



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE MÁQUINA DOBLADORA DE VARILLAS DE ACERO DE 1/4",
PARA LA FABRICACIÓN DE ASAS PARA OLLAS**

ELIAS JONATHAN LÓPEZ MERÉN

Asesorado por el Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco

Guatemala, enero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE MÁQUINA DOBLADORA DE VARILLAS DE ACERO DE 1/4",
PARA LA FABRICACIÓN DE ASAS PARA OLLAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ELIAS JONATHAN LÓPEZ MERÉN

ASESORADO POR EL ING. MILTON ALEXANDER FUENTES OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| VOCAL I | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL II | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Narda Lucía Pacay Barrientos |
| VOCAL V | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|---|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| EXAMINADORA | Inga. María Marta Wolford E. de Hernández |
| EXAMINADOR | Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí |
| EXAMINADOR | Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE MÁQUINA DOBLADORA DE VARILLAS DE ACERO DE 1/4", PARA LA FABRICACIÓN DE ASAS PARA OLLAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha julio de 2013.


Elias Jonathan López Merén

Guatemala, 04 de agosto de 2014.

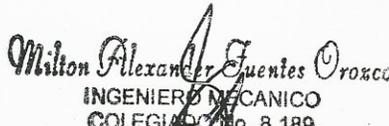
Ingeniero:
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Urquizú:

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que he asesorado el trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE MÁQUINA DOBLADORA DE VARILLAS DE ACERO DE 1/4"**, PARA LA FABRICACIÓN DE ASAS PARA OLLAS, mismo que fuera elaborado por el estudiante ELIAS JONATHAN LÓPEZ MERÉN quien se identifica con carné 200511966, previo a optar por el título de Ingeniero Mecánico Industrial.

A mi juicio, el presente trabajo cumple con los objetivos planteados para el desarrollo del mismo y después de revisado extendiendo la presente aprobación en mi calidad de asesor de tesis.

Sin otro particular, me suscribo,

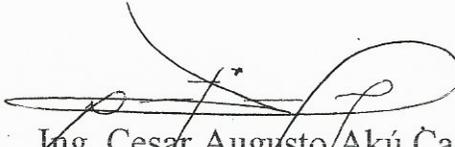

INGENIERO MECANICO
COLEGIADO No. 8.189

Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 8189
ASESOR



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE MÁQUINA DOBLADORA DE VARILLAS DE ACERO DE 1/4"**, PARA LA FABRICACIÓN DE ASAS PARA OLLAS, presentado por el estudiante universitario **Elias Jonathan López Méren**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Guatemala, octubre de 2014.

/mgp

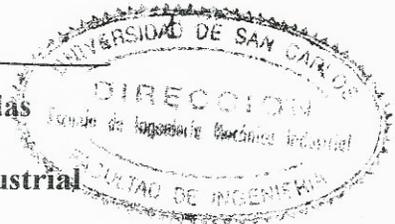


REF.DIR.EMI.005.015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE MÁQUINA DOBLADORA DE VARILLAS DE ACERO DE 1/4"**, PARA LA FABRICACIÓN DE ASAS PARA OLLAS, presentado por el estudiante universitario **Elias Jonathan López Merén**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2015.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE MÁQUINA DOBLADORA DE VARILLAS DE ACERO DE 1/4"**, PARA LA FABRICACION DE ASAS PARA OLLAS, presentado por el estudiante universitario: **Elias Johathan López Merén**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olymbo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, enero de 2015



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|----------------------------|--|
| Dios | Por ser mi creador y sustentador, cada triunfo en mi vida proviene de Él, porque de Él, y por Él, y para Él son todas las cosas. |
| Mi madre | Juana Merén de López, quien me ha acompañado fielmente en cada etapa. |
| Mi padre | Su apoyo y soporte ha sido fundamental en mi superación. |
| Hermanos y hermanas | Por su comprensión y apoyo en cada situación. Son parte fundamental en mi vida. |
| Mis sobrinos | Han sido fuente de motivación para mí. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|--|
| Dios | Él ha propiciado todas las condiciones para poder obtener este triunfo. A Él sea toda la gloria y la honra y el poder. |
| Mis padres | Por su apoyo incondicional en todo tiempo, especialmente a mi madre; de madrugada me atendía y tarde por la noche esperaba por mí. |
| Mis hermanos y hermanas | Especialmente a David López, por ser un buen líder; su motivación y consejos influyen positivamente en mi persona, siempre me animó a continuar. |
| Mis compañeros | Fueron apoyo importante durante mi etapa como estudiante. |
| Mi asesor | Por dedicar parte de su tiempo para el desarrollo de este documento. |
| Mis catedráticos | Por compartir sus conocimientos. |
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por la formación académica que me ha brindado a través de la Facultad de Ingeniería. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN..... | XIII |
| OBJETIVOS..... | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVII |
| | |
| 1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA | 1 |
| 1.1. Embalaje industrial | 1 |
| 1.1.1. Tipos de bidones | 2 |
| 1.1.2. Usos de los bidones | 4 |
| 1.1.3. Reutilización de bidones..... | 5 |
| 1.2. Ollas | 7 |
| 1.2.1. Tipos de ollas..... | 8 |
| 1.2.2. Usos las de ollas..... | 10 |
| 1.3. Ollas de lámina..... | 12 |
| 1.3.1. Partes de una olla..... | 13 |
| 1.3.2. Asas o asideros | 14 |
| 1.4. Proceso de fabricación de ollas de lámina de acero | 15 |
| | |
| 2. PROCESO ACTUAL DE FABRICACIÓN DE ASAS | 19 |
| 2.1. Descripción del proceso de fabricación | 19 |
| 2.1.1. Diagrama de flujo general..... | 21 |
| 2.1.2. Diagrama bimanual..... | 22 |
| 2.2. Medidas y especificaciones de asas | 23 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.2.1. | Dimensiones de un asa | 23 |
| 2.2.2. | Especificaciones de varilla de acero | 25 |
| 2.3. | Descripción del equipo actual | 26 |
| 3. | GENERALIDADES DE DISEÑO | 29 |
| 3.1. | Máquinas y mecanismos | 29 |
| 3.2. | Dobladora de varillas de acero | 30 |
| 3.3. | Requisitos generales de la máquina dobladora | 32 |
| 3.3.1. | Funcionalidad de la máquina | 32 |
| 3.3.2. | Usabilidad de la máquina | 33 |
| 3.3.3. | Factibilidad y viabilidad de la máquina dobladora ... | 33 |
| 3.4. | Máquina dobladora mecánica | 34 |
| 3.4.1. | Palanca de segundo orden | 34 |
| 3.5. | Diseño creativo de máquina dobladora | 36 |
| 3.5.1. | Diseño preliminar | 36 |
| 3.5.2. | Componentes principales | 37 |
| 3.5.3. | Materiales para la construcción de la máquina | 39 |
| 4. | DISEÑO DE MÁQUINA DOBLADORA DE VARILLAS | 43 |
| 4.1. | Dimensiones generales | 43 |
| 4.1.1. | Tamaño de la estructura | 43 |
| 4.1.2. | Topes y mandril de doblado | 45 |
| 4.1.3. | Dimensiones de la palanca | 46 |
| 4.2. | Selección de materiales para la construcción | 49 |
| 4.3. | Detalle de las piezas de la máquina dobladora | 51 |
| 4.4. | Proceso de manufactura | 56 |
| 4.5. | Procedimiento de ensamble | 58 |
| 4.6. | Costo de fabricación | 60 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5. | USO DE LA MÁQUINA DOBLADORA | 63 |
| 5.1. | Descripción del funcionamiento de la dobladora | 63 |
| 5.1.1. | Posicionamiento de la varilla de acero | 64 |
| 5.1.2. | Movimiento de la varilla de acero | 65 |
| 5.1.3. | Giro del mecanismo doblador | 66 |
| 5.1.4. | Diagrama bimanual..... | 68 |
| 5.2. | Recomendaciones adicionales para la fabricación de asas | 69 |
| 5.2.1. | Longitud de varilla de acero..... | 70 |
| 5.2.2. | Tren enderezador y cortadora de varillas de acero..... | 70 |
| | CONCLUSIONES | 73 |
| | RECOMENDACIONES..... | 75 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 77 |
| | ANEXOS..... | 79 |
| | APÉNDICE | 83 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Tipos de bidones industriales | 4 |
| 2. | Ollas de lámina de acero | 12 |
| 3. | Partes de una olla de lámina de acero | 14 |
| 4. | Asas para múltiples propósitos | 15 |
| 5. | Asas de varilla de acero | 15 |
| 6. | Proceso de fabricación de ollas | 17 |
| 7. | Diagrama general de fabricación de asas | 21 |
| 8. | Diagrama bimanual | 22 |
| 9. | Dimensiones de asa | 25 |
| 10. | Equipo actual | 28 |
| 11. | Máquinas y mecanismos | 30 |
| 12. | Dobladoras de estribos | 32 |
| 13. | Palanca de segundo orden | 35 |
| 14. | Proyección isométrica diseño preliminar | 36 |
| 15. | Vista frontal y posterior diseño preliminar | 36 |
| 16. | Vista explosionada diseño preliminar | 37 |
| 17. | Base | 38 |
| 18. | Palanca | 39 |
| 19. | Rodamiento rígido de bolas | 42 |
| 20. | Partes de un tornillo | 42 |
| 21. | Deformación por torsión de un perfil cuadrado | 44 |
| 22. | Perfil cuadrado de acero | 44 |
| 23. | Diámetros de mandril de doblado | 46 |

| | | |
|-----|---|----|
| 24. | Distancia mínima para operación de doblado | 48 |
| 25. | Vista explosionada de la dobladora | 51 |
| 26. | Vista ortogonal y posterior de la base | 52 |
| 27. | Vista superior y lateral de la base | 52 |
| 28. | Base de palanca | 53 |
| 29. | Palanca | 53 |
| 30. | Rodamiento 6004 | 54 |
| 31. | Tornillos | 54 |
| 32. | Tuercas ISO DIN 934 y bisagra con ala | 55 |
| 33. | Sujetadores y topes guía | 55 |
| 34. | Procedimiento de ensamble | 59 |
| 35. | Ensamble completo | 60 |
| 36. | Posición de la varilla | 64 |
| 37. | Movimientos de la varilla | 65 |
| 38. | Posiciones del tope de ángulo abatible | 66 |
| 39. | Posiciones de la palanca | 67 |
| 40. | Diagrama bimanual propuesto | 68 |
| 41. | Secuencia de doblado y formado de asa | 69 |
| 42. | Tren enderezador manual, con mecanismo de corte | 72 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Ollas de diferentes materiales | 10 |
| II. | Partes y dimensiones de un asa | 24 |
| III. | Composición de la varilla de acero de 1/4" | 26 |
| IV. | Tubo estructural cuadrado | 40 |
| V. | Tubo redondo para uso industrial | 41 |
| VI. | Costo de materiales | 61 |
| VII. | Costo mano de obra | 61 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-----------------|---------------------|
| cm | Centímetro |
| cm ² | Centímetro cuadrado |
| ∅ | Diámetro |
| ° | Grados |
| kg | Kilogramo |
| m | Metro |
| mm | Milímetro |
| “ | Pulgadas |

GLOSARIO

| | |
|--------------------|--|
| AISI | Acrónimo en inglés de <i>American Iron and Steel Institute</i> (Instituto Americano del hierro y acero). |
| Alambrón | Producto largo de sección circular de diferentes diámetros que se obtiene por laminación en caliente. |
| Apilamiento | Poner unas cosas sobre otras hasta formar un montón. |
| Asa | Parte de un recipiente por donde este es tomado |
| Bidón | Recipiente hermético utilizado para contener, transportar o almacenar productos líquidos y sólidos. |
| Caimán | Herramienta manual de corte, utilizada para cortar barras y pernos de diferentes diámetros. |
| Chapa | Lámina de acero de diferente espesor |
| DIN | Acrónimo de <i>Deutsches Institut für Normung</i> (Instituto Alemán de Normalización). |
| Embalaje | Empaquetar, embalar una mercancía |
| Espetón | Varilla de hierro para asar |

| | |
|----------------|---|
| Fulcro | Punto de apoyo de una palanca |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> o simplemente Organización para la Estandarización Internacional. |
| Machete | Herramienta de corte de un solo filo, utilizado para segar hierba, cortar caña o abrirse paso en la selva. |
| Mandril | Objeto cilíndrico estacionario, empleado para doblar barras de acero. |
| Olla | Recipiente de cocina con o sin asideros, fabricada de diversos materiales. |
| Palé | Palet o tarima, es un armazón de madera, plástico o metal utilizado para apilar mercancías. |
| SAE | <i>Society of Automotive Engineers</i> , formalmente Sociedad de Ingenieros de Automoción. |
| Segueta | Herramienta de corte, compuesta de arco y hoja de sierra dentada, utilizada para serrar distintos tipos de materiales. |
| Tonel | Envase cilíndrico de madera, plástico o metal, que sirve para almacenar líquidos o sólidos. |

| | |
|------------------|---|
| Trefilado | Estirado de un material a través de un orificio cónico de diámetro más pequeño. |
| Troquel | Instrumento o máquina de bordes cortantes para recortar o estampar, por presión, planchas, cartones, cueros, etc. |
| UNC | Tipo de rosca unificada, serie de rosca gruesa |

RESUMEN

El diseño mecánico es una herramienta de la ingeniería que pretende aportar una solución a un problema o bien mejorar las condiciones en las que se lleva a cabo alguna tarea; con el diseño de máquinas y herramientas se simplifican operaciones, contribuyendo con la mejora del desempeño de las personas en sus actividades productivas.

El diseño de una máquina dobladora de varillas acero para elaborar asas surge de la necesidad de producir muchas unidades en el menor tiempo posible y con la calidad necesaria, para que el resultado contribuya positivamente con el aspecto final de las ollas de lámina y que sea aceptado por los clientes.

Las dobladora de varillas de acero son máquinas empleadas para fabricar estribos, serchas, ganchos, entre otros productos y por la similitud de las asas, para ollas de lámina con los estribos utilizados en obras civiles; se emplean los principios de estas máquinas para el diseño de la máquina dobladora de varillas para fabricar asas.

Este proyecto de diseño analiza las condiciones actuales en que se fabrican las asas, cuyo método es totalmente artesanal y la habilidad del colaborador es vital para dar forma a la varilla de acero y convertirla en asa. Las herramientas disponibles para el trabajador consisten en martillos de bola y ejes *palier* de vehículo; además la posición de trabajo es un factor negativo que se considera para el diseño de la dobladora.

Mediante observación se ha recopilado la información de las condiciones actuales de fabricación y luego de analizarla, se identificaron procesos similares de doblado de varillas de acero empleados para fabricar estribos y el diseño final de la máquina dobladora ha sido desarrollado, considerando los mecanismos que utilizan estas dobladoras existentes.

El proyecto también considera la situación económica de la empresa y habilidad de los colaboradores. El diseño es de fácil construcción y económicamente viable, por lo que el costo de fabricación está al alcance de la empresa; también la máquina es de operación sencilla para que no se requiera de mucha instrucción para operarla; esto significa que cualquier colaborador pueda hacer uso de ella.

OBJETIVOS

General

Diseñar una máquina dobladora de varillas de acero de 1/4", para la fabricación de asas para ollas.

Específicos

1. Aplicar criterios de ingeniería para la fabricación de la máquina, tales como materiales, recursos necesarios, equipo y herramienta, así como recursos económicos.
2. Lograr un diseño sencillo, de bajo mantenimiento y fácil operación, de tal forma que cualquier operario pueda manejarlo.
3. Crear un diseño lo suficientemente práctico, para que el número de operaciones por cada asa fabricada sea el menor posible.
4. Contribuir con el desarrollo de la empresa mediante el diseño de máquina que le proporcione aumento en su capacidad de producción.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala se emplean como sustitutos de ollas de barro, los recipientes fabricados de hojalata, aluminio o lámina de acero, creando un segmento de mercado dedicado a la comercialización de estos artículos.

Debido a que este sector industrial no está formalmente establecido, es necesario hacer uso de la tecnología disponible, que permitan el aumento en su capacidad productiva y que represente mejoras en el proceso de fabricación de ollas.

La fabricación de ollas de bidones se realiza artesanalmente, sin la intervención de alguna maquinaria; de la misma forma las asas o sujetadores de dichas ollas se realizan manualmente, contando únicamente con la habilidad del colaborador para darle la forma deseada; por lo que se plantea la necesidad de diseñar un sistema que facilite la fabricación de las asas y que disminuya los efectos negativos para las personas que realizan esta tarea, además de prescindir de personal altamente calificado.

Con base en lo planteado, este trabajo de graduación propone el diseño de una máquina para fabricación de asas, pretendiendo un diseño simple, para que su construcción sea factible, utilizando materiales y perfiles de acero de uso común, además que el costo se encuentre dentro de las posibilidades económicas de una pequeña empresa, constituyéndose como el inicio de cambios de tecnología que puedan aplicarse a este sector industrial.

Durante el desarrollo del diseño de la dobladora se consideraron máquinas existentes para doblado de varillas; los mecanismos que conforman estas dobladoras se utilizaron como referencia para proyectar el funcionamiento de la máquina, contribuyendo esto con la búsqueda y selección de materiales y perfiles para la construcción.

En el diseño de la dobladora se ha considerado el uso de la misma, beneficiando a los colaboradores, ya que con simples movimientos y pocas repeticiones dan forma a las asas con la calidad requerida, reduciendo el tiempo de fabricación, además de reducir al mínimo la fatiga y otros factores negativos identificados en la fabricación artesanal de asas.

1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA

1.1. Embalaje industrial

Un embalaje está constituido por el contenido que ha de ser embalado, el material empleado para la protección del contenido y la cubierta exterior; siendo de mayor importancia la protección del contenido, antes de la estética o apariencia externa del embalaje.

El embalaje puede considerarse como un contenedor de expedición que puede ser unitario o colectivo y que es utilizado para proteger la mercancía durante las etapas de la distribución e incluso sirve para presentar el producto para su venta (como las cajas-palets con frutas, bidones de materias primas).

El embalaje apropiado es de suma importancia para guardar, proteger y servir de medio para manipular los productos, por lo que el tipo de embalaje es diseñado considerando el tipo de producto y de transporte, y el destino final.

El principio del embalaje es la carga unitaria, pretende que el transporte, carga y descarga de productos y materias primas se puedan manipular y trasladar a lo largo de la cadena de producción y distribución por medios mecánicos como montacargas y grúas, disminuyendo con esto la mano de obra, el uso de cajas y envases de capacidad inferior, evitando también el deterioro de los productos.

Por ello debe pensarse siempre en términos de recorrido total del transporte que se vaya a realizar, apilamientos a los que deberá estar sometido

en los camiones, bodegas o almacenes, forma en que será cargado, descargado y manipulado (ganchos, redes, plataformas, carretillas elevadoras, grúas, altura desde la que será soltado al muelle o al lugar de estiba), revisiones aduaneras (con las consiguientes aperturas y cierres del embalaje) a los que se verá sometido, posiciones en las que deberá manipularse, etc.

Asimismo, la unitarización permite reducir los tiempos al agilizar la carga y descarga del producto con el equipo apropiado, haciendo más eficaces las operaciones en el centro de producción y la cadena de distribución, reduciendo la posibilidad de pérdidas por cualquier razón. Una buena protección de las mercancías es un factor importante en la competitividad de las industrias.

Es indispensable equilibrar la protección del producto, forma y economía de materiales del embalaje, para contrarrestar los riesgos ambientales (frío, calor, agua) y físicos (golpes, vibraciones, presión). Normalmente el ciclo de protección inicia al final de la línea de producción, prolongándose a lo largo de las funciones de manipulación, almacenamiento y transporte. El embalaje debe lograr tanta protección como sea necesaria, en lugar de tanta protección como sea posible, para optimizar los costos.

1.1.1. Tipos de bidones

Un bidón es un recipiente hermético utilizado para contener, transportar y almacenar líquidos y sólidos. Puede tratarse tanto de un tipo de envase habitualmente cilíndrico, con fondo plano o combado, fabricado de metal, cartón, plástico o contrachapado para transportar grandes cantidades de líquidos; así como de un envase plástico de mayor capacidad que la botella común.

En el mercado existe una gran gama de envases empleados para embalaje, almacenamiento y transporte de materias primas y productos, debido a que se fabrican según las necesidades de cada industria: química, petroquímica, alimentaria, farmacéutica, etc.

Según sea su aplicación, los bidones son fabricados en diferentes dimensiones y capacidades. Otra diferencia fundamental es el tamaño, que depende del tipo de producto a contener; existe una extensa gama de capacidades; también los hay para contener líquidos y sólidos. El rendimiento económico y la sostenibilidad medioambiental también influyen en la elección del tipo de bidón a utilizar, por parte de las industrias.

En Guatemala, los contenedores industriales con mayor demanda y circulación son los bidones de chapa de acero, para transporte de materias primas; hay de diferentes espesores de chapa que dependerán de su contenido y transporte; la capacidad volumétrica también es variada. Los bidones de acero de dos tapones se emplean para contener líquidos, mientras que los de tapa superior móvil son utilizados para contener productos semisólidos.

Similares a estos bidones que popularmente se les conoce como toneles, se encuentran los de plástico, específicamente de polietileno, que en su mayoría se emplean para productos líquidos de alto valor y que requieren un envase estéril, para evitar que el producto se contamine. También se encuentran de dos tipos: sellados de dos tapones en la parte superior y de tapa móvil con arandela.

También se encuentran en la industria los bidones de cartón; estos son de tapa móvil plástica, de chapa o cartón, con arandela plástica y de acero. Existe diversidad de presentaciones y hay una variedad que en su interior están

recubiertos con plástico, para contener líquidos. En la figura 1 se presentan los tipos de bidones utilizados para el transporte de materias primas.

Figura 1. **Tipos de bidones industriales**



Fuente: fotografía tomada en la empresa Negocios y Servicios Múltiples.

1.1.2. Usos de los bidones

El uso de los bidones es muy amplio, ya que son multifuncionales y se adaptan perfectamente a cualquier uso, desde la utilización para el transporte de líquidos, semisólidos, hasta el almacenamiento de una reserva de combustible por ejemplo.

En el caso de los bidones de aleaciones metálicas son usados para transporte de sustancias peligrosas como solventes, combustibles, productos inflamables, entre otros. Una de las características importantes de los envases de seguridad es el cierre hermético que proporcionan estos bidones, para evitar la contaminación de la sustancia que transporta y a su vez el entorno, pero además para brindar seguridad cada vez que es abierto, para evitar derrames o salpicaduras.

El tipo de bidón que comúnmente sirve para uso doméstico es de plástico. Los bidones plásticos en general son de forma rectangular o cilíndrica, hechos en material polietileno y con cierre hermético. Se usan comúnmente para almacenar agua. Este tipo de envase empezó a popularizarse por la creciente preocupación en los hogares por la calidad y escasez del agua.

La industria de aceites lubricantes adoptó los bidones de plástico por las grandes ventajas que tiene en relación con los bidones de metal. Por ejemplo, si sucede una abolladura, la corrosión en el metal contamina su contenido, en cambio el bidón plástico no. El costo de producir un bidón de metal que no contamine el contenido es un poco más elevado, ya que requiere barnices especiales u otro tipo de recubrimiento que no reaccione con su contenido.

1.1.3. Reutilización de bidones

Los envases y embalajes constituyen un bien social irrenunciable que cumple con creces su función de protección del producto, disminuyendo las mermas que acaban como residuos. Pese a ello están teniendo un fuerte impacto ambiental. La creciente sensibilización ecológica de la comunidad internacional, las empresas y la población en general estimulan la búsqueda de soluciones que permitan reducir los envases y fomentar su reutilización.

La reutilización de los contenedores utilizados en la industria, obedece a varias circunstancias: ahorro de dinero, evitar la contaminación, evitar la destrucción de recursos naturales no renovables utilizados para la fabricación de bidones, entre otras.

Para las empresas, la reutilización de sus envases es de vital importancia, pues reduce en gran manera los costos asociados con el empaque de sus

productos y también los costos asociados a sus materias primas, ya que al utilizar más de una vez cada envase, únicamente se asigna el valor del producto; esto en ambas direcciones, tanto para clientes como para proveedores.

Los bidones de plástico son los que mayor ventaja presentan al momento de reutilizarlos, pues por sus características pueden ser empleados para diversos fines. Los plásticos son envases idóneos para ser reutilizados porque son duraderos, resistentes, lavables etc. Así en el sector de la distribución, la reutilización de los envases de plástico como cajas, palés y bidones, juegan un papel fundamental.

El contenido previo de un contenedor o envase industrial determina en gran manera si puede o no reutilizarse; los bidones de metal que son destinados para transporte de solventes, son empleados una y otra vez para este fin; además pueden utilizarse, según sea el caso, para almacén y transporte de aceites, grasas y otros productos, siempre que el producto previo no contamine el nuevo producto a depositar en los bidones.

Por las características de los bidones de metal (no importando su forma y capacidad), las empresas utilizan bolsas plásticas, las que impiden que las materias primas y productos (pigmentos, colorantes, bases, etc.), sean contaminados por la chapa de acero del bidón, al mismo tiempo que protegen que este se ensucie de estos productos, permitiendo con ello la reutilización de los envases.

También en la industria se utilizan los bidones de cartón, los cuales son reutilizados para almacenaje y transporte de materias primas, aunque su ciclo

de vida es menor, pues fácilmente se deterioran con la humedad y el manejo al que se les somete.

Los bidones de tamaño pequeño por lo general son reciclados y no reutilizados, ya que por su abundancia se acumulan fácilmente, generando problemas de espacio en las industrias, por lo que para deshacerse de ellos, lo conveniente es clasificarlos y enviarlos a las industrias especializadas en el reciclaje, sean estos de material plástico o lámina de acero.

Adicionalmente al uso industrial que puede darse a los bidones, existen formas creativas en que pueden emplearse estos contenedores; por ejemplo, los bidones de lámina de acero son utilizados para fabricar churrasqueras, ollas de diferentes dimensiones, basureros, hieleras, entre muchos otros usos. Los bidones de plástico son ideales para macetas, recipientes de agua en el hogar, etc.

1.2. Ollas

Las ollas son algunos de los implementos más importantes en las cocinas de todo el mundo, ya que son herramientas básicas de cocina, junto a los sartenes. Las hay de diversos tipos, tanto en sus materiales como en sus formas. Una olla es un recipiente de cocina, generalmente con dos asas, fabricada de diversos materiales: barro, arcilla, aluminio, chapa, entre otros.

Desde que el hombre descubrió por primera vez el fuego, fue incorporando distintas técnicas para cocer sus alimentos: primero, colocaron la carne directamente sobre las llamas, luego utilizaron un espetón y una especie de parrilla primitiva. Más adelante cavaron un pozo en la tierra y en él colocaron

brazas y piedras calientes; allá dispusieron la carne y la cubrieron con tierra, a modo de un primitivo horno.

Al poco tiempo el ser humano descubrió que el barro perdía su plasticidad si era sometido a altas temperaturas, vio la tierra endurecida alrededor de las fogatas y comenzó a moldear en barro y luego mediante la cocción sobre el fuego, lograr piezas de alfarería, vasos, ollas y recipientes, que a la vez les servían para cubrir sus necesidades.

1.2.1. Tipos de ollas

- La olla de barro es una elaborada en cerámica, a la que se ha dado forma mediante técnicas de alfarería. Puede ser de muy diversos tamaños. El barro suele estar cocido en un horno entre los 1000°C y 1100°C. Las ollas de barro son típicas en Guatemala, debido a que desde hace muchos años son utilizadas para preparar los alimentos necesarios para las familias en esta sociedad.
- Las ollas de hierro fundido son resistentes a las preparaciones ácidas y son muy fáciles de limpiar. Además, distribuyen bien el calor y lo mantienen uniforme en todo el interior. Son también las más resistentes, aunque son algo pesadas.
- La olla de aluminio fundido suele presentar una cobertura antiadherente, facilitando la cocción y elevando su temperatura en pocos segundos, aunque también se enfrían rápidamente cuando se les retira del fuego. Son livianas y fáciles de limpiar, aunque su vida útil suele ser algo menor a la de sus competidores.

- Hay ollas de cobre recubierto que lucen como las de acero inoxidable y son mucho más resistentes y fáciles de mantener, similares en su uso a las de aluminio, pero con más grosor y resistencia y con una adecuada distribución del calor. Entre sus ventajas, se menciona el ahorro de energía (de 30 % a 40 %) y su gran distribución del calor.
- Las ollas de acero inoxidable son duraderas y bien vistosas. Son resistentes al calor, de superficie plana (sin poros), elásticas, fáciles de limpiar, resisten golpes y también a diversos sistemas de limpieza, incluyendo el lavaplatos.
- Las ollas de chapa de acero que se comercializan en Guatemala se fabrican de hojalata y también de bidones de metal, con métodos artesanales diferentes a los empleados en la fabricación de ollas de aluminio u otros materiales que se hacen por embutido o moldeo.
- Las ollas de acero esmaltado o porcelanizado también conocidas como ollas de peltre, tienen el núcleo de chapa de acero, el interior y exterior esta recubierto de una capa esmaltada antiadherente; tienen gran durabilidad, resistencia a choques y son fáciles de limpiar; también se caracterizan por presentar color y brillo prácticamente imperecederos.

Tabla I. **Ollas de diferentes materiales**

| | | |
|--------------------------|---|---|
| Olla de acero inoxidable |  | <ul style="list-style-type: none"> • Resistente a golpes • Excelente presentación • Resistente al calor • De fabricación industrial |
| Olla de barro |  | <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración artesanal • Elaborada en cerámica |
| Olla de aluminio |  | <ul style="list-style-type: none"> • Antiadherente • Livianas • Fácil limpieza • Menor vida útil |
| Olla de hierro fundido |  | <ul style="list-style-type: none"> • Muy resistentes a golpes • Duraderas • Buena distribución del calor • Muy pesadas |
| Olla de lámina |  | <ul style="list-style-type: none"> • Resistentes a golpes • Variedad de usos • Reutilización de bidones • Fabricación artesanal • Livianas • Poca vida útil |

Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Usos las de ollas

Hay muchos tipos y estilos de ollas, así como diversidad de materiales para su fabricación. Cada forma tiene un uso establecido.

Por ejemplo, las cacerolas son redondeadas u ovaladas, de altura relativamente baja, en diversos diámetros. Suelen poseer tapa, y son ideales para saltear, freír, rehogar y hacer cocciones lentas. El cazo es una olla con mango; son las ideales para preparar salsas y caldos.

Las ollas de barro están asociadas en las gastronomías modernas a la elaboración de comida y bebida de una forma clásica y tradicional y a la preparación de alimentos de una forma lenta: en la mayoría de los casos de cocidos. Las ollas de barro más pequeñas suelen utilizarse para elaborar café. Se suele considerar al barro como el material más fiel para cocinar legumbres.

La olla de vapor u olla de presión posee una superficie abierta o perforada que separa una base de agua de lo que se vaya a cocinar, que puede ser colocado en otro molde o contenedor. Los alimentos se cuecen al vapor, y también se utilizan para estofados.

También hay ollas específicas para pescados, de forma oval alargada, para carnes (de mayor capacidad, permitiendo la cocción de cortes gruesos), para verduras (son las de mayor capacidad, de hasta 8 litros que también sirven para preparar sopas y guisos), y para pastas, que poseen un mínimo de tres partes: una olla de base redonda y muy alta; una olla perforada, que se inserta en la primera, y una tapa.

Las ollas de acero son susceptibles a rayones, por lo que hay que usar utensilios de madera, teflón o siliconas y se deben usar para alimentos rápidos en movimiento o de base líquida, para evitar que los mismos se peguen a la superficie de la base.

Las ollas de hierro son adecuadas para las cocciones lentas y prolongadas, como las empleadas al elaborar asados, estofados y cazuelas (carne de vaca, oveja, pollo, pescados, mariscos).

1.3. Ollas de lámina

La fabricación de ollas como utensilios almacenadores de agua o para cocción de alimentos eran fabricadas de barro por los primeros habitantes de ciudades, poco después comenzó la fabricación de estas en cobre, bronce y posteriormente en acero.

La fabricación de ollas metálicas se produjo a partir de la revolución industrial, en virtud de la fabricación de maquinarias que trabajaban metales; misma que se diversificó hasta la fabricación de ollas a través de troqueles que funcionaban a base de pedales en forma hidráulica.

Las ollas de lámina también son fabricadas de hojalata, que por su bajo precio y facilidad de manufactura, son fácilmente comerciables, mientras que las ollas fabricadas de bidones de metal proporcionan la ventaja de que se cuenta con la estructura cilíndrica, por lo que el proceso para convertir el bidón en olla tiene menos operaciones, proporcionando una ventaja económica.

Figura 2. **Ollas de lámina de acero**



Fuente: imágenes tomadas en la empresa Negocios Múltiples y Servicios Generales.

1.3.1. Partes de una olla

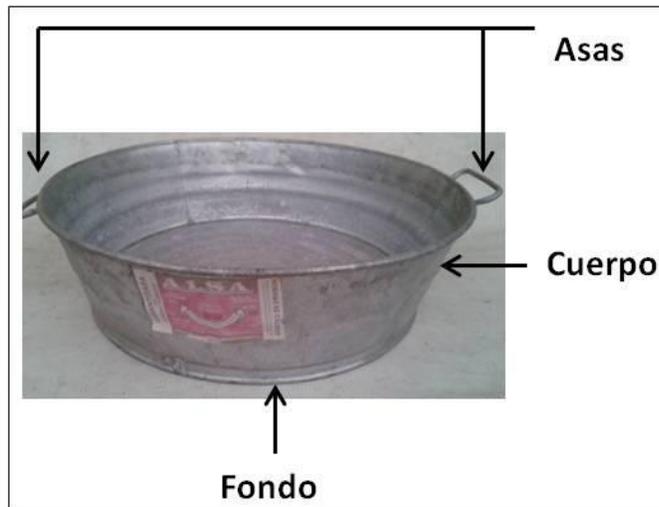
Según el tipo de material y método de fabricación, las ollas pueden constituirse de dos partes principales: el cuerpo, formando una sola pieza con el fondo y la tapadera; el proceso utilizado para conseguir esta forma corresponde al embutido, en donde se coloca una lámina de metal sobre la cavidad de un dado y empujando el metal hacia la cavidad de este mediante un punzón, se obtiene el cuerpo y fondo en una sola pieza.

En las ollas de lámina se tienen tres partes principales: el cuerpo que tiene forma cilíndrica, el fondo unido permanentemente al cuerpo y la tapa. Para fabricar el cuerpo se emplea soldadura de resistencia eléctrica, creando la costura en el interior y exterior del bidón; se une el fondo con el cuerpo mediante rodillos rebordeadores formando un pliegue entre ambos.

La tapa de una olla puede tener o no varios accesorios; las ollas de presión, por ejemplo, tienen un orificio para liberar la presión, sin embargo hay tapas que únicamente tienen una perilla para sujetarlas. Las ollas también constan de dos asas, una a cada lado del cuerpo, lo que permite sujetarlas de manera uniforme; estas pueden ser de muchos diseños y materiales, estar rígidas, fijadas mediante remaches o ser abatibles.

En las ollas fabricadas de bidones de chapa de acero, las partes que conforman una olla son: el cuerpo, el fondo y el par de asas. La forma circular de los bidones constituye el cuerpo y facilita la fabricación de estas ollas. Cuando la longitud del contenedor permite fabricar dos ollas, la tapadera se utiliza como fondo de una mitad; en otros casos por el tamaño del bote únicamente se obtiene una olla, desechando la tapa móvil.

Figura 3. **Partes de una olla de lámina de acero**



Fuente: elaboración propia.

1.3.2. **Asas o asideros**

Un asidero o asa es una parte de un objeto o recipiente, u otro objeto unido al primero, que sirve para desplazarlo o utilizarlo con la mano. La concepción de un asidero depende de la ciencia de la ergonomía, pero se realiza a menudo por intuición o siguiendo una tradición. La forma puede ser abierta o cerrada, vertical u horizontal, recta o curvada (ver figura 4). Cuando el asa es muy alargada se trataría más bien de un mango.

El asa es un accesorio complementario de ollas y vasijas; pueden estar unidos en dos o más puntos; existen morfológicamente en una gran variedad, las mismas que se ubican de acuerdo con el tipo de vasija u olla y su número varía en relación con el tipo de asa. Cabe destacar que algunas simplemente cumplen un rol estético.

Figura 4. **Asas para múltiples propósitos**



Fuente: http://www.rodamientos-samper.com.mx/elementos_standard/asas.php. Consulta: mayo de 2013.

Figura 5. **Asas de varilla de acero**



Fuente: fotografía tomada en la empresa Negocios Múltiples y Servicios Generales.

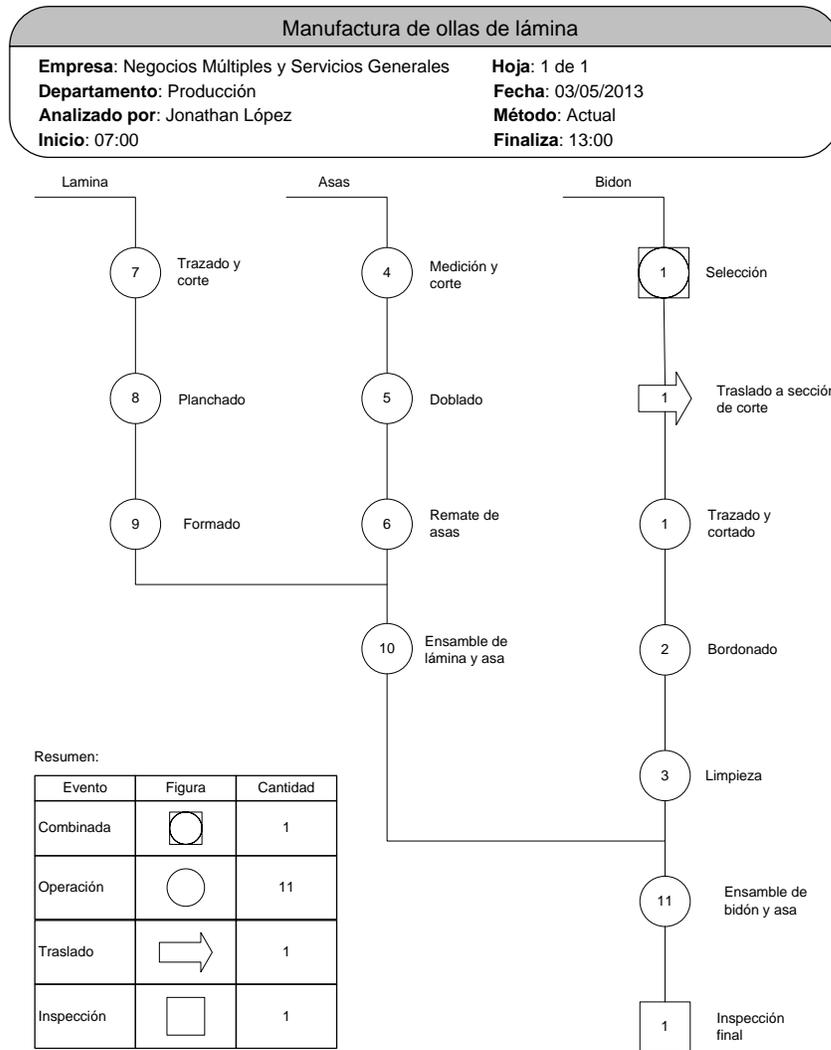
1.4. **Proceso de fabricación de ollas de lámina de acero**

- Almacén: se encuentran en pilas de hasta diez bidones, colocados en forma horizontal, todos con la boca en un mismo lado, ya que por el peso tienden a ovalarse.

- Trazo y corte: se toma de la pila un bidón, se traza una circunferencia justo por el centro de su longitud, con un rayador y se corta el bidón con un machete; por la delgada lámina con que está hecho el contenedor, es la herramienta que mejor se ajusta para esta tarea.
- Bordonado: esta operación se aplica a la mitad inferior o fondo; con martillos de bola se golpea todo el contorno, realizando un dobléz completo, luego se golpea nuevamente dando forma a una pequeña pestaña hacia afuera y procurando que quede perpendicular al contorno del bidón.
- Engrapado: la mitad superior del bidón ya tiene orilla bordonada, pero es necesario unirla con la tapa móvil para convertirla en olla. Se inicia con aplastar la orilla de la tapa, formando así una pestaña, lo mismo se realiza con la mitad del bidón, para que ambas partes se acoplen, después se realiza un primer dobléz, golpeando los bordes; a continuación se golpea nuevamente toda la circunferencia para obtener el pliegue final.
- Remache de asas: estas son fabricadas de varilla acero comercial de 1/4". Se coloca el bidón en forma horizontal, junto con el asa correspondiente sobre una tuerca, mediante un punzón y martillo; se punzona perforando el orificio sobre la parte hueca de la tuerca; el punzón debe traspasar la lámina de sujeción del asa junto con el bidón; se colocan los remaches en los orificios perforados y se golpea contra un engrane de diferencial de vehículo, creando de esta forma la cabeza al remache, el cual impide que se separen las partes.

- Limpieza y pintura. La limpieza consiste en lijar la parte interna y externa de ambas ollas, retirar etiquetas del exterior, dejar la superficie libre de impurezas, para aplicar pintura plateada en el interior y si es necesario se pinta de color negro el exterior, dando por finalizado el proceso de fabricación de ollas.

Figura 6. Proceso de fabricación de ollas



Fuente: elaboración propia.

2. PROCESO ACTUAL DE FABRICACIÓN DE ASAS

2.1. Descripción del proceso de fabricación

Las asas de forma trapezoidal son las empleadas en los tonelitos de lámina de acero (bidones de aprox. 100 kg). Se fabrican a partir de la varilla de acero de 1/4 de pulgada, se miden tramos de aprox. 24 cm los cuales son cortados con cincel y martillo sobre una placa de hierro, con segueta y prensa o una tijera corta pernos (caimán), una por una, obteniendo el número máximo posible de unidades de esta longitud, por cada varilla de 6 m. Se procede a darle la forma correspondiente empleando para ello una flecha de transmisión trasera de automóvil y con martillo se golpea para dar la forma deseada.

El proceso inicia con la recepción de las varillas de acero, que la empresa compra por quintal y cada quintal contiene 29 varillas de acero 1006; cada una de las varillas tiene un largo promedio de 6 m. El quintal de acero es llevado de la ferretería hacia el predio de la empresa, en donde es recibido por los colaboradores, quienes se encargan de almacenarlo. No se cuenta con lineamientos específicos para el manejo de las varillas de acero en esta condición, por lo que únicamente se coloca en un lugar en donde no obstaculice el paso y las operaciones que se realizan en la empresa.

Para la fabricación de este tipo de ollas se cuenta con varios colaboradores, por lo que cada uno se dirige al lugar en donde se almacenan las varillas de acero y toma una para iniciar a trabajar con ella; si el largo de cada varilla no es suficiente para el número de asas que necesita, se toma otra varilla hasta que tenga el número suficiente para fabricar las asas necesarias.

Se miden tramos de aproximadamente 24 cm de largo; esta longitud es variable, ya que la operación se realiza manualmente, por lo que la habilidad del colaborador y las herramientas usadas inciden en la similitud de cada trazo. Para el corte se utiliza un tornillo de banco y una segueta común; otra opción consiste en utilizar un cincel, un martillo de bola y una plancha de metal acero o alguna superficie que haga la función de yunque; también se dispone de un caimán. La elección de cada opción depende directamente del colaborador.

Se procede a doblar una por una, para dar forma a las asas. Se coloca un extremo de la varilla en uno de los orificios de la flecha trasera de automóvil o eje palier; mediante martilleo se dobla la varilla obteniendo el primer doblez y se retira por completo del orificio del eje.

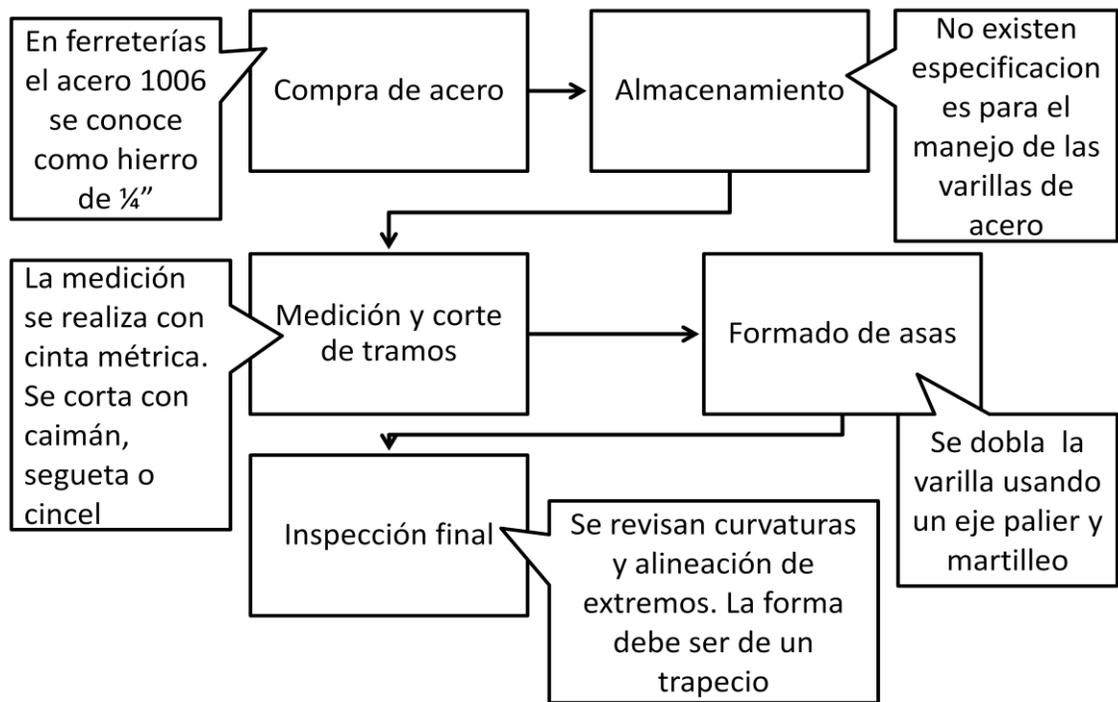
Se coloca el otro extremo de la varilla en el mismo orificio de la flecha, para realizar el segundo doblez. Se retira por completo la pieza y se coloca un extremo en el orificio de la flecha, para realizar mediante martilleo un tercer doblez, se retira nuevamente la pieza y se coloca el extremo faltante para realizar el último doblez y así formar la base menor del trapecio; en esta parte se colocará la lámina de sujeción. Cada asa consta de cuatro dobleces; la forma final del asa es simétrica y similar a un trapecio.

De esta forma se obtiene cada asa; el colaborador repite el procedimiento según el número de asas que necesite. Se inspecciona la forma final y si es necesario se martilla para corregir alguna deficiencia, de lo contrario se colocan en un contenedor. Las asas están preparadas para agregarles la lámina de sujeción y remacharlas a la olla de lámina.

2.1.1. Diagrama de flujo general

En el diagrama siguiente se aprecian las actividades llevadas a cabo desde la compra de las varillas de acero, hasta la inspección de un asa terminada.

Figura 7. Diagrama general de fabricación de asas



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Diagrama bimanual

El diagrama bimanual se elaboró mediante la observación realizada a un colaborador al momento de fabricar un asa, empleando un martillo de bola y el eje palier como únicas herramientas, además de su habilidad.

Figura 8. Diagrama bimanual

| | | | | | | | |
|----------------|--|---------|--------|----------------------------------|--|--|--|
| Operación: | Doblado de varilla de acero | Inicio: | 16:30 | Disposición del lugar de trabajo | | | |
| Objeto: | Asa | Fin: | 16:31 | | | | |
| Lugar: | Negocios Múltiples y Servicios Generales | | | | | | |
| Colaborador: | Marcial Jacobo | | | | | | |
| Elaborado por: | Elias Jonathan López Merén | | | | | | |
| Fecha: | 03/05/2013 | Método: | Actual | | | | |

| Descripción de la mano izquierda | Símbolo | | | | Tiempo (s) | Tiempo (s) | Símbolo | | | | Descripción de la mano derecha |
|----------------------------------|---------|---|---|---|------------|------------|------------------|---|---|---|--------------------------------|
| | ○ | ➔ | D | ▽ | | | ○ | ➔ | D | ▽ | |
| Coloca varilla | | | | | 2 | 2 | | | | | Sujeta martillo |
| Sujeta varilla | | | | | 8 | 2 | | | | | Alinea varilla |
| Toma extremo de varilla | | | | | 1 | 1 | | | | | Martilleo |
| Coloca varilla | | | | | 2 | 1 | | | | | Sujeta varilla |
| Alinea varilla | | | | | 2 | 1 | | | | | Sujeta martillo |
| Sujeta varilla | | | | | 5 | 1 | | | | | Prepara para martillar |
| Retira varilla | | | | | 2 | 2 | | | | | Alinea varilla |
| Endereza pieza | | | | | 1 | 5 | | | | | Martilleo |
| Coloca pieza | | | | | 1 | 1 | | | | | Sujeta martillo |
| Alinea pieza | | | | | 2 | 1 | | | | | Suelta martillo |
| Sujeta pieza | | | | | 4 | 1 | | | | | Endereza pieza |
| Retira pieza | | | | | 1 | 2 | | | | | Toma martillo |
| Endereza pieza | | | | | 4 | 2 | | | | | Sujeta martillo |
| Coloca pieza | | | | | 2 | 2 | | | | | Suelta martillo |
| Sujeta pieza | | | | | 4 | 2 | | | | | Sujeta pieza |
| Retira pieza | | | | | 1 | 2 | | | | | Endereza pieza |
| Gira pieza | | | | | 0,5 | 2 | | | | | Auxilia mano derecha |
| Introduce pieza | | | | | 1,5 | 1 | | | | | Sujeta martillo |
| Retira asa | | | | | 1 | 3 | | | | | Martilleo |
| Coloca asa en eje | | | | | 1 | 1 | | | | | Sujeta pieza |
| Sostiene asa | | | | | 2 | 1 | | | | | Suelta pieza |
| Gira asa | | | | | 2 | 4 | | | | | Martilleo |
| Sostiene asa | | | | | 1 | | | | | | |
| Retira asa | | | | | 1 | 1 | | | | | Descanso |
| Tiempo total (s) | | | | | 52 | 52 | Tiempo total (s) | | | | |

| Resumen | Figura | Cant. | Tiempo (s) |
|---------------|--------|-------|------------|
| Operación | ○ | 16 | 38 |
| Traslado | ➔ | 7 | 9 |
| Demora | D | 10 | 18 |
| Sostenimiento | ▽ | 18 | 39 |
| Total | | 51 | 104 |

Fuente: elaboración propia.

2.2. Medidas y especificaciones de asas

Las características y dimensiones de las asas utilizadas en ollas de lámina han sido establecidas a través del tiempo y de las exigencias del cliente. La forma de trapecio se ha seleccionado por ser atractiva hacia los clientes, aunque también se pueden fabricar de forma cuadrada o redonda.

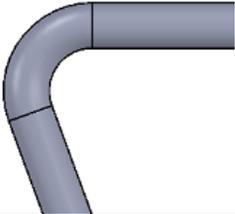
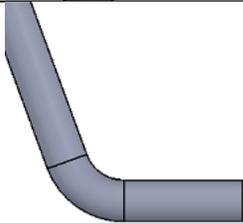
El ancho es importante, pues se busca que quepan los cuatro dedos de la mano, para que el agarre sea cómodo y seguro cuando la olla contenga algo. También se emplean varillas de acero porque ofrecen la resistencia necesaria para manipular la olla, sin correr el riesgo que se abra, doble o estropee con el uso continuo, si en cambio se empleara alambre de calibre inferior.

2.2.1. Dimensiones de un asa

Es importante recalcar que las medidas que se describen no son precisas para todas las asas, pues por el método actual empleado, presentan variaciones entre una y otra; además la forma y medidas finales son diferentes entre cada operario debido a su habilidad.

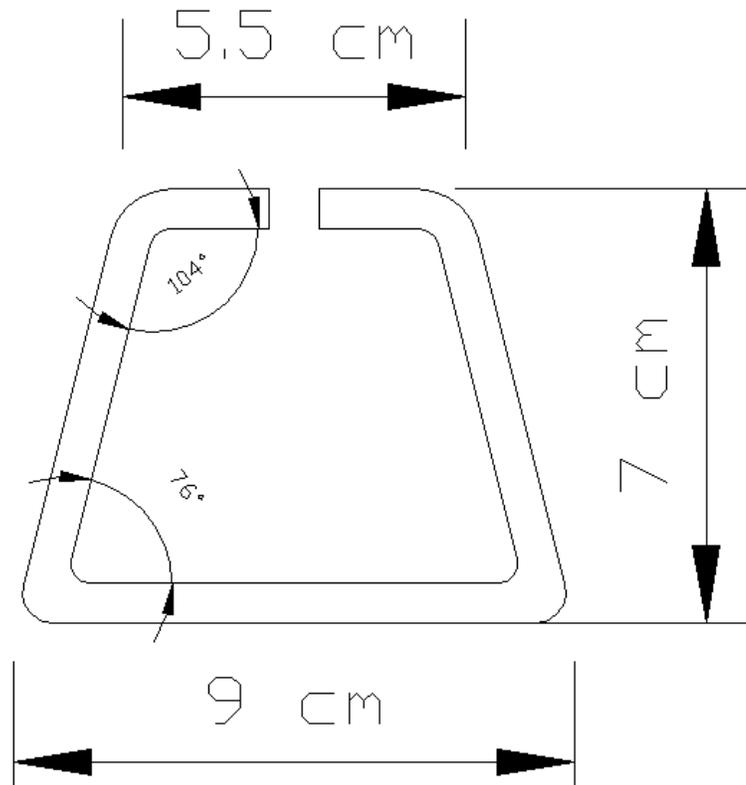
Para tomar las dimensiones y ángulos, se seleccionó el asa que presentaba la forma más simétrica, pues para el cliente cada detalle importa y este presta atención a la forma de las asas, ya que con ello determina si la olla se ha elaborado con esmero y calidad.

Tabla II. Partes y dimensiones de un asa

| Parte | Medida | Ilustración |
|--------------|--------|--|
| Base menor | 5.5 cm |  |
| Base mayor | 9 cm |  |
| Altura | 7 cm |  |
| Ángulo menor | 76 ° |  |
| Ángulo mayor | 104 ° |  |

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Dimensiones de asa



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Especificaciones de varilla de acero

El alambón de acero, también conocido comercialmente como hierro de 1/4 de pulgada, es un producto largo de sección circular que se obtiene por laminación en caliente y enrollado, a partir de palanquilla. El alambón es comúnmente trefilado para producir alambres de diversos calibres y también para la fabricación de pernos y clavos.

Se utiliza como materia prima en la industria del trefilado para la fabricación de mallas, armaduras, telas metálicas, cribas, clavos, alambre galvanizado ó pulido, soldadura, alambre de púas y otros derivados. También es utilizado como producto terminado en la industria de la construcción.

El alambroón se fabrica con diferentes contenidos de carbono, dependiendo de la aplicación en la que se usará; sin embargo, el acero de 1/4" utilizado para estribos es uno de bajo contenido de carbono, específicamente un 1006; esto favorece a su ductilidad al momento de fabricar los anillos o estribos, así también facilita la fabricación de asas para ollas, por su suavidad al momento de doblarlo.

Tabla III. **Composición de la varilla de acero de 1/4"**

| ACEROS AL CARBÓN | | | | | |
|------------------|-----------|-------------|--------|--------|-------------|
| SAE número | C | Mn | P Máx. | S Máx. | AISI número |
| | 0.06 máx. | 0.35 máx. | 0.040 | 0.050 | C1005 |
| 1006 | 0.08 máx. | 0.25 – 0.40 | 0.040 | 0.050 | C1006 |

Fuente: <http://sisa1.com.mx/catalogos/>. Consulta: mayo de 2013.

2.3. Descripción del equipo actual

Para la fabricación de asas para ollas se utiliza el equipo básico; la razón de ello radica en las condiciones económicas de la empresa, sin embargo, se evalúan nuevas alternativas que puedan mejorar cada una de las actividades y procesos en la fabricación de ollas, como ejemplo el diseño de la máquina dobladora, que vendría a sustituir el uso de martillo de bola para dar forma a las asas, y al eje palier, entre otras ventajas adicionales.

Para el corte de varillas de acero se cuenta con cincel, segueta, tornillo de banco, placa de acero, martillo de bola y caimán. El uso de una u otra opción depende del colaborador y de la disponibilidad de cada herramienta.

El cincel es una herramienta manual de corte, diseñada para cortar, ranurar o desbastar material en frío mediante golpes que se dan con un martillo adecuado. Una deficiencia notable de esta herramienta es el deterioro del filo, por lo que según la frecuencia de uso, así debe de reafilarse. Además deben protegerse las manos y oídos, a causa del martilleo y ruido provocado por su uso.

La segueta es una herramienta que consta de una hoja de metal, un arco para sujetar la hoja y un mango; su función es cortar o serrar, principalmente madera, aunque también se usa para corta metal. El movimiento de corte es perpendicular al plano de la pieza de trabajo, la cual se monta en un tornillo de banco.

La tijera cortapernos es una herramienta con mordazas de acero aleado endurecido. Un mecanismo de leva interna de un solo paso ofrece la manera más rápida y sencilla de mantener las hojas de corte con una alineación precisa. Los mangos y agarraderas se han diseñado para permitir una mayor ventaja mecánica para un corte preciso y controlado.

El tornillo de banco o prensa es una herramienta que sirve para dar una eficaz sujeción, a la vez que agiliza y facilita el manejo de las piezas sometidas a diferentes operaciones como aserrado, limado o marcado. La prensa se encuentra atornillada a un banco de trabajo. Tiene dos mordazas, una fija y la otra movida por un tornillo, normalmente de rosca cuadrada, que gira gracias a una palanca, entre ellas se fijan las piezas a mecanizar.

Para hacer los cortes con cincel se utiliza una placa de acero o cualquier objeto que sustituya a un yunque, para martillar sobre él y obtener los tramos de varilla.

Para dar forma a las asas, se utiliza un eje trasero de vehículo o eje palier, que es el medio por el cual se transmite el movimiento del diferencial hacia las ruedas. Poseen superficie externa de gran dureza, excelente calidad y gran resistencia al desgaste, por lo que son ideales para el formado de asas mediante martilleo constante. Este eje se afirma al suelo en forma vertical y a una altura que permita al colaborador permanecer sentado, mientras lo utiliza.

El martillo de bola es de gran importancia, pues se emplea no solo en la fabricación de asas, sino que en todo el proceso de fabricación de ollas de lámina. Se utilizan de diferentes medidas, que en el mercado nacional está determinado por su peso: dos, tres, cuatro libras, etc. Es de acero con superficie endurecida, con un extremo plano y otro en forma de esfera; su mango de madera, plástico o acero.

Figura 10. **Equipo actual**



Fuente: elaboración propia.

3. GENERALIDADES DE DISEÑO

3.1. Máquinas y mecanismos

La función principal de las máquinas es reducir el esfuerzo requerido para realizar un trabajo. El plano inclinado, la rueda, la palanca, el tornillo y la polea son ejemplos de máquinas simples.

Las máquinas pueden ser clasificadas según su complejidad, el número de pasos o encadenamientos necesarios para realizar su trabajo o la tecnología empleada para su construcción y funcionamiento.

Básicamente tres elementos conforman una máquina: el elemento motriz, que introduce la fuerza o movimiento en la misma, mecanismos que sirven de enlace entre el elemento motriz y el receptor; y el elemento receptor, que recibe la fuerza o movimiento para realizar la función de la máquina.

Los mecanismos son el conjunto de elementos en el interior de las máquinas, que tienen como objetivo transmitir y/o transformar el movimiento. La transmisión por poleas y correas, cadenas, engranajes, tornillo sin fin, piñón-cremallera, leva y biela-manivela, son algunos ejemplos de mecanismos.

A los mecanismos que pueden transmitir el movimiento o fuerza del elemento motriz hacia el elemento receptor se les llama mecanismos de transmisión de movimiento. También existen los mecanismos de transformación de movimiento, cuya función consiste en transformar el movimiento o energía del elemento motriz.

Figura 11. **Máquinas y mecanismos**



Fuente: <http://sistemaseinformatica3a.blogspot.com/2013/05/maquinas-y-mecanismos-1.html>.

Consulta: junio de 2013.

3.2. **Dobladora de varillas de acero**

Existe una variedad de dobladoras para varilla: mecánicas y manuales, que van desde herramientas sostenidas a mano hasta máquinas montadas en ruedas. Muchas dobladoras también están provistas de cuchillas cortadoras que permiten a los operarios cortar varilla de varios tamaños.

Las dobladoras de varilla más simples son herramientas manuales que requieren que el trabajador proporcione la fuerza para doblar, habitualmente accionando hacia abajo una palanca larga. A medida que se empuja la palanca, la varilla recta es prensada alrededor de un dado de doblar fabricado en hierro colado hasta que se alcanza el doblez deseado.

Casi todas las dobladoras manuales pueden manejar tamaños de varilla hasta del número seis. Sin embargo, hay fabricantes que ofrecen una herramienta con dados intercambiables para diferentes diámetros que alojan varillas hasta del número diez.

Algunas dobladoras manuales están también proyectadas para cortar varilla mediante el empleo de cuchillas ubicadas dentro del mecanismo de doblar o en dispositivos separados para corte adyacentes a él. Una vez que la varilla se inserta en el cortador, el trabajador empuja la palanca para hacer el corte. Aunque las dobladoras manuales son considerablemente menos costosas que las de modelo mecánico, tienen algunas limitaciones.

Casi todos los modelos pueden doblar y cortar solo una varilla por vez, y algunas de estas herramientas trabajan mejor sobre acero de grado inferior, que se dobla más fácilmente. En este tipo de dobladoras el trabajador debe estimar la cantidad de movimiento de palanca que se necesita para realizar el doblado.

Las dobladoras mecánicas también pueden poseer un motor eléctrico, junto con un sistema hidráulico, que permite el aumento de fuerza para doblar varillas de mayor diámetro, además de automatizar el proceso.

El principio básico en las diferentes variaciones en una dobladora de varillas, sigue siendo la acción de prensado alrededor de un dado, ejerciendo fuerza mediante palanca.

También existen mesas rotatorias para doblar varillas de acero, que son máquinas mucho más sofisticadas que las dobladoras mecánicas manuales y motorizadas. Están diseñadas para su uso en talleres, en cambio las anteriores pueden ser llevadas e instaladas en donde se necesite, especialmente en obras civiles. Las mesas rotatorias generan mayor fuerza para doblar varillas de diámetro muy superiores; también tienen la ventaja de doblar múltiples varillas simultáneamente, reduciendo el tiempo de fabricación.

Figura 12. **Dobladoras de estribos**



Fuente: <http://www.bricolandia.es/sima-star-16-dobladora-de-estribos-electrica-trifasica/>.

Consulta: junio de 2013.

3.3. Requisitos generales de la máquina dobladora

Debido a la amplia variedad de dobladoras disponibles se deben analizar cuidadosamente las necesidades que se abordaran, para escoger un modelo de dobladora en particular como referencia de diseño. Entre los factores que deben tomarse en cuenta incluyen: las capacidades de doblar, la portabilidad, la facilidad de uso, la rapidez de operación y el costo.

3.3.1. Funcionalidad de la máquina

Funcionalidad de una máquina se refiere a que esta funciona tal como indican las especificaciones de fabricación. En el caso de la dobladora de varillas de acero, la máquina debe realizar dobleces en dos ángulos, para dar forma a las asas. Para realizar dicho trabajo, se debe aplicar fuerza por parte del operario, con lo que se consigue doblar el acero, valiéndose del principio de la palanca. Como el diseño es exclusivo para la fabricación de asas, la función principal consiste en realizar los dobleces, únicamente.

3.3.2. Usabilidad de la máquina

Usabilidad significa que el operario al utilizar la máquina pueda hacer el trabajo de forma rápida y fácil, el cual es el objetivo que persigue toda máquina. Para que la máquina posea la característica de usable, es necesario proyectar el diseño, considerando a los usuarios, ya que son ellos los que finalmente determinarán el éxito en la utilización de la máquina dobladora de varillas de acero. El diseño debe ser lo más práctico posible, para que la dobladora pueda ser utilizada por cualquier operario sin requerir una extensa capacitación.

3.3.3. Factibilidad y viabilidad de la máquina dobladora

Para el diseño de la dobladora de varillas de acero, es importante considerar su fabricación y los materiales que permitan su construcción. La fabricación de la máquina dobladora es factible, puesto que el diseño contempla los materiales de uso común en talleres de herrería, así como la herramienta que se dispone en dichos talleres.

En el medio local existen tornos industriales, con máquinas-herramientas con las cuales se pueden fabricar piezas a la medida, sin embargo, el proyecto de diseño pretende que todo lo necesario para la construcción de la máquina se encuentre en un taller con herramienta básica, para que el aspecto económico no sea un obstáculo.

Junto con la factibilidad, se presenta la viabilidad de construcción y uso de la dobladora, que es de igual importancia, pues, la máquina debe proporcionar mejoras en el proceso de fabricación de asas, representando beneficios económicos para los operarios que den uso a la dobladora y también para la empresa, debido al aumento de la producción.

Un aspecto fundamental de la máquina es la reducción del tiempo de fabricación por cada asa, ya que esto se traduce en menor costo por unidad. Al simplificarse la tarea de doblado, se facilita el trabajo al operario, ya que con unos sencillos pasos logra dar forma a un asa, reduciendo el esfuerzo necesario, evitando riesgos para la salud, además de agregar una ventaja competitiva.

3.4. Máquina dobladora mecánica

El diseño de la máquina dobladora de varillas de acero, consiste principalmente en un rodamiento fijado a una palanca, que mediante la fuerza aplicada, prensa en un eje pivote la varilla de acero y la dobla a un cierto ángulo, para formar asas. Por la geometría de las asas empleadas para las ollas de lámina, se requieren de dos ángulos, por lo que el recorrido principal de la palanca se realiza en dos etapas.

Por la similitud de fabricación de las asas, con los estribos de armaduras para obras civiles, el diseño de la dobladora se desarrolla a partir de una de estas máquinas para fabricación de estribos, las cuales poseen topes para diferentes medidas de estribos, también tienen un fulcro o punto pivote, con dados intercambiables, la palanca con el rodamiento, entre otras características.

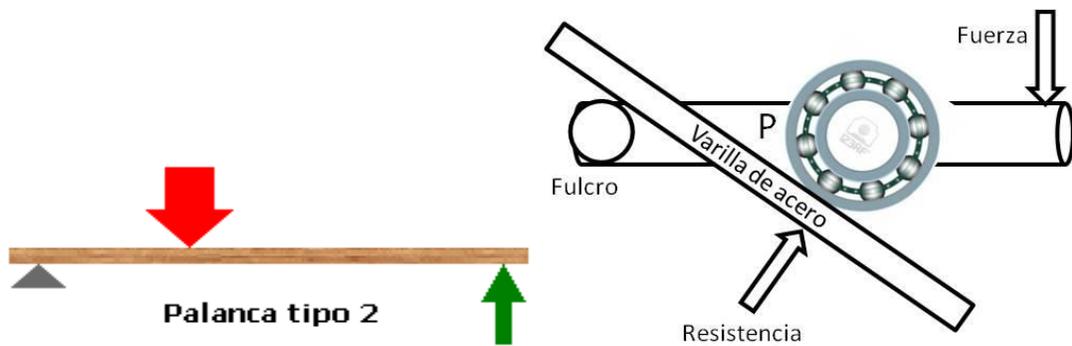
3.4.1. Palanca de segundo orden

El principio de palanca permite transmitir una fuerza mediante una barra rígida, que gira libre alrededor de un fulcro o punto de apoyo. La longitud de palanca aumenta o disminuye el esfuerzo que se ejerce en el fulcro.

La palanca presenta tres variaciones u órdenes: de primera clase cuando el fulcro se encuentra entre la fuerza y la resistencia; de segunda clase, cuando la resistencia se ubica entre la fuerza y el fulcro; de tercera clase, cuando la fuerza se encuentra entre el fulcro y la resistencia.

La máquina dobladora de varillas se clasifica como un tipo de palanca de segundo orden, pues la resistencia que presenta la varilla de acero, se ubica entre el fulcro y la fuerza aplicada en un extremo de la palanca, por lo que para el desarrollo del diseño se considera importante esta teoría, ya que para que la máquina funcione adecuadamente, la palanca debe tener una longitud adecuada para vencer la resistencia de la varilla, sin que sea demasiado larga que llegue a ser incómoda de operar.

Figura 13. **Palanca de segundo orden**



Fuente: elaboración propia.

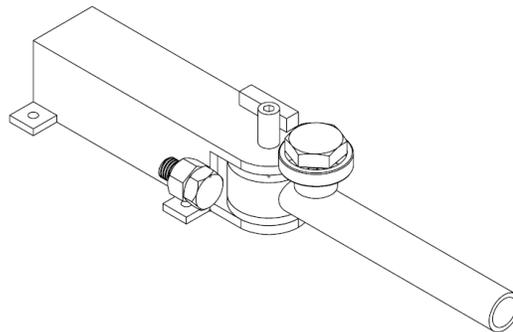
3.5. Diseño creativo de máquina dobladora

El diseño que se presenta es el resultado de la imaginación del proyectista; es el esbozo de la dobladora de varillas de acero considerando los elementos principales: base, palanca, fulcro y rodamiento.

3.5.1. Diseño preliminar

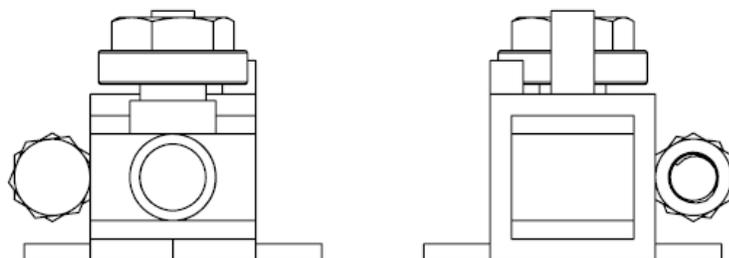
A continuación se ejemplifica la proyección isométrica y la vista frontal de la máquina dobladora de varillas de acero.

Figura 14. **Proyección isométrica diseño preliminar**



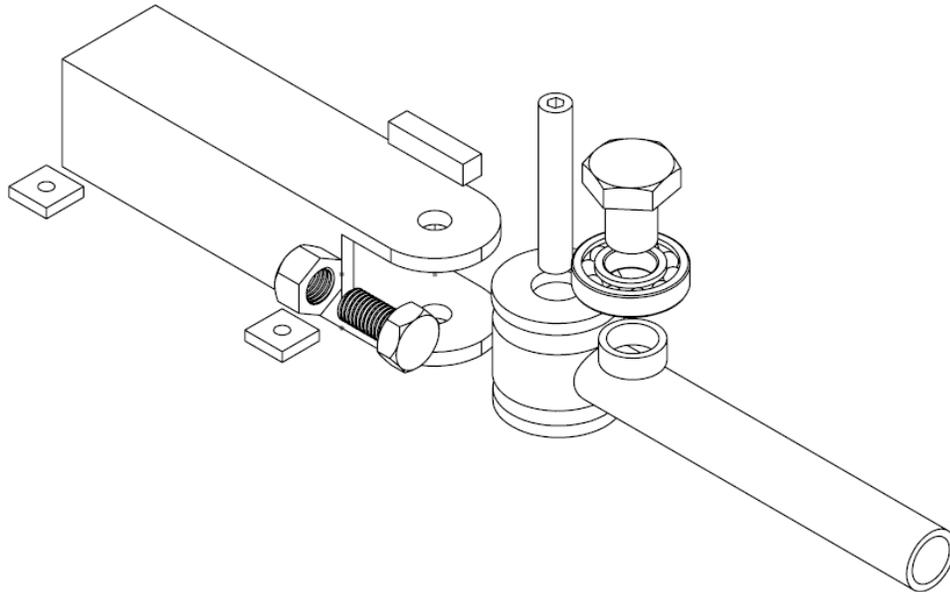
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Vista frontal y posterior diseño preliminar**



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Vista explosionada diseño preliminar**



Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Componentes principales

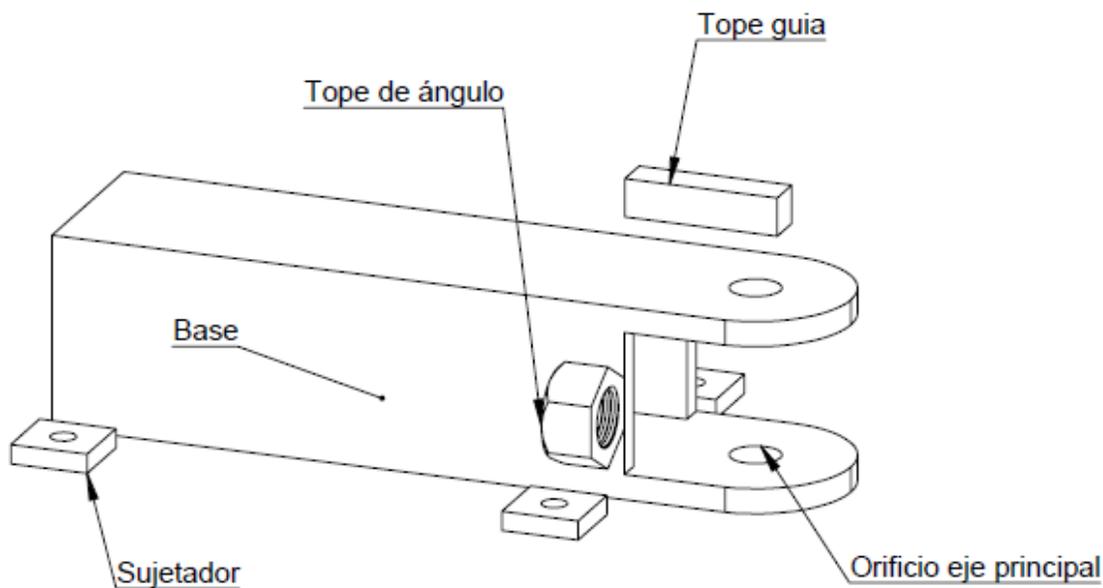
Como toda máquina, la dobladora de varillas de acero está conformada por diversas partes, en su mayoría inmóviles, sujetas a la base. Sin embargo, se pueden resaltar algunas partes como principales, las cuales realizarán el trabajo para lo cual ha sido concebida la máquina.

La base es la estructura principal, pues en ella se sujetan los diversos componentes, que hacen funcional la máquina. El tamaño de la base es importante, debe ser de tamaño adecuado para poder fijar los topes necesarios, que permitirán dar forma al asa; también la base debe contener los orificios para poder fijarse en un banco de trabajo. En la figura 16 se presenta el diseño preliminar de la base. Las dimensiones de la base deben poseer correlación con el tamaño de la palanca.

Otra parte importante de la dobladora de varillas de acero es la palanca, en la cual se encuentra fijado el rodamiento, que permitirá doblar la varilla, mediante la fuerza aplicada en ella, bajo el concepto de palanca de segundo orden, como se ha descrito con anterioridad.

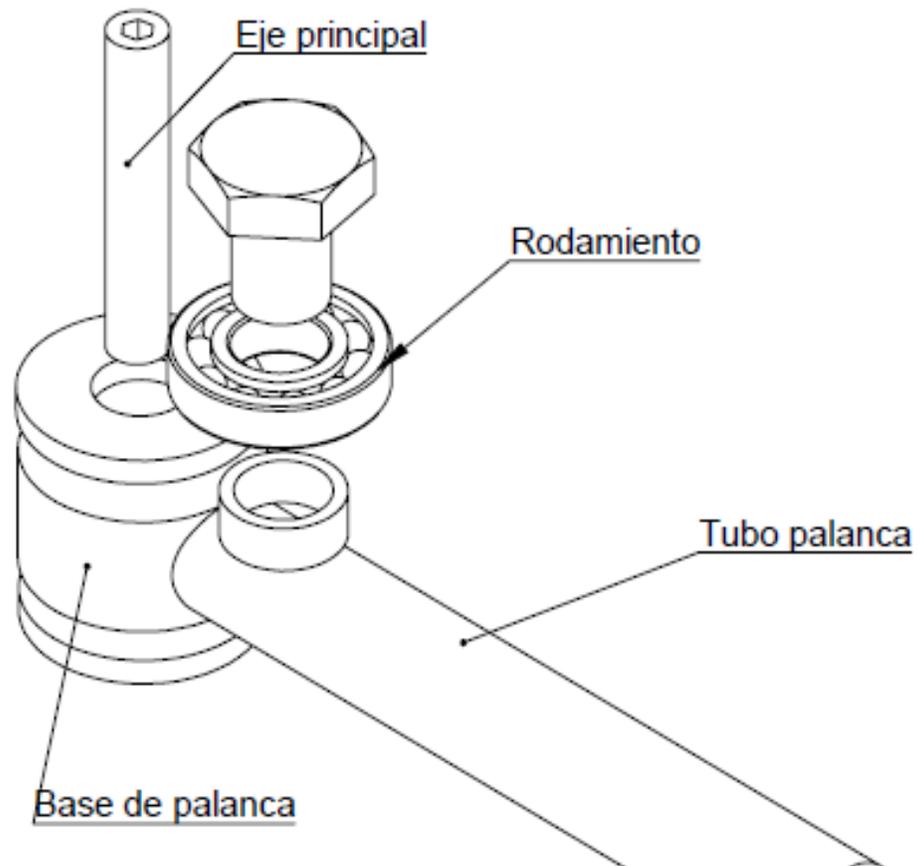
Como uno de los objetivos que persigue este proyecto de diseño, corresponde a emplear materiales de uso común, la base de la palanca es de una barra de acero, perforada por el centro, para introducir el eje que la une con la base; a esta base se sujeta un tubo redondo, en donde se encuentra el rodamiento. La longitud de la palanca debe considerar los aspectos de longitud adecuada que permita el mínimo esfuerzo posible y la comodidad, para que sea fácil de maniobrar. En la figura 17 se muestra un bosquejo de la palanca, junto con la posición del rodamiento.

Figura 17. **Base**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Palanca**



Fuente: elaboración propia.

3.5.3. **Materiales para la construcción de la máquina**

En el mercado guatemalteco existen diversos materiales de acero, que se emplean para diferentes proyectos. Uno de los objetivos de este proyecto de diseño consiste en incluir materiales que se encuentren en el mercado local y que sean económicamente viables, por lo tanto, para la construcción de la máquina se emplearán materiales de acero, que se utilizan en herrerías para trabajos comunes.

La base de la máquina se ha concebido de sección cuadrada, lo que permite adherir a esta los diferentes elementos y realizar las perforaciones necesarias, conservando su rigidez; el uso de tubo estructural cuadrado de un espesor adecuado, soporta esfuerzos a la torsión y buena resistencia al pandeo, además de la facilidad de montaje, permitiendo uniones simples por soldadura, entre otras ventajas. En la tabla IV se presentan las características de tubo cuadrado estructural que se encuentra en el mercado.

Tabla IV. **Tubo estructural cuadrado**

| Cuadrado | CHAPA | | | | | | | GROSOR | |
|----------|-------|----|----|----|----|----|----|--------|------|
| | 18 | 16 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 3/16" | 1/4" |
| 1/2" | X | X | X | | | | | | |
| 3/4" | X | X | X | X | | | | | |
| 1" | X | X | X | X | X | X | | | |
| 1 1/4" | X | X | X | X | X | X | | | |
| 1 1/2" | X | X | X | X | X | X | | | |
| 2" | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| 2 1/2" | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 3" | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 3 1/2" | | | | | | X | X | X | X |
| 4" | | | X | X | X | X | X | X | X |
| 4 1/2" | | | X | X | X | X | X | X | X |
| 5" | | | X | X | X | X | X | X | X |
| 6" | | | X | X | X | X | X | X | X |
| 7" | | | | | | X | X | X | X |

Fuente: <http://www.tubac.com.gt/en/02-Group/Estructural.htm>. Consulta: junio de 2013.

Como elemento importante de la dobladora de varillas de acero, la palanca debe de resistir el esfuerzo a que se someterá; esta puede construirse de diferentes materiales, inclusive una barra sólida de acero y también de sección cuadrada, sin embargo, un tubo de sección circular proporciona la resistencia necesaria, cierta ergonomía, fácil maquinabilidad y disponibilidad. En el mercado existe una amplia variedad de tubos, utilizados en diversas aplicaciones, como conductores de fluidos y construcción de diversas estructuras.

Se presentan en la tabla V algunas variaciones de tubo de uso industrial, aunque existen espesores mayores para aplicaciones específicas; para propósitos de este proyecto de diseño, los calibres allí expuestos, se consideran los más importantes. La elección del tubo adecuado dependerá de la disponibilidad del mismo, así como los factores económicos, pues entre mejores características presente, aumenta su precio y la complejidad de trabajarlo.

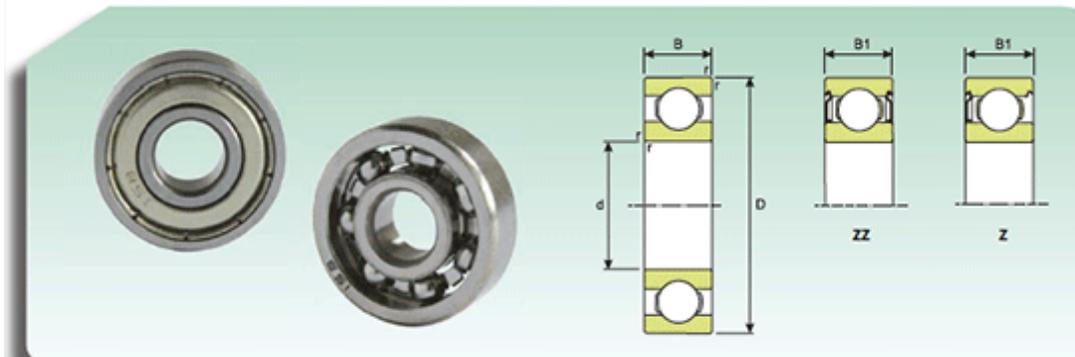
Tabla V. **Tubo redondo para uso industrial**

| Medida | 0,70 mm | CALIBRE 21 | 0,80 mm | CALIBRE 20 | CALIBRE 18 |
|--------------|---------|------------|---------|------------|------------|
| Tubo redondo | | | | | |
| 3/8" | x | x | | x | |
| 1/2" | x | x | | | |
| 5/8" | x | x | x | x | |
| 3/4" | x | x | | x | x |
| 7/8" | x | x | x | x | x |
| 1" | x | x | x | x | x |
| 1 1/4" | | x | x | x | x |
| 1 1/2" | | x | x | x | x |
| 1,9" | | x | x | x | x |

Fuente: <http://www.multigroup.com.gt/?PAGE=17&PRODUCT=10>. Consulta: julio de 2013.

Para lograr doblar la varilla de acero se emplearán rodamientos, de los cuales existe gran variedad de tipos y materiales que dependen del fabricante y la aplicación específica. Los rodamientos estarán sometidos a esfuerzo radial, por la posición de la varilla al momento de ser doblada por los mismos, por lo que los rodamientos rígidos con una hilera de bolas, son adecuados para esta función. Por su gran variedad de aplicaciones y su precio económico, posibilitan construcciones sencillas, además de encontrarse fácilmente en el mercado nacional, nuevos y usados.

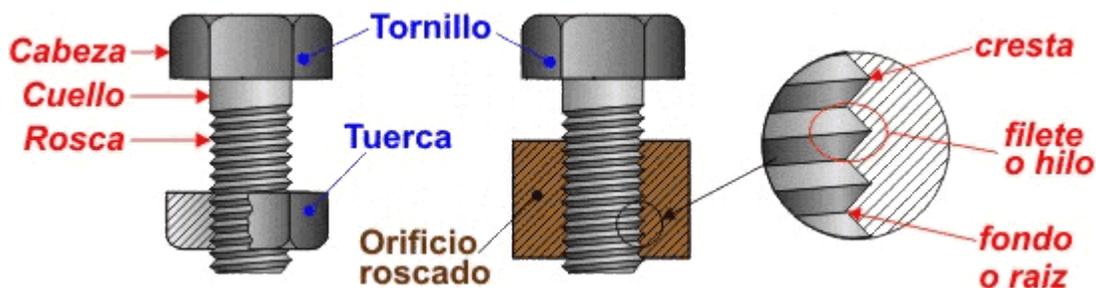
Figura 19. **Rodamiento rígido de bolas**



Fuente: <http://www.eurobearings.es/rodamientos-y-componentes/>. Consulta: julio de 2013.

El diseño de la dobladora contempla utilizar como ejes, tornillos, tanto para sujetar los rodamientos, así como para el eje principal que a su vez, es el mandril soporte para el doblado. Existen normas que determinan la forma de los tornillos, su paso de rosca, resistencia a la tracción, diámetro, etc., siendo éste último el aspecto a considerar, pues debe coincidir con el diámetro interior del rodamiento y también debe ser de tamaño adecuado al grosor de la varilla a doblar.

Figura 20. **Partes de un tornillo**



Fuente: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_tornillo.htm.

Consulta: julio de 2013.

4. DISEÑO DE MÁQUINA DOBLADORA DE VARILLAS

4.1. Dimensiones generales

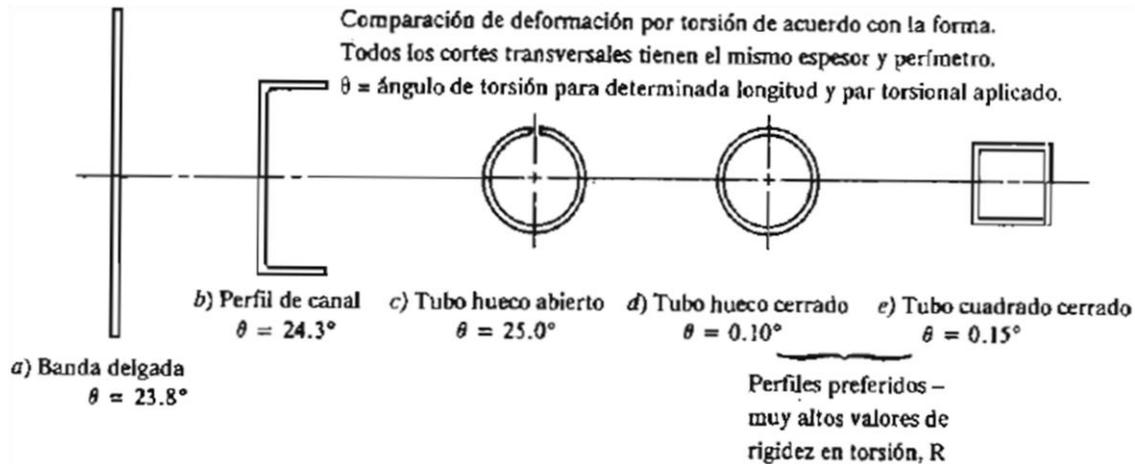
Para determinar las dimensiones de la dobladora se han considerado los mecanismos que la integran, así como el tamaño de varilla a doblar. También se tomará en cuenta el banco de trabajo en el cual se ha de fijar la máquina y los materiales disponibles; esto último es determinante en el diseño, ya que los elementos de la máquina, junto con la estructura o bastidor, serán diseñados con base en los materiales que se encuentran en el medio y que pueden trabajarse con la herramienta básica disponible en los talleres.

4.1.1. Tamaño de la estructura

En el bastidor se alojarán los mecanismos que en conjunto realizan la operación de doblado de la varilla: la palanca y su base, el rodamiento, el eje pivote o mandril, topes, sujetadores, etc. Principalmente debe proporcionar la rigidez necesaria para que funcione adecuadamente el conjunto, por lo que la longitud de la base no es influyente, pero la altura y anchura sí, pues debe resistir sobre todo a un esfuerzo torsionante.

Se ha seleccionado un perfil cuadrado debido a las ventajas que proporciona como soporte para los mecanismos; también es fácil de trabajar. En la figura 21 se aprecia la ventaja de un perfil cuadrado respecto de otros tipos de perfiles, en lo que respecta al esfuerzo de torsión.

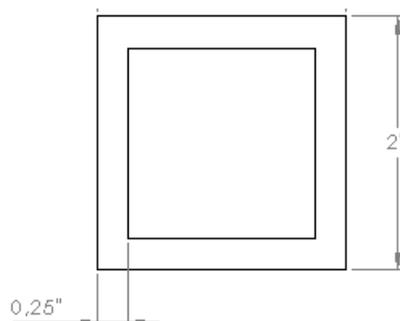
Figura 21. **Deformación por torsión de un perfil cuadrado**



Fuente: MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. p. 779.

El perfil cuadrado de acero tiene 2" por lado y un grosor de 0.25"; la longitud tendrá 12" como máximo, tomando en consideración su fijación a un banco de trabajo construido de tablas de madera y que estas tienen como máximo una anchura de 12" o 1 pie. Como se mencionó con anterioridad, la longitud puede variar, ya que no influye en el funcionamiento de la dobladora, solamente debe tener un largo en el que puedan fijarse los sujetadores.

Figura 22. **Perfil cuadrado de acero**



Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Topes y mandril de doblado

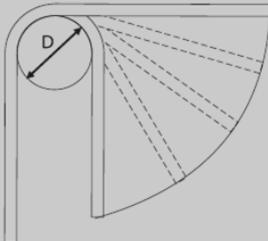
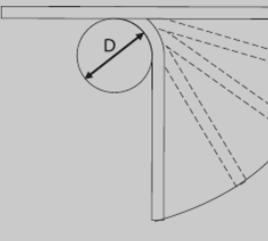
La máquina dobladora en su parte superior tendrá un tope que junto al eje mandril y rodamientos realizarán la acción de doblado; además, servirá de guía, junto con otros topes de perfil angular. También se colocarán marcas que permitirán medir la distancia adecuada de la varilla, para conseguir los dobleces con las medidas precisas, para lograr la forma trapezoidal de las asas.

Se ha diseñado un mecanismo de gran importancia, que servirá de tope a la palanca, pudiendo ajustarse en dos diferentes ángulos de recorrido. Para ello este tope debe ser abatible, ya que de esta forma se consiguen los dos ángulos que dan la forma característica a las agarraderas. Este se fijará en un costado de la base; un tornillo ajustable en una bisagra servirá de tope para uno de los ángulos; mientras que el giro de la bisagra en torno al tornillo, permite el segundo ángulo.

El mandril de doblado es un eje, que junto con el rodamiento, presan la varilla de acero y al girar el conjunto se consigue doblarla. Existen recomendaciones de los fabricantes de barras de acero (lisas y corrugadas), para determinar este tipo de mandril, en función del diámetro de la barra y el ángulo que se desea obtener.

Para las dobladoras de estribos que se encuentran en el mercado, cada pieza es fabricada según su función. El mandril de doblado en estas máquinas es un eje liso, intercambiable, de diferentes diámetros, para ajustarse al diámetro de barra a doblar. Para este proyecto, por cuestiones económicas y prácticas, se ha seleccionado un tornillo con diámetro de 1/2 pulgada (12.7 mm), correspondiente al tipo de varilla de 1/4 de pulgada (6.35 mm) de diámetro.

Figura 23. **Diámetros de mandril de doblado**

| DOBLADO A 180° | | DOBLADO A 90° | |
|---|--|--|--|
|  | |  | |
| Ø BARRA | | D - Ø del mandril para doblado | |
| 6mm | | 12mm Mínimo | |
| 8mm | | 16mm Mínimo | |
| 10mm | | 20mm Mínimo | |

Fuente: http://www.acerbrag.com/brochure_tecnico.pdf. Consulta: agosto de 2013.

4.1.3. Dimensiones de la palanca

La palanca es un elemento importante en esta máquina dobladora, ya que por medio de ella, la fuerza requerida para doblar la varilla de acero disminuye. Debe tener una longitud que permita el mínimo esfuerzo posible, sin que sea demasiado extensa y que no sea incómoda de manejar.

Para encontrar la fuerza de doblado necesaria para la barra se utiliza la ecuación de la flexión para el esfuerzo máximo, correspondiente al momento flexionante:

$$\sigma = \frac{M_f c}{I}$$

Donde:

σ , es el esfuerzo máximo de flexión

M_f , es el momento flexionante que actúa cuando el material es doblado

c , es la distancia del plano neutro a la fibra extrema

I , el momento de área para una sección circular

$$I = \frac{1}{4} \pi r^4$$

El valor de esfuerzo máximo de flexión para el alambroón es de 3800 Kg/cm², ya que por la naturaleza del proceso se debe llevar al material hasta la deformación plástica. A partir de este dato se procede a realizar los cálculos.

Encontrando el momento de área para la barra de acero:

$$I = \frac{1}{4} \pi (0.3175)^4 = 7.98 \times 10^{-3} \text{ cm}^4$$

Despejando el momento flexionante de la ecuación del esfuerzo de flexión:

$$M_f = \frac{\sigma I}{c} = \frac{\left(3,800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) (7.98 \times 10^{-3} \text{ cm}^4)}{0.3175 \text{ cm}} = 95.52 \text{ kg} - \text{cm}$$

Ahora se determina el momento flexionante como el producto de la fuerza por la distancia:

$$M_f = F \times d$$

Donde:

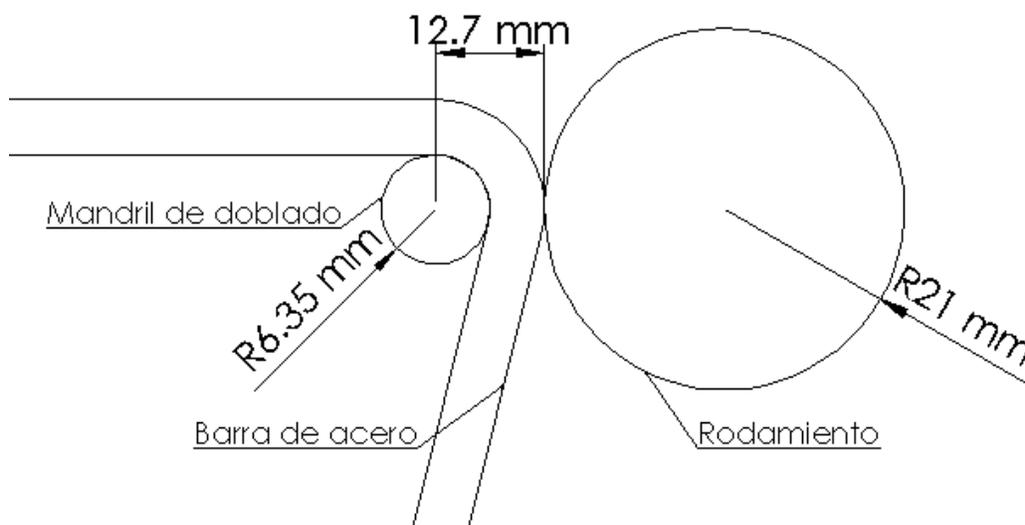
F , es la fuerza requerida para doblar el material.

d , es la mínima distancia para conseguir el doblado de la barra, considerando el radio del mandril de doblado y el diámetro de la barra, suman 1.27 cm, que es la distancia del punto de contacto del rodamiento. En la figura 24 se aprecian estas dimensiones.

$$F = \frac{M_f}{d} = \frac{95.52 \text{ kg} - \text{cm}}{1.27 \text{ cm}} = 75.21 \text{ kg}$$

Esta es la fuerza mínima requerida para doblar la varilla de acero, tomando las dimensiones del mandril de doblado, la varilla y el rodamiento, sin considerar holguras entre estos elementos; este valor bajo estas condiciones, permite tener un parámetro para elegir la longitud de la palanca.

Figura 24. **Distancia mínima para operación de doblado**



Fuente: elaboración propia.

La fuerza promedio de un brazo con el codo a 90° es de 16 kg, que no es suficiente para el doblado de la varilla, sin embargo, de la ecuación de momento flexionante se obtiene la distancia mínima para las condiciones dadas:

$$d = \frac{M_f}{F} = \frac{95.52 \text{ kg} - \text{cm}}{16 \text{ kg}} = 5.97 \text{ cm (2.35 pulgadas)}$$

Considerando la distancia y fuerza mínimas, se ha determinado una longitud de palanca de 7.5 pulgadas, con lo que se cumplen las condiciones para efectuar la operación de doblado, proporcionando un tamaño que reduce el esfuerzo del brazo, además de evitar fatiga por las repeticiones y el tamaño, favorece a la manejabilidad de la máquina.

4.2. Selección de materiales para la construcción

Para la estructura se ha seleccionado un perfil de acero cuadrado con lados de 2 pulgadas y una longitud de 12 pulgadas; el espesor es de 0.25 pulgadas. Los tubos cuadrados presentan ventajas frente a otros perfiles de acero. Son empleados en todo tipo de construcción, por lo que son fáciles de conseguir en ferreterías, también sus caras planas facilitan la soldadura de las piezas y las perforaciones con barreno.

Para los topes de apoyo superiores se empleará angular con medidas de 1 pulgada de largo, 0.5 pulgadas por lado y espesor de 0.125 pulgadas. Este tipo de perfil presenta las mismas ventajas que el tubo cuadrado. El perfil angular de 0.5 pulgadas permitirá trabajar con dos varillas de acero a la vez, si así se desea.

Se utilizará un tubo redondo para la palanca, ya que tiene muchas ventajas mecánicas, además de presentar un agarre ergonómico al sobreponer un mango de agarre. Existe diversidad de tubos redondos, sin embargo se ha elegido tubo para conducción de agua; ya que es galvanizado, hay diversidad de diámetros y longitudes, lo que facilita la compra. Comercialmente es denominado tubo de 1/2 pulgada.

La palanca se sujetará a una base que se construirá de una barra de acero de sección circular con diámetro de 1 pulgada, a la cual se le perforará por el centro un agujero de 0.5 pulgadas de diámetro, en donde se estará inserto el eje mandril de doblado. La barra se ha elegido lisa por motivos de estética, aunque también puede emplearse barra corrugada utilizada para construcción.

El mandril de doblado es un tornillo de 0.5 pulgadas de diámetro, que según se especificó con anterioridad, es el diámetro mínimo recomendado para doblar varillas lisas de acero, a diferentes grados, sin que se presenten grietas en exceso en el material, y el largo será de 2.75 pulgadas. Es importante que el tornillo sea resistente, para garantizar un período largo de vida, en torno al eje se doblarán las varillas, por lo que el desgaste es inevitable en esta parte.

Para el tope de ángulo se utilizará una bisagra para portón con ala, en la que se fijará el tope regulable para el segundo ángulo, mientras que el ala servirá como límite para el ángulo mayor. Se ha elegido este tipo de bisagra, ya que fijarla a la base de la dobladora será relativamente sencillo, además es fácil obtenerla en diferentes medidas en las ferreterías.

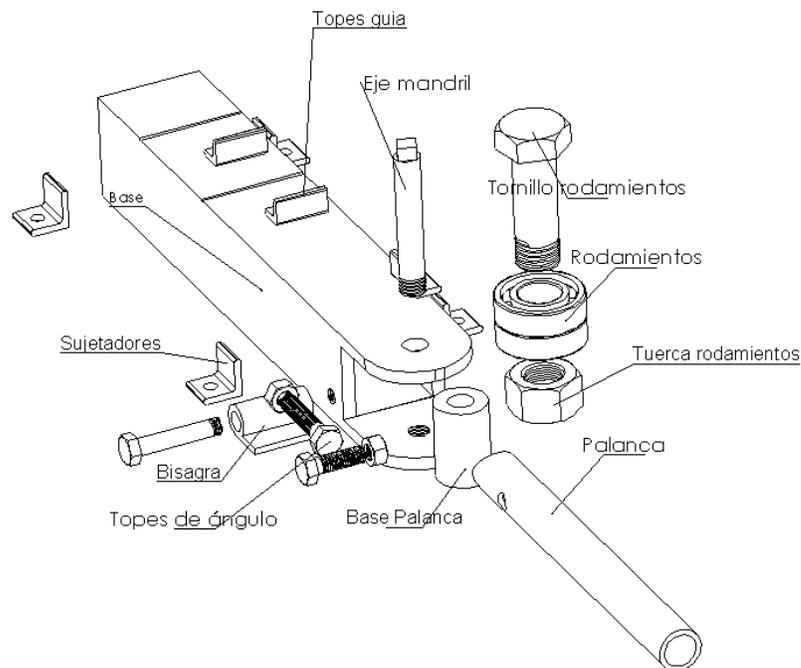
Los rodamientos se fijarán al eje utilizando un tornillo de cabeza hexagonal, con diámetro de 20 mm, rosca unificada ordinaria, 60 mm de largo; el tornillo es de cuerpo liso, para que embone en el interior de los rodamientos.

El tipo de rodamiento seleccionado es de bolas, que soporta las cargas radiales provocadas por la resistencia del alambión y el funcionamiento horizontal del mecanismo; el número característico de dicho rodamiento es 6004, utilizado en partes automotrices y aplicaciones industriales.

4.3. Detalle de las piezas de la máquina dobladora

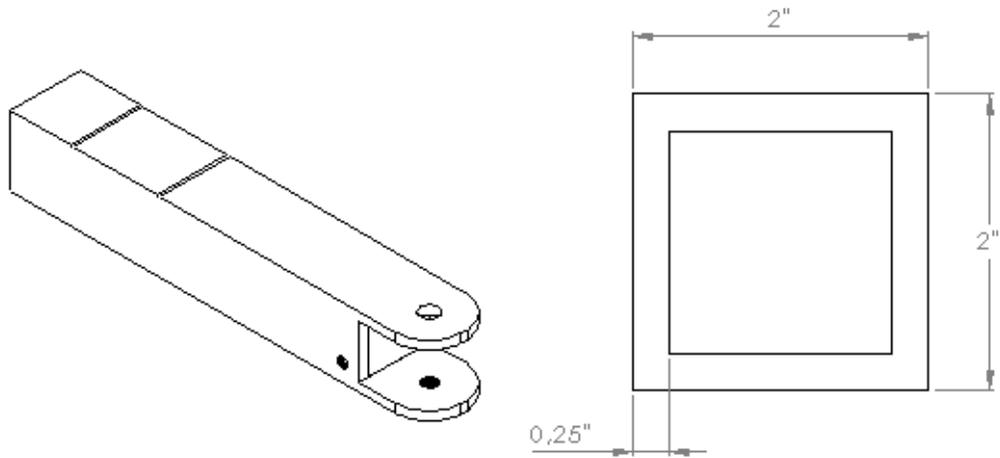
En la siguiente figura puede apreciarse el modelo explosionado de la máquina dobladora y sus diferentes componentes.

Figura 25. Vista explosionada de la dobladora



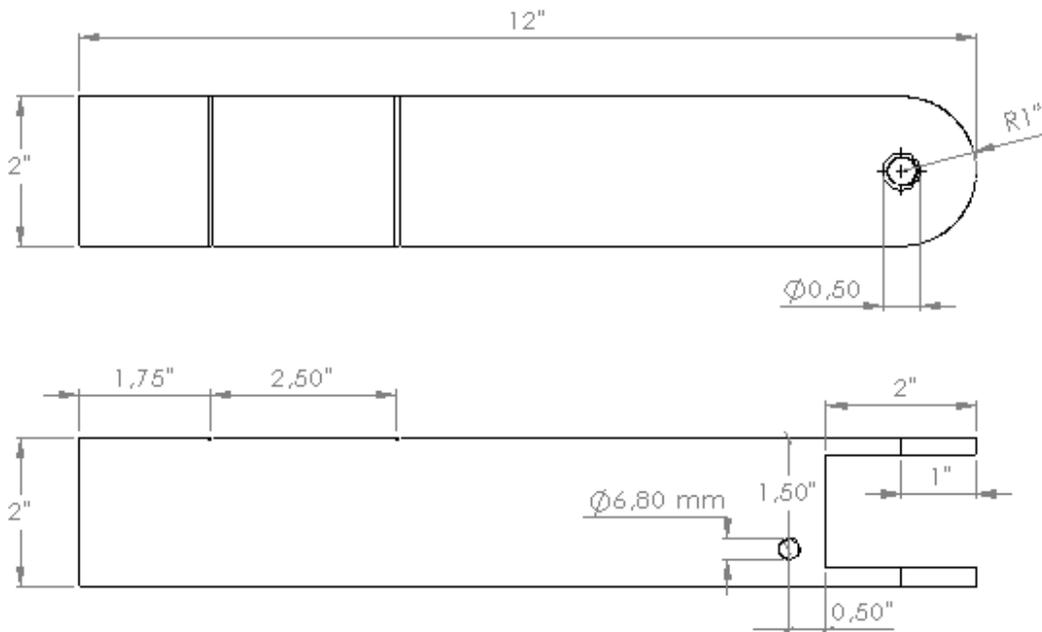
Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Figura 26. **Vista ortogonal y posterior de la base**



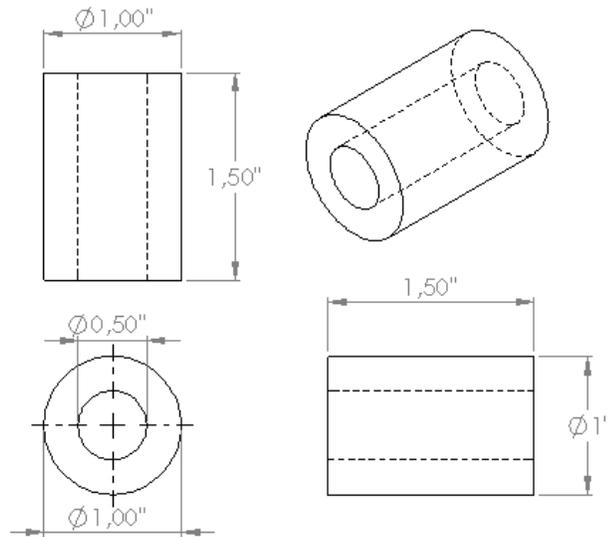
Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Figura 27. **Vista superior y lateral de la base**



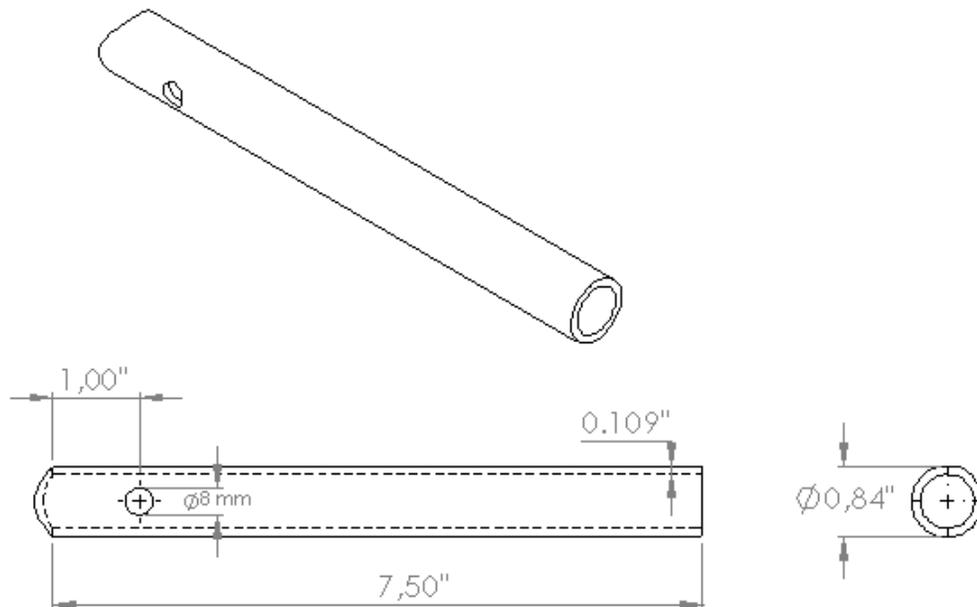
Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Figura 28. **Base de palanca**



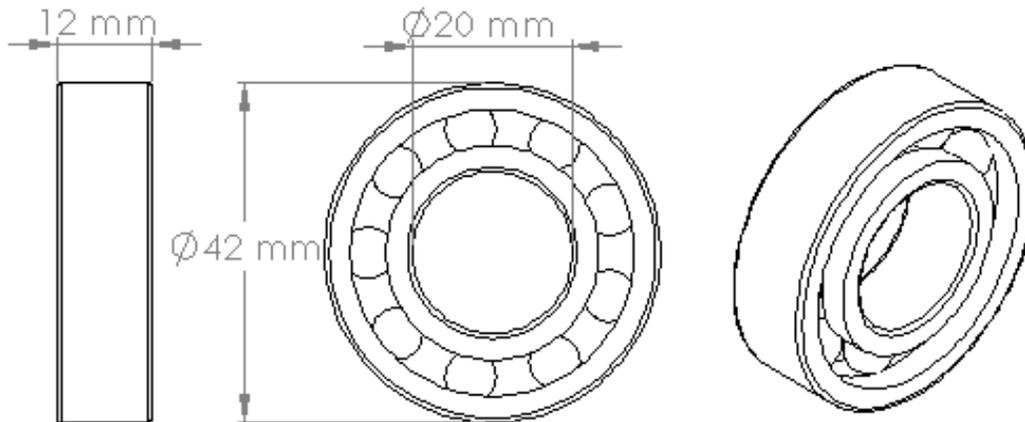
Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Figura 29. **Palanca**



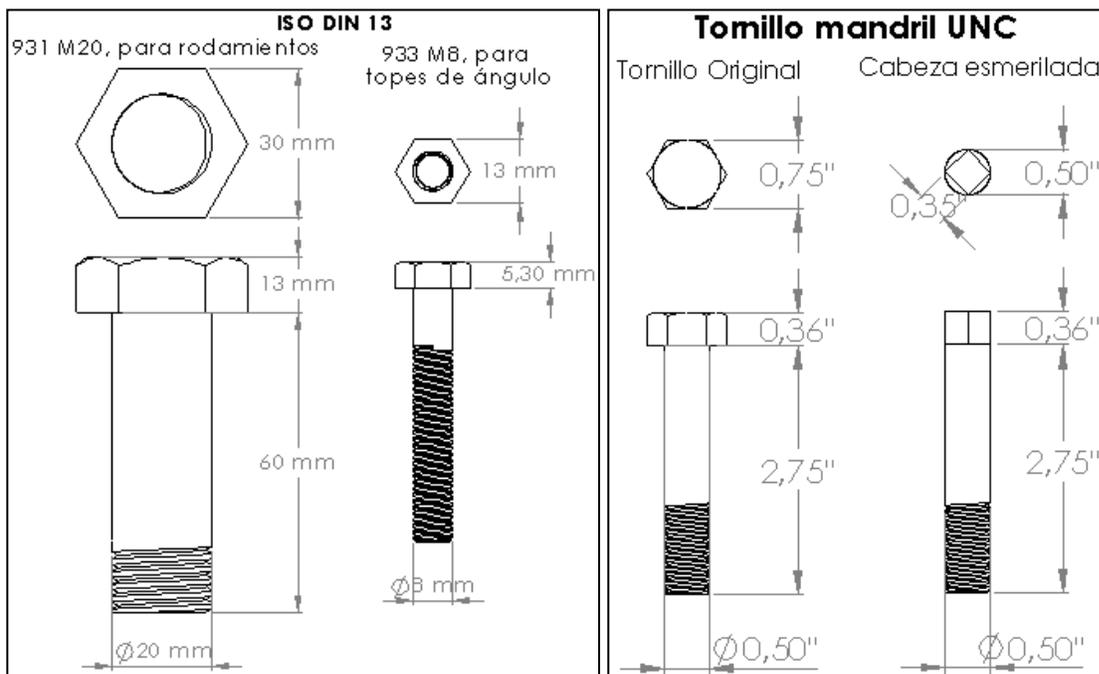
Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Figura 30. **Rodamiento 6004**



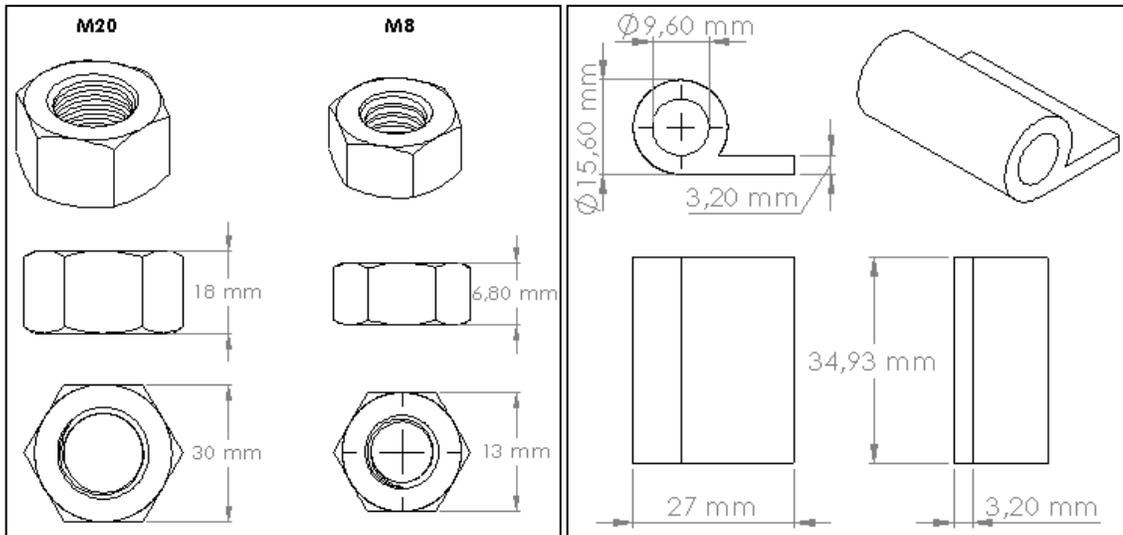
Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Figura 31. **Tornillos**



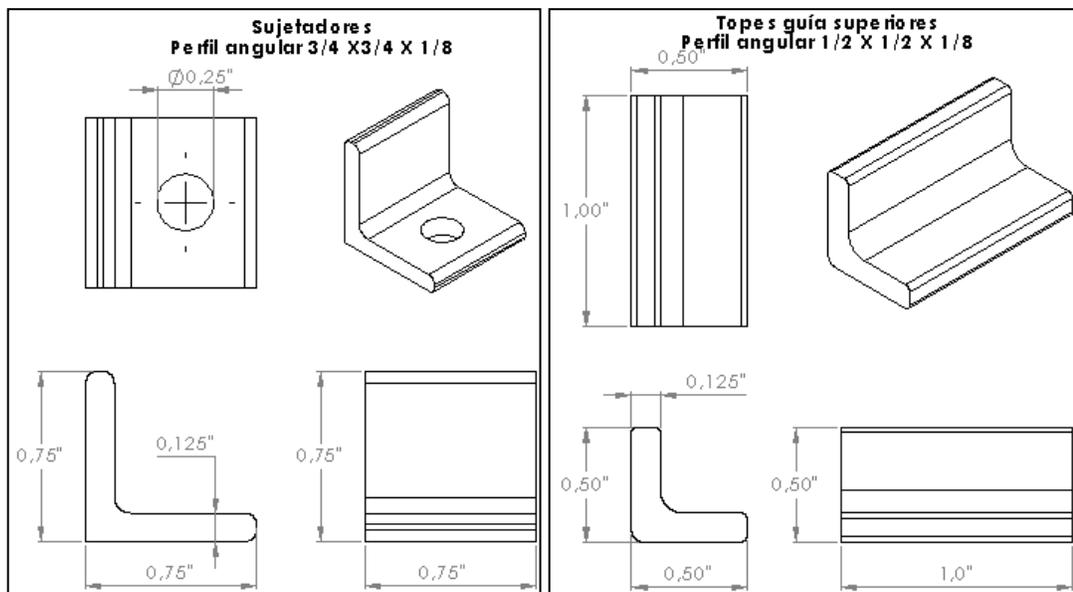
Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Figura 32. **Tuercas ISO DIN 934 y bisagra con ala**



Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Figura 33. **Sujetadores y topes guía**



Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

4.4. Proceso de manufactura

Existe diversidad de métodos de maquinado para obtener las piezas necesarias para la construcción de la dobladora de alambón; como se ha descrito con anterioridad, en un taller de tornos se dispone de máquinas con las cuales se puede dar forma a las piezas, con resultados muy precisos, por ejemplo, el contorno, la parte frontal de base, la máquina es curva; toda forma se obtendría utilizando la fresadora. Sin embargo, para el mecanizado de las partes de la dobladora en este proyecto, se considerarán las herramientas básicas, considerando mantener un costo de manufactura accesible.

En el tubo cuadrado se marca el semicírculo, en la parte superior e inferior de un extremo. Junto con este croquis, se marcan ambos laterales, siguiendo las dimensiones del apartado anterior. Para los cortes laterales se utiliza una segueta a partir del borde, mientras que para el corte interior, es necesario hacer perforaciones en los vértices y luego utilizando una sierra caladora, se consigue realizar el corte. Para obtener el contorno circular previamente marcado, se utiliza una amoladora (pulidora) con disco abrasivo para metales.

En la parte superior de la base se debe taladrar el agujero, en donde estará inserto el eje mandril; para ello se puede emplear un barreno o un taladro de banco, siendo este último el más recomendado, ya que permite fijar la pieza y obtener una perforación precisa. Para la parte inferior se debe hacer una perforación adecuada para realizar la rosca en donde embonará el eje mandril, por lo que el diámetro de broca debe ser menor y posteriormente utilizar un machuelo para crear la rosca en la base. El mismo procedimiento se efectuará para el tornillo que sujeta la bisagra con ala en una cara lateral.

La base de la palanca se fabricará a partir de una barra redonda de acero; nuevamente con el taladro de banco se realiza la perforación justo en el centro de su diámetro y por toda su longitud. La palanca se hará utilizando un tubo galvanizado, se cortará con segueta según la longitud indicada y se hará una perforación lateral con el taladro, que permitirá el corrimiento de un tornillo para ajustar el ángulo de recorrido. En ese extremo del tubo con la amoladora se desgastará de tal forma que se acople a la base de la palanca.

El eje mandril se fabricará a partir de un tornillo de cabeza hexagonal; para que sea fácil el manejo del alambión es necesario esmerilar la cabeza, hasta lograr un cuadrado, el cual se utilizará para apretar el eje y realizar la inserción en el lugar correspondiente. Este desgaste puede hacerse utilizando la amoladora o una piedra esmeril de banco, además de lima, si se desea un acabado más fino.

Para sujetar la base al banco de trabajo, se cortarán con segueta cuatro partes de un perfil angular de 0.75" y se realizarán las perforaciones con el taladro de banco. También se cortarán tres topes de un perfil angular de 0.5". Todas estas partes se fijarán a la base con soldadura eléctrica (de arco), utilizando electrodo 6013 de 3/32", que proporciona la resistencia necesaria. También la palanca y su eje se unirán mediante soldadura eléctrica.

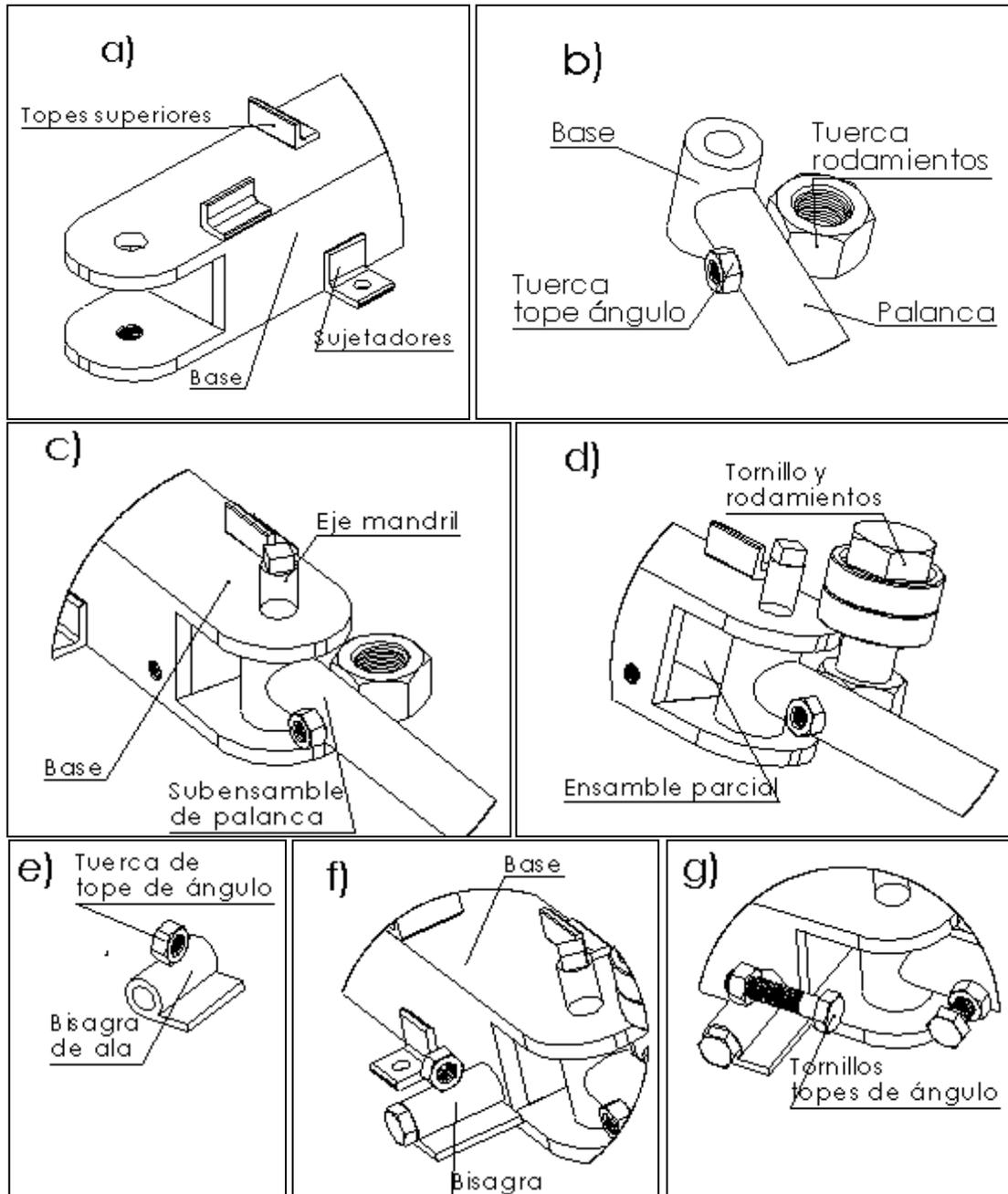
Según el detalle de las piezas, los tornillos tienen diferentes longitudes; en las tornillerías los tornillos tienen largos estandarizados, por lo que con segueta se cortarán dichos tornillos, según las especificaciones del modelo.

4.5. Procedimiento de ensamble

Se propone el siguiente procedimiento de ensamblaje para la dobladora de varillas de acero. El orden puede variar según el criterio del fabricante, ya que todo el conjunto de palanca es individual a la base con sus topes y sujetadores; sin embargo los rodamientos y su tornillo sujetador deben de posicionarse específicamente, luego de haber colocado a la base la palanca y su eje pivote o eje mandril, debido a la superposición de dichos rodamientos sobre la cara superior de la base. El procedimiento lleva el orden siguiente; ilustrado en la figura 34:

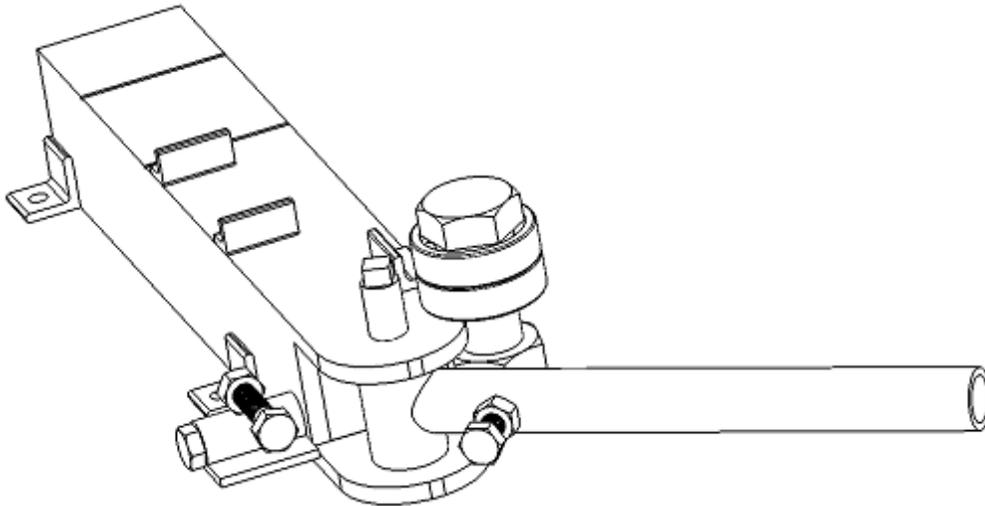
- a) Unión permanente de sujetadores y topes superiores a la base
- b) Unión permanente de palanca con base de palanca y soldar tuercas a la palanca
- c) Ensamble parcial de base y palanca, junto con el eje mandril
- d) Sujetar rodamientos a la palanca con tornillo de rodamientos
- e) Soldar tuerca a la bisagra
- f) Atornillar bisagra a la base
- g) Colocar tornillos de tope de ángulo

Figura 34. Procedimiento de ensamble



Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Figura 35. **Ensamble completo**



Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

4.6. Costo de fabricación

Para determinar los costos para la fabricación de la dobladora ha de tomarse en cuenta que los perfiles de acero no se venden por pequeñas longitudes; en algunas distribuidoras venden longitudes inferiores, según su inventario, por lo que se encarece cada pieza. También la mano de obra es costosa debido a que la maquinación de las piezas se clasifica como manufactura por pedido.

Sin embargo, al consultar diversos talleres de herrería, ferretería e incluso en negocios de recolección de chatarra, se pueden obtener los perfiles necesarios. A continuación se detallan los costos aproximados de fabricación.

Tabla VI. Costo de materiales

| Descripción | Cantidad | Precio c/u | Total |
|---|----------|------------|---------|
| Tubo cuadrado de 2 x 2 x 1/4, longitud 12 pulgadas | 1 | Q 75.00 | Q 75.00 |
| Tubo galvanizado de diametro 1", longitud de 10" | 1 | Q 18.00 | Q 18.00 |
| Barra lisa de acero de diametro 1", largo de 1 1/2" | 1 | Q 30.00 | Q 30.00 |
| Perfil angular de 3/4 x 3/4 x 1/8, largo de 3/4" | 4 | Q 5.00 | Q 20.00 |
| Perfil angular de 1/2 x 1/2 x 1/8, largo de 1" | 3 | Q 5.00 | Q 15.00 |
| Tornillo DIN 933 M8, longitud de 3" con tuerca, grado 2 | 3 | Q 4.00 | Q 12.00 |
| Tornillo UNC, de diametro 1/2", largo de 3", grado 2 | 1 | Q 30.00 | Q 30.00 |
| Tornillo DIN 933 M20, longitud de 3", con tuerca, grado 5 | 1 | Q 70.00 | Q 70.00 |
| | | Total | Q270.00 |

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos a partir de cotización en ferreterías.

Tabla VII. Costo mano de obra

| Descripción | Cantidad | c/u | Total |
|---|----------|----------|----------|
| Corte y esmerilado de tubo cuadrado, parte frontal de dobladora | 1 | Q 150.00 | Q 150.00 |
| Barrenados en base, para tornillo mandril | 2 | Q 35.00 | Q 70.00 |
| Machuelado en base para tornillo UNC de 1/2" | 1 | Q 45.00 | Q 45.00 |
| Barrenados en soportes, palanca y lateral de base cuadrada | 6 | Q 25.00 | Q 150.00 |
| Machuelado en base para tornillo DIN 933 M8 | 1 | Q 35.00 | Q 35.00 |
| Barrenado de barra lisa para base de palanca | 1 | Q 50.00 | Q 50.00 |
| Union soldada de base de palanca y tubo galvanizado | 1 | Q 30.00 | Q 30.00 |
| Soldado de angulares a la base, tuercas en la palanca y bisagra | 10 | Q 20.00 | Q 200.00 |
| | | Total | Q730.00 |

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos a partir de consulta en talleres.

El costo aproximado de fabricación de la dobladora, sumando el precio de los materiales (Q.270,00) y el costo de mano de obra (Q.730,00), asciende a un total de Q.1 000,00. Es importante indicar que los valores pueden variar, ya que en las ferreterías y ventas de perfiles de acero, el precio de cada pieza difiere. También el costo de mano de obra en talleres especializados es mayor, mientras que en talleres con máquina-herramienta básica, el costo es más accesible.

5. USO DE LA MÁQUINA DOBLADORA

5.1. Descripción del funcionamiento de la dobladora

Uno de los objetivos principales que persigue este proyecto de diseño de máquina es proporcionar una herramienta que simplifique la fabricación de asas para ollas, con pocos movimientos y repeticiones. Como se ha indicado con anterioridad, el diseño y uso de la dobladora de varillas de acero, tiene su origen en las dobladoras de alambón para la fabricación de estribos utilizados en obras civiles, por lo tanto, el uso de dicha dobladora para asas, utiliza los mismos principios empleados en la fabricación de estribos, por su gran similitud.

Para el uso óptimo de la dobladora se debe considerar el corrimiento de la barra de acero, el giro de la palanca y la correcta posición de los topes de ángulo, ya que estos permiten conseguir los ángulos adecuados que dan forma a las asas; por lo tanto como punto de inicio para el empleo de la máquina; se deben fijar ambos topes a los dos ángulos establecidos, mediante el enroscado o desenroscado de los tornillos previstos para ello.

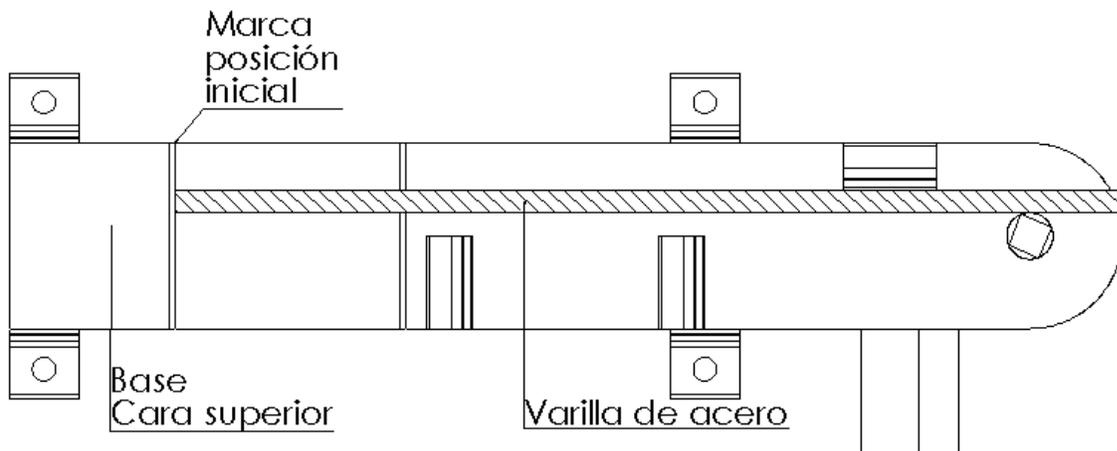
Luego de ajustar los topes de ángulo, lo que corresponde es posicionar la varilla de acero, para luego accionar el mecanismo de doblado, alternando el ángulo correspondiente, al mismo tiempo que se corre la varilla. Se ha contemplado el uso de ambas manos para llevar a cabo todo el proceso, por lo que es importante realizar algunas repeticiones, con el fin de coordinar ambas extremidades, aunque por el diseño se considera que no es para nada complejo.

5.1.1. Posicionamiento de la varilla de acero

En la parte superior de la base de la dobladora se encuentran los topes guía, hechos de perfil angular, los cuales sirven para la correcta posición de la varilla de acero. También se encuentran trazadas dos líneas en la misma cara superior: la primera que se encuentra próxima al extremo posterior de la base es el punto de partida para posicionar la varilla sin ningún doblez.

Justo en esta posición la varilla permanece recta, con la longitud original de 26 cm aprox. y al mover la palanca se inicia con el doblado. La segunda marca corresponde al corrimiento que debe hacerse, para conseguir el segundo doblez; ambas líneas y su espaciamiento se han obtenido mediante la simulación de doblado realizada con el software de diseño, tomando en cuenta la fibra neutra de la varilla de acero, que es la que permanece constante sin importar el doblado y su ángulo.

Figura 36. Posición de la varilla



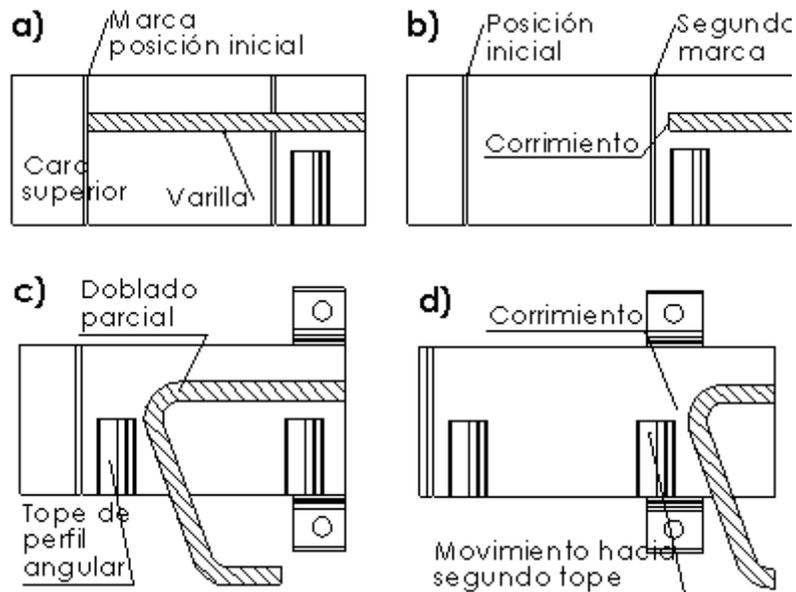
Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

5.1.2. Movimiento de la varilla de acero

Se persigue con esta dobladora reducir los movimientos necesarios para elaborar asas, tanto como sea posible, por lo que con unos pocos movimientos se consigue dar forma al asa.

A partir de la posición inicial de la varilla en la cara superior de la máquina (figura 36^a), se corre hacia la segunda marca luego de haber realizado el primer doblado (figura 36^b); a continuación con dos de cuatro dobleces, se debe girar el doblado parcial que se tiene, hasta posicionarlo en uno de los topes de perfil angular (figura 36^c), ubicados en la parte superior de la base y finalmente se corre al siguiente tope (figura 36^d); con ello finaliza el movimiento de la varilla, ahora convertida en asa completamente.

Figura 37. Movimientos de la varilla



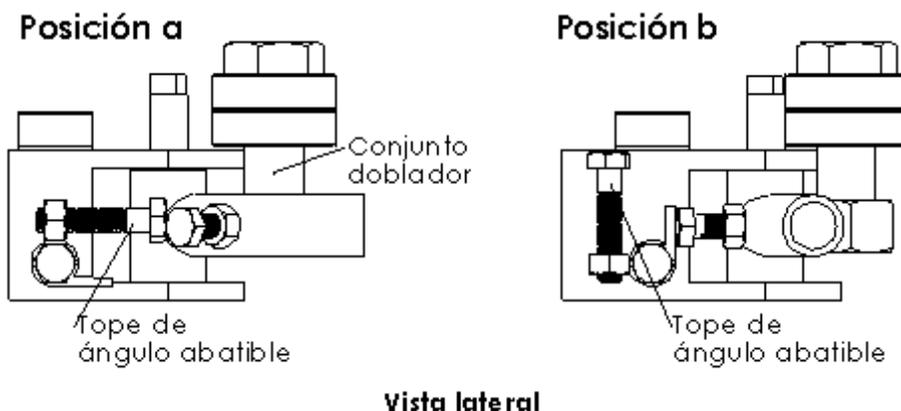
Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

5.1.3. Giro del mecanismo doblador

La palanca se girará en torno a su eje, que es el mandril de doblado; en la posición inicial permitirá colocar la varilla de acero, además de los corrimientos y movimientos correspondientes. Al accionar la palanca para realizar la operación de doblado, recorrerá cierto ángulo que estará limitado por los tornillos de tope, localizados uno en la misma palanca y el otro en la base, siendo este último abatible.

Por lo tanto, la palanca permanecerá en el punto inicial, luego pasa a ser accionada para realizar el doblado, hasta el ángulo permitido por el tope de ángulo abatible y retorna a la posición inicial. Este proceso se realiza en forma reiterada en cuatro oportunidades, alternando el movimiento del tope abatible en las posiciones a y b de la figura 37. Para realizar el doblado de la varilla a un ángulo de 70° el tope abatible ha de estar en la posición (a), mientras que para realizar el doblado al ángulo complementario de 110° , se girará hacia atrás, quedando en la posición (b).

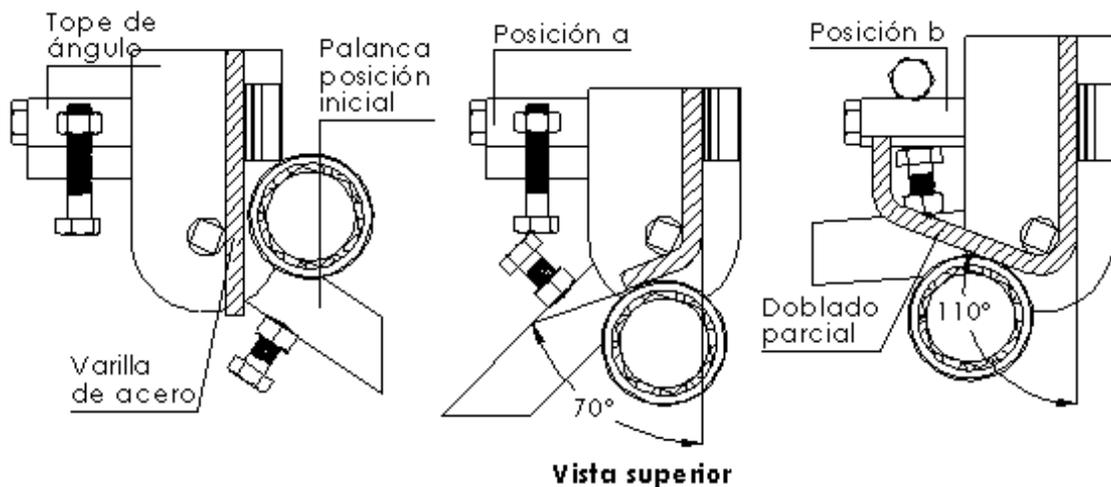
Figura 38. Posiciones del tope de ángulo abatible



Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

Como se mencionó anteriormente, la palanca tendrá tres posiciones: la inicial, en donde no hay contacto alguno con la varilla de acero, además en este punto hay cierta holgura que permite el movimiento libre de la varilla, ya sea para correrla o girarla según sea el caso; la segunda posición será a un ángulo aproximado de 70° que estará limitado por la posición (a) del tope abatible y la tercera posición a un ángulo de 110° , correspondiente a la posición (b) del mismo tope (figura 37). Cada ángulo es el recorrido por la palanca, respecto de la posición inicial de la varilla de acero.

Figura 39. Posiciones de la palanca

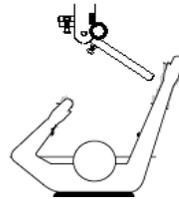


Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

5.1.4. Diagrama bimanual

Se presenta el diagrama bimanual propuesto para la utilización de la dobladora de varillas de acero. Para su elaboración se empleo el software de diseño y también apoyo en videos de dobladoras de alambrown para fabricación de estribos. El tiempo registrado puede disminuir con la práctica continua.

Figura 40. Diagrama bimanual propuesto

| | | | | | | | |
|----------------|--|---------|-----------|---|--|--|--|
| Operación: | Doblado de varilla de acero | Inicio: | 18:00 | Disposición del lugar de trabajo | | | |
| Objeto: | Asa | Fin: | 18:20 |  | | | |
| Lugar: | Negocios Múltiples y Servicios Generales | | | | | | |
| Colaborador: | Simulado en software | | | | | | |
| Elaborado por: | Elias Jonathan López Merén | | | | | | |
| Fecha: | 15/01/2014 | Método | Propuesto | | | | |

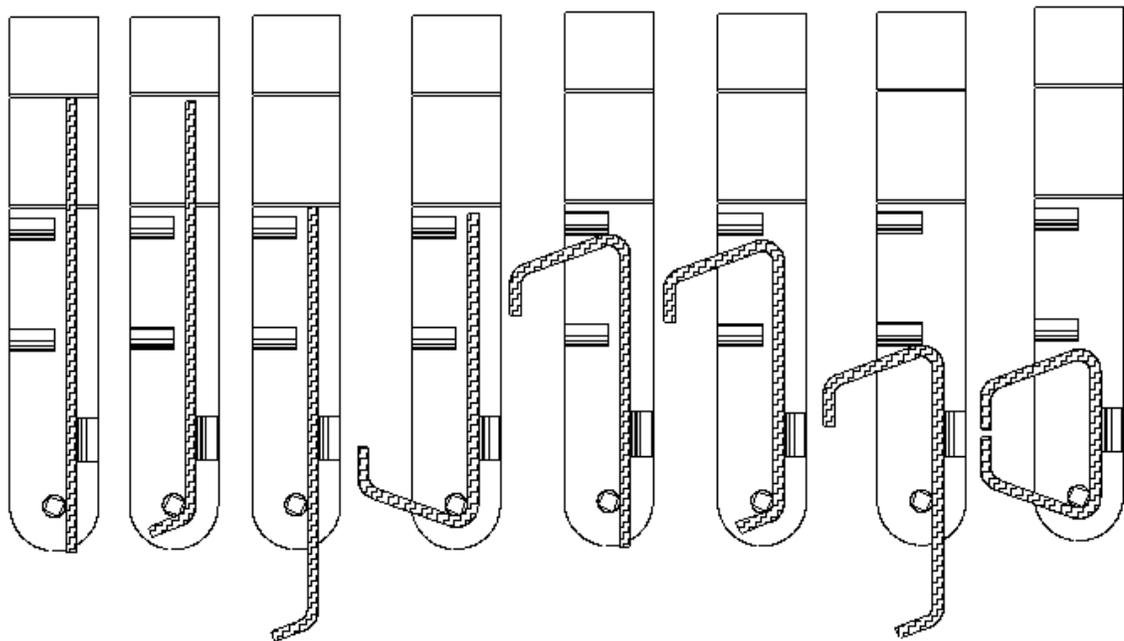
| Descripción de la mano izquierda | Símbolo | | | | Tiempo (s) | Tiempo (s) | Símbolo | | | | Descripción de la mano derecha |
|----------------------------------|---------|---|---|---|------------|------------|------------------|---|---|---|--------------------------------|
| | ○ | ⇒ | D | ▽ | | | ○ | ⇒ | D | ▽ | |
| Tomar varilla | | | | | 0.5 | 0.5 | | | | | Descanzo |
| Trasladar varilla | | | | | 1 | 0.5 | | | | | Mover hacia palanca |
| Colocar varilla | | | | | 0.5 | 1 | | | | | Sujetar palanca |
| Sujetar varilla | | | | | 2 | 2 | | | | | Accionar palanca |
| Girar tope de ángulo | | | | | 1 | 2 | | | | | Espera |
| Correr varilla | | | | | 1 | | | | | | |
| Sujetar varilla | | | | | 2 | 2 | | | | | Accionar palanca |
| Girar tope de ángulo | | | | | 1 | | | | | | Espera |
| Voltear varilla | | | | | 1 | 3 | | | | | |
| Colocar varilla | | | | | 1 | | | | | | |
| Sujetar varilla | | | | | 2 | 2 | | | | | Accionar palanca |
| Girar tope de ángulo | | | | | 1 | 2 | | | | | Espera |
| Correr varilla | | | | | 1 | | | | | | |
| Sujetar varilla | | | | | 2 | 2 | | | | | Accionar palanca |
| Retirar asa | | | | | 1 | 1 | | | | | Descanzo |
| Tiempo total (s) | | | | | 18 | 18 | Tiempo total (s) | | | | |

| Resumen | Figura | Cant. | Tiempo (s) |
|---------------|--------|-------|------------|
| Operación | ○ | 13 | 16 |
| Traslado | ⇒ | 3 | 2.5 |
| Demora | D | 5 | 8.5 |
| Sostenimiento | ▽ | 5 | 9 |
| Total | | 26 | 36 |

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la siguiente figura se aprecia la secuencia de doblado de la varilla de acero, utilizando la máquina dobladora; siguiendo los movimientos propuestos en el diagrama bimanual, se ven los corrimientos de la misma, la posición al girar el doblado parcial y la posición en cada tope en la cara superior de la máquina; se puede observar cómo se convierte paso a paso la barra en asa.

Figura 41. **Secuencia de doblado y formado de asa**



Fuente: elaboración propia, con programa SolidWorks.

5.2. **Recomendaciones adicionales para la fabricación de asas**

Es importante que con la puesta en marcha se obtengan mejoras en el proceso de fabricación de asas y de ollas de metal abarque todo el proceso. La máquina dobladora de varillas de acero es una de tantas mejoras que pueden introducirse, que junto con la longitud de varilla y operación de corte, contribuirán a la fabricación de asas de forma eficiente.

5.2.1. Longitud de varilla de acero

Para que la dobladora sea una herramienta eficaz debe acompañarse con el tamaño de varilla adecuada; esto evitará que haya variedad en la forma final de las asas, a causa de la variabilidad de longitudes y que las dimensiones dadas a la máquina funcionen correctamente.

Como se ha descrito en el proceso de fabