así como también las pruebas, de doblado a fin de determinar si la máquina cumple con los requerimientos planteados en un principio.

### **3.5.1 Pruebas de doblado de la máquina.**

Las primeras pruebas se realizaron con trozos de metal de aluminio de 0.016 pulg. que es la de menor espesor, sujetando la lámina firmemente y doblando a un ángulo aproximado de 90° con un radio mínimo de curvatura. En esta prueba se obtuvo un doblado perfecto sin rajaduras en el área de doblez, observándose que no hubo dificultad en el proceso.

Las siguientes pruebas se las realizaron con trozos de metal de mayor espesor 0.025, 0.032 y 0.040, y al igual que el proceso anterior se observó que no hubo rajadura ni dificultad en el proceso de doblado, obteniéndose también buenos resultados.

### **3.5.2. Pruebas de funcionamiento y verificación de la máquina.**

Previamente a la ejecución de las pruebas de doblado se procede a realizar la comprobación de los elementos y la puesta aparte de la máquina. Para realizar la prueba de funcionamiento y verificación de la máquina dobladora se debió primeramente revisar el estado de todos los elementos y partes que la constituyen.

- ❖ Se revisa que el sistema de desplazamiento vertical permita subir y bajar la cuchilla, verificándose que el tornillo de potencia no se trabe en la tapa tuerca y

que el alojamiento de los bocines se deslice correctamente.

El estado de los elementos de la máquina se muestra en la siguiente tabla

**Tabla 3.3 Estado de los elementos de la máquina dobladora**

<b>ELEMENTO</b>	<b>RESISTENCIA ESTRUCTURAL</b>	<b>CONDICION DE ENSAMBLE</b>
Ángulo en L	✓	✓
Perfil en U	✓	✓
Cuchilla	✓	✓
Barra de Acero	✓	✓
Bocines de Acero	✓	✓
Eje	✓	✓
Tornillo de potencia	✓	✓
Tuerca de Bronce	✓	✓
Tubo galvanizado	✓	✓

### **3.5.3 OPERACIÓN**

Una vez que se chequeó todos los puntos anteriormente mencionados se procedió a realizar el funcionamiento de la máquina dobladora.

Tiempo en el cual se pudo observar el correcto funcionamiento de todas las partes y del conjunto en si, además observándose el correcto alineamiento de la cuchilla, la base soporte de la cuchilla, el eje de transmisión y la barra dobladora se dice que la máquina se encuentra en perfectas condiciones y funciona óptimamente.

A continuación se presenta la máquina dobladora construida y en condiciones de funcionamiento



**Fig. 3.13 Maquina Dobladora**

## **CAPÍTULO IV**

## **ELABORACIÓN DE MANUALES**

### **4.1 DESCRIPCIÓN DE MANUALES**

Para realizar un buen manejo de la máquina dobladora de cornisas se tiene que aplicar los siguientes manuales con el propósito de revisar los posibles errores, discontinuidades, fallas, accidentes y demás situaciones que pueden presentarse en esta máquina así como los problemas que se dan con el operario en el área de trabajo.

### **4.2 TIPOS DE MANUALES**

A continuación se da a conocer los diferentes manuales que se aplica en la máquina dobladora para su correcto manejo dentro del proceso de doblado y formación de metales.

- Manual de operación.
- Manual de Mantenimiento.
- Hoja de Registros.

#### **4.2.1 MANUAL DE OPERACIÓN**

Con este manual se da a conocer el procedimiento de operación y manejo que tiene una máquina dobladora de cornisas de tipo manual, la misma que sirve para realizar dobleces en línea recta y formación de metales, especialmente de aluminio por ser el más utilizado en la reparación de Estructuras Aeronáuticas.

	<b>OPERACIÓN DE LA MÁQUINA</b> <b>DOBLADORA DE CORNISAS</b>		<b>Código:</b>
	<b>Elaborado por:</b> Cbos. Pabón Sandro		<b>Revisión N°:</b> 01
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Ordóñez José	<b>Fecha:</b> 2005-01-06	<b>Fecha:</b> 2005-01-06
<p><b>1.0 OBJETIVO:</b></p> <p>Registrar el procedimiento de aplicación de la dobladora de cornisas manual en el metal.</p> <p><b>2.0 ALCANCE:</b></p> <p>Consiste en el proceso de doblado y formación del metal utilizado en la reparación de estructuras Aeronáuticas.</p> <p><b>3.0 PROCEDIMIENTOS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gire los tornillos de potencia para elevar la quijada superior.</li> <li>2. Coloque el metal para que la línea trazada con el lápiz quede pareja con el borde delantero de la quijada superior.</li> <li>3. Gire los tornillos de potencia para bajar la quijada superior y sujete el metal debidamente.</li> <li>4. Levante la palanca lentamente en la barra dobladora hasta que el metal quede doblado al ángulo requerido.</li> <li>5. Baje la barra dobladora lentamente.</li> <li>6. Levante la quijada superior y retire el metal.</li> <li>7. Verifique el ángulo de doblez con un juego de escuadra. Si el ángulo no es el requerido, vuelva a colocar el metal en la dobladora de cornisas.</li> <li>8. Sujete el metal firmemente y dóblelo más o enderécelo tirando de él con las manos (si está demasiado doblado). Este procedimiento de tirar del metal sólo puede hacerse con metales blandos.</li> <li>9. Repita los pasos 7 y 8 hasta que el metal esté doblado al ángulo requerido.</li> <li>10. Retire el metal, baje la quijada superior (no la asegure hacia abajo).</li> </ol> <p><b>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b> _____</p>			

#### 4.2.2. MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para cada maquinaria existe un manual de mantenimiento el mismo que para mantener en buen estado evitando problemas externos ya sean rayaduras, rajaduras, problemas de oxidación y otros fenómenos que afectan la maquinaria.

	MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA DOBLADORA DE CORNISAS		<b>Código:</b>
	<b>Elaborado por:</b> Cbos. Pabón Sandro		<b>Revisión N°:</b> 01
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Ordóñez José	<b>Fecha:</b> 2005-01-06	<b>Fecha:</b> 2005-01-06
<p><b>1.0 OBJETIVO:</b></p> <p>Demostrar la forma de dar mantenimiento a una dobladora de cornisas manual.</p> <p><b>2.0 ALCANCE:</b></p> <p>Es la manera como se debe cuidar una dobladora de cornisas para proteger de diferentes agentes, externos e internos, fenómenos químicos, físicos, y problemas con el lugar de trabajo.</p> <p><b>3.0 PROCEDIMIENTOS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe tener una buena lubricación del eje de transmisión ya que en el proceso de doblado no debe presentarse resistencia al levantar la barra dobladora.</li> <li>2. Se debe doblar únicamente metales con los espesores determinados para esta máquina ya que si se lo hace con espesores diferentes se producen daños en el borde de la quijada superior.</li> <li>3. Debe hacerse una revisión periódica de la máquina para que no exista riesgos de oxidación puesto que provocaría el acabado del material.</li> <li>4. Para su operación se debe ubicar en un lugar fresco y seco ya que el material del que esta hecho tiende a corroerse si se expone a altas o bajas temperaturas, humedades, salinidad.</li> <li>5. En caso de presentarse estos fenómenos y que hayan abarcado en la mayoría del material se procederá a cambiarse para que esta no afecte a las demás piezas.</li> <li>6. Cuando no va a ser utilizada se recomienda limpiar y una buena lubricación.</li> </ol> <p><b>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b> _____</p>			

#### 4.2.3. HOJA DE REGISTRO

Para llevar una correcta información de la dobladora de cornisas y su manejo se ha ideado una hoja de registros la misma que almacena información del modo de operación, las fallas o errores que se presenten durante el proceso de doblado y formación del metal.

<b>ITSA</b>	<b>HOJA DE REGISTROS</b>	<b>Pág. 1 de 3</b>
-------------	--------------------------	--------------------

	<b>HOJA DE REGISTROS DE LA DOBLADORA DE CORNISAS MANUAL</b>		<b>Código:</b>
	<b>Elaborado por:</b> Cbos. Pabón Sandro		<b>Revisión No.:</b> 01
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Ordóñez José	<b>Fecha:</b> 2005-01-06	<b>Fecha:</b> 2005-01-06

**REGISTRO**

**UTILIZACIÓN DE LA DOBLADORA DE CORNISAS**

**Solicitado por:**

**Fecha de inicio:**

**Fecha de finalización:**

**Total horas de servicio:**

**No.:**                    **Actividad:**

**Descripción:**

**Observaciones:** .....

.....

.....

**4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_



**REGISTRO**

**CODIGO:**

**Registro No. :**

Libro de vida de Mantenimiento de la Dobladora de Cornisas Manual

**Hoja:**      **de**

<b>No.</b>	<b>Fecha de Inicio</b>	<b>Fecha de Finalización</b>	<b>Trabajo realizado</b>	<b>Material Utilizado</b>	<b>Observaciones</b>

\_\_\_\_\_  
**JEFE DE TALLER**

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO ECONÓMICO**

#### **5.1. PRESUPUESTO.**

Antes de realizar este proyecto de Grado se realizó un presupuesto estimado valorado en \$600 (Seis cientos dolares).

#### **5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.**

Para la construcción de la máquina dobladora de cornisas manual se requiere de gastos o costos. Los cuales están dirigidos, a los materiales y a los gastos de construcción es decir horas máquina y mano de obra, pues para la construcción se utilizó la maquinaria existente en un taller de la ciudad de Latacunga, el recurso humano para la ejecución de este proyecto fue básicamente con la asesoría del director de la tesis, del jefe del taller y sus ayudantes.

En la construcción de este proyecto se consideró 4 factores económicos muy importantes como son los siguientes:

- 1.- Los materiales para la máquina.
- 2.- Las máquinas herramientas.
- 3.- La mano de obra.
- 4.- Otros.

### 5.2.1.- LOS MATERIALES.

Aquí comprende todos los materiales utilizados para la construcción.

A continuación se muestra detallado los costos de materiales de la máquina.

**Tabla 6.1 Lista de costos de los materiales de la máquina**

<b>MATERIALES PARA LA MÁQUINA</b>	
<b>DETALLES</b>	<b>VALOR EN USD.</b>
Angulo de hierro 2 ½ x ¼ pulg. (5 m.)	30.00
Cuchilla de acero 80 cm.	90.00
Barra de acero	80.00
Perfil C de hierro 8 x ¼ 100cm	20.00
2 Tornillos de potencia ¾ x 13 ¾ pulg.	60.00
Tubo reforzado 1 ½ pulg.	25.00
Bocines de acero	15.00
Palancas de ajuste de los tornillos	20.00
2 ejes de transmisión	15.00
Tuercas de Bronce Fosfórico	10.00
Electrodos 6011-7018	5.00
Pintura	4.50
Tiñer	1.50
<b>SUBTOTAL</b>	<b>376.00</b>

### 5.2.2. LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS.

Para poder construir este proyecto, utilizaron máquinas herramientas que existen en esta ciudad, las cuales realizaron diferentes tareas como diremos a continuación.

En la siguiente tabla se presenta el costo de operación de cada una de las máquinas herramientas.

**Tabla 6.2: Costo de operación de las máquinas herramientas**

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR USD. /HORA</b>
Torno	6.00
Sierra	4.00
Suelda Autógena	3.00
Suelda Eléctrica	20.00
Limadora	1.50
Taladro	3.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>37.50</b>

### 5.2.3. MANO DE OBRA.

El costo de la mano de obra están comprendidos principalmente por el montaje, lubricación, pintura, etc.

**Tabla 6.3: Costos de la mano de obra**

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR USD.</b>
Montaje	30.00
Lubricación	5.00
Pintura	15.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>50.00</b>

### 5.2.4. OTROS GASTOS.

En este punto está lo que comprende los materiales utilizados para las pruebas, costos de útiles y equipos de oficina, internet, impresiones, transporte, realización de tesis, etc.

**Tabla 6.4: Costos de otros gastos**

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR USD.</b>
Otros	120.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>120.00</b>

### 6.2.5 COSTO TOTAL DE LA DOBLADORA

En la tabla 6.5 se da a conocer el total de gastos que se dieron con la construcción de la dobladora manual.

**Tabla 6.5: Cuadro general de gastos**

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR USD.</b>
Materiales	376.00
Máquinas herramientas	37.50
Mano de obra	50.00
Otros	100.00
<b>TOTAL</b>	<b>563.50</b>

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- ❖ La máquina dobladora está equipada con un material de alta resistencia para soportar esfuerzos.
  
- ❖ La máquina construida es muy versátil para el doblado de láminas de hasta 80cm de ancho y de hasta 0.156 de plgada de espesor en aleaciones de aluminio, y en otros metales como el tol de cualquier espesor.
  
- ❖ Luego de realizadas las pruebas de doblado, las cuales constan en el capítulo de pruebas de operación y funcionamiento se concluye que con esta dobladora se obtiene una buena exactitud en el doblado así como también una buena superficie de acabado ya que la lámina no presenta discontinuidades, ni arrugamientos.

## 6.2 RECOMENDACIONES.

- ❖ Su ubicación debe ser en lugar fijo y seguro para que no afecte al usuario y dañe a las demás personas que trabajan cerca o alrededor de la máquina.
- ❖ Las prácticas o trabajos se realizan en un ambiente de trabajo que brinde las seguridades adecuadas.
- ❖ Es muy importante que al realizar el doblado se tomen las medidas de seguridad necesarias para evitar la introducción de los dedos entre la base y la cuchilla. Los operadores no deben utilizar guantes.
- ❖ Para su operación refiérase a los manuales de operación y funcionamiento.
- ❖ Debe tener un estricto cumplimiento de estas recomendaciones con el fin de que no tenga problemas al realizar el doblado y no dañe al material.
- ❖ La máquina construida requiere un mantenimiento mínimo porque los elementos están seleccionados para tener una vida útil larga.

## BIBLIOGRAFIA

- H. Gerling. (1986) Alrededor de las Máquinas y Herramientas. Tercera Edición.
- C. Rorster. (1984). Trabajo de Torno.
- A. Malishev, G. Nikolaiev, y Shuvalov. (1988). Tecnología de los Metales. Séptima Edición.
- Erich. Guvezoreck. (1967). Tecnología Fundamental para el proceso de los metales.
- Reparación de Estructuras (2000). INTER-AMERICAN-AIR- FORCES- ACADEMY
- [www.google.com.ec](http://www.google.com.ec)

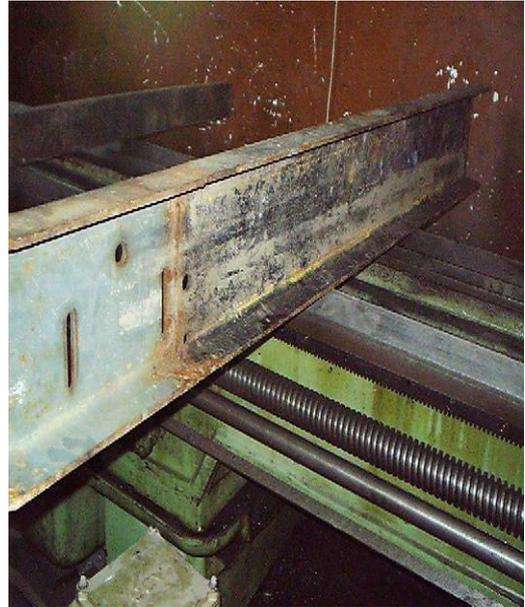
# **ANEXOS**

**“ANEXO A”**

**Materiales de la  
Máquina Dobladora**



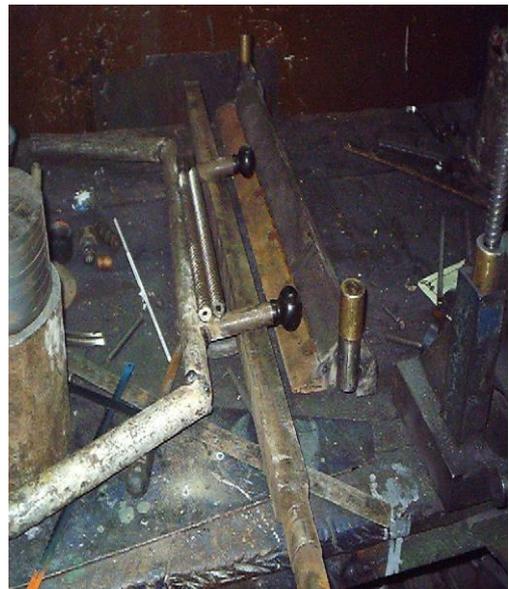
**A.1. Base de la dobladora**



**A.2. Soporte de la cuchilla**



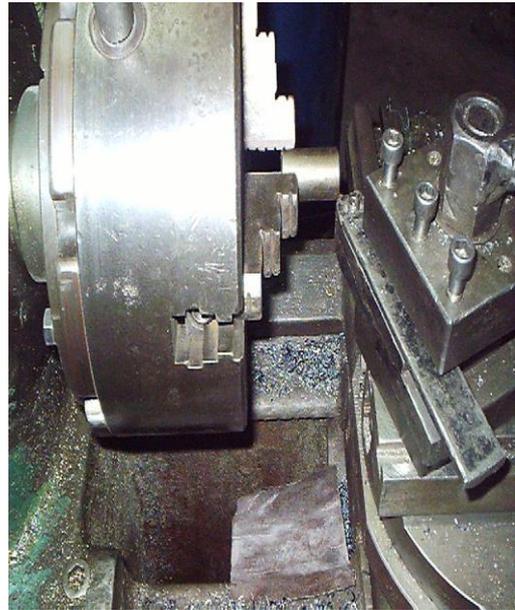
**A.3. Cuchilla y tornillos**



**A.4. Conjunto de la barra dobladora**

# **“ANEXO B”**

Proceso de  
construcción de la  
Máquina Dobladora



**B1. Construcción de eje de transmisión y bocines**



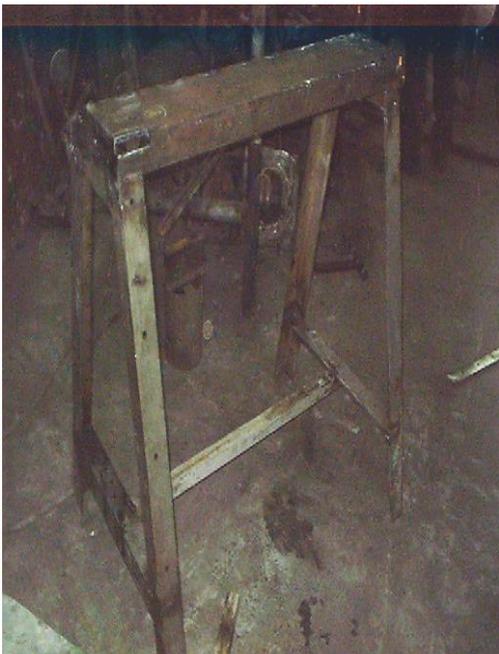
**B2. Ejes de transmisión y Bocines**



**B3. Barra dobladora de acero**



**B4. Ubicación de los ejes de transmisión en la barra dobladora**



**B5. Base y soporte de dobladora**



**B6. Ubicación de eje y barra dobladora**



**B7. Ubicación de cuchilla y tuercas**



**B8. Pulido y colocación de tornillos**



**B9. Construcción de palanca de tornillo**



**B.10 Palancas de los tornillos**

# “ANEXO C”

Proceso de pintado de

la Máquina Dobladora



**C1. Proceso de pintado de la cuchilla de la dobladora**



**C2. Proceso de pintado de base y soporte y la barra dobladora**

**“ANEXO D”**

*Diagramas*

RADIO DEL DOBLEZ	ESPESOR DEL MATERIAL													
	0.012	0.016	0.020	0.025	0.032	0.040	0.051	0.064	0.072	0.081	0.091	0.102	0.125	0.156
1/32	0.00063	0.00068	0.00072	0.00078	0.00082	0.00089	0.00099	0.00110	0.00118	0.00125	0.00134	0.00143	0.00163	0.00190
1/16	0.00120	0.00123	0.00128	0.00131	0.00137	0.00145	0.00153	0.00165	0.00172	0.00180	0.00188	0.00198	0.00219	0.00245
3/32	0.00174	0.00178	0.00181	0.00185	0.00191	0.00198	0.00208	0.00219	0.00226	0.00234	0.00243	0.00252	0.00272	0.00299
1/8	0.00229	0.00232	0.00235	0.00240	0.00246	0.00253	0.00262	0.00274	0.00281	0.00289	0.00297	0.00307	0.00327	0.00354
5/32	0.00283	0.00288	0.00290	0.00294	0.00300	0.00307	0.00317	0.00328	0.00335	0.00343	0.00352	0.00361	0.00381	0.00408
3/16	0.00338	0.00341	0.00345	0.00349	0.00355	0.00362	0.00372	0.00383	0.00390	0.00398	0.00407	0.00416	0.00436	0.00463
7/32	0.00392	0.00396	0.00400	0.00404	0.00410	0.00417	0.00426	0.00438	0.00444	0.00453	0.00461	0.00471	0.00491	0.00518
1/4	0.00447	0.00450	0.00454	0.00458	0.00464	0.00471	0.00481	0.00492	0.00499	0.00507	0.00516	0.00525	0.00545	0.00572
9/32	0.00501	0.00505	0.00508	0.00513	0.00519	0.00526	0.00535	0.00547	0.00554	0.00562	0.00570	0.00580	0.00600	0.00627
5/16	0.00556	0.00559	0.00563	0.00567	0.00573	0.00580	0.00590	0.00601	0.00608	0.00616	0.00624	0.00634	0.00651	0.00681
11/32	0.00610	0.00614	0.00617	0.00622	0.00628	0.00635	0.00644	0.00656	0.00663	0.00671	0.00679	0.00689	0.00709	0.00736
3/8	0.00665	0.00669	0.00672	0.00677	0.00683	0.00690	0.00699	0.00711	0.00718	0.00726	0.00734	0.00744	0.00764	0.00791
13/32	0.00719	0.00723	0.00726	0.00731	0.00737	0.00744	0.00753	0.00765	0.00772	0.00780	0.00788	0.00798	0.00818	0.00845
7/16	0.00774	0.00778	0.00781	0.00786	0.00792	0.00799	0.00808	0.00820	0.00827	0.00835	0.00843	0.00853	0.00873	0.00900
15/32	0.00828	0.00832	0.00835	0.00840	0.00846	0.00853	0.00862	0.00874	0.00881	0.00889	0.00897	0.00907	0.00927	0.00954
1/2	0.00883	0.00887	0.00890	0.00895	0.00901	0.00908	0.00917	0.00929	0.00936	0.00944	0.00952	0.00962	0.00982	0.01009
17/32	0.00937	0.00941	0.00944	0.00949	0.00955	0.00962	0.00971	0.00983	0.00990	0.00998	0.01006	0.01016	0.01036	0.01063
9/16	0.00992	0.00996	0.00999	0.01004	0.01010	0.01017	0.01026	0.01038	0.01045	0.01053	0.01061	0.01071	0.01091	0.01118
19/32	0.01047	0.01051	0.01054	0.01059	0.01065	0.01072	0.01081	0.01093	0.01100	0.01108	0.01116	0.01126	0.01146	0.01173
5/8	0.01101	0.01105	0.01108	0.01113	0.01119	0.01126	0.01135	0.01147	0.01154	0.01162	0.01170	0.01180	0.01200	0.01227
21/32	0.01156	0.01160	0.01163	0.01168	0.01174	0.01181	0.01190	0.01202	0.01209	0.01217	0.01225	0.01235	0.01255	0.01282
11/16	0.01210	0.01214	0.01217	0.01222	0.01228	0.01235	0.01244	0.01256	0.01263	0.01271	0.01279	0.01289	0.01309	0.01336
23/32	0.01264	0.01268	0.01271	0.01276	0.01282	0.01289	0.01298	0.01310	0.01317	0.01325	0.01333	0.01343	0.01363	0.01390
3/4	0.01320	0.01324	0.01327	0.01332	0.01338	0.01345	0.01354	0.01366	0.01373	0.01381	0.01389	0.01399	0.01419	0.01446
25/32	0.01374	0.01378	0.01381	0.01386	0.01392	0.01399	0.01408	0.01420	0.01427	0.01435	0.01443	0.01453	0.01473	0.01500
13/16	0.01428	0.01432	0.01435	0.01440	0.01446	0.01453	0.01462	0.01474	0.01481	0.01489	0.01497	0.01507	0.01527	0.01554
27/32	0.01482	0.01486	0.01489	0.01494	0.01500	0.01507	0.01516	0.01528	0.01535	0.01543	0.01551	0.01561	0.01581	0.01608
7/8	0.01537	0.01541	0.01544	0.01549	0.01555	0.01562	0.01571	0.01583	0.01590	0.01598	0.01606	0.01616	0.01636	0.01663
29/32	0.01592	0.01596	0.01599	0.01604	0.01610	0.01617	0.01626	0.01638	0.01645	0.01653	0.01661	0.01671	0.01691	0.01718
15/16	0.01646	0.01652	0.01655	0.01660	0.01666	0.01673	0.01682	0.01694	0.01701	0.01709	0.01717	0.01727	0.01747	0.01774
31/32	0.01701	0.01705	0.01708	0.01713	0.01719	0.01726	0.01735	0.01747	0.01754	0.01762	0.01770	0.01780	0.01800	0.01827
1	0.01757	0.01761	0.01764	0.01769	0.01775	0.01782	0.01791	0.01803	0.01809	0.01818	0.01826	0.01836	0.01856	0.01883

D.1. Diagrama de Tolerancia de Doblamiento para 1 Grado

FRACCION	16 ABS	32 ABS	64 ABS	DECIMAL	FRACCION	16 ABS	32 ABS	64 ABS	DECIMAL
				.000				33	.516
			1	.016			17	34	.531
		1	2	.031			18	35	.547
			3	.047		9	18	36	.563
	1	2	4	.063			19	37	.578
			5	.078			19	38	.594
		3	6	.094				39	.609
			7	.109					
1/8	2	4	8	.125	5/8	10	20	40	.625
			9	.141				41	.641
		5	10	.156			21	42	.656
			11	.172		11	22	43	.672
	3	6	12	.188				44	.688
			13	.203			23	45	.703
		7	14	.219				46	.719
			15	.234				47	.734
1/4	4	8	16	.250	3/4	12	24	48	.750
			17	.266				49	.766
		9	18	.281			25	50	.781
			19	.297		13	26	51	.797
	5	10	20	.313				52	.813
			21	.328			27	53	.828
		11	22	.344				54	.844
			23	.359				55	.859
3/8	6	12	24	.375	7/8	14	28	56	.875
			25	.390				57	.891
		13	26	.406			29	58	.906
			27	.422		15	30	59	.922
	7	14	28	.438				60	.938
			29	.453			31	61	.953
		15	30	.469				62	.969
			31	.484				63	.984
1/2	8	16	32	.500	1	16	32	64	1.0000

D.2. Diagrama 2

ANGULO EN GRADOS	VALOR K						
1	.00873	46	.42447	91	1.0176	136	2.4751
2	.01745	47	.43481	92	1.0355	137	2.5386
3	.02618	48	.44523	93	1.0538	138	2.6051
4	.03492	49	.45573	94	1.0724	139	2.6746
5	.04366	50	.46631	95	1.0913	140	2.7475
6	.05241	51	.47697	96	1.1106	141	2.8239
7	.06116	52	.48773	97	1.1303	142	2.9042
8	.06993	53	.49858	98	1.1504	143	2.9887
9	.07870	54	.50952	99	1.1708	144	3.0777
10	.08749	55	.52057	100	1.1917	145	3.1717
11	.09629	56	.53171	101	1.2131	146	3.2708
12	.10510	57	.54295	102	1.2349	147	3.3759
13	.11393	58	.55431	103	1.2572	148	3.4874
14	.12278	59	.56577	104	1.2799	149	3.6059
15	.13165	60	.57735	105	1.3032	150	3.7320
16	.14054	61	.58904	106	1.3270	151	3.8667
17	.14945	62	.60086	107	1.3514	152	4.0108
18	.15838	63	.61280	108	1.3764	153	4.1653
19	.16734	64	.63487	109	1.4019	154	4.3315
20	.17633	65	.63707	110	1.4281	155	4.5107
21	.18534	66	.64941	111	1.4550	156	4.7046
22	.19438	67	.66188	112	1.4826	157	4.9151
23	.20345	68	.67451	113	1.5108	158	5.1455
24	.21256	69	.68728	114	1.5399	159	5.3995
25	.22169	70	.70021	115	1.5697	160	5.6713
26	.23087	71	.71329	116	1.6003	161	5.9758
27	.24008	72	.72654	117	1.6318	162	6.3137
28	.24933	73	.73996	118	1.6643	163	6.6911
29	.25862	74	.75355	119	1.6977	164	7.1154
30	.26795	75	.76733	120	1.7320	165	7.5957
31	.27732	76	.78128	121	1.7675	166	8.1443
32	.28674	77	.79543	122	1.8040	167	8.7769
33	.29621	78	.80978	123	1.8418	168	9.5144
34	.30573	79	.82434	124	1.8807	169	10.3850
35	.31530	80	.83910	125	1.9210	170	11.4300
36	.32492	81	.85408	126	1.9626	171	12.7060
37	.33459	82	.86929	127	2.0057	172	14.3010
38	.34433	83	.88472	128	2.0503	173	16.3500
39	.35412	84	.90040	129	2.0965	174	19.0810
40	.36397	85	.91633	130	2.1445	175	22.9040
41	.37388	86	.93251	131	2.1943	176	26.6360
42	.38386	87	.94896	132	2.2460	177	38.1880
43	.39391	88	.96596	133	2.2998	178	57.2900
44	.40403	89	.98270	134	2.3558	179	
45	.41421	90	1.00000	135	2.4142	180	

### D.3. Diagrama de Retroceso

ALIACIONES DE ALUMINIO-SERIES Y TEMPLE								
THICKNESS	1100-O 2219-O 3003-O 5052-O 6061-O	2024-O 2219-T42 3003-H14 5052-H34 6061-T4	2219-T31 2219-T37	7075-O 7178-O	2024-T3 2024-T4 2219-T62 2219-T81 6061-T6	2024-T36 7075-T6 7178-T6	2024-T86 2219-T87	2024-T3 Laminate
.016	.03	.03	.03	.03	.06	.09	.25	
.020	.03	.03	.06	.03	.06	.09	.25	
.025	.03	.06	.06	.06	.09	.12	.31	
.032	.03	.06	.06	.06	.12	.16	.44	.09
.036	.06	.06	.09	.06	.16	.19	.50	
.040	.06	.06	.09	.06	.16	.19	.56	.16
.045	.06	.09	.09	.09	.19	.25	.56	
.050	.06	.09	.12	.09	.19	.25	.62	.19
.056	.06	.12	.12	.12	.22	.28	.62	
.063	.06	.12	.16	.12	.22	.31	.62	
.071	.09	.12	.16	.12	.28	.38	.75	.22
.080	.09	.16	.19	.19	.34	.44	.88	
.090	.09	.19	.19	.19	.38	.50	1.12	
.100	.12	.22	.25	.22	.44	.62	1.25	
.112	.12	.25	.34	.28	.50	.75	1.75	
.125	.12	.25	.50	.28	.56	.88		
.140	.12	.34	.56	.38	.62	1.00		
.160	.16	.38	.62	.44	.75	1.12		
.180	.19	.44	.69	.50	.88	1.25		
.190	.19	.50	.75	.56	.88	1.25		

**D.4. Radios mínimos permisibles en aluminio**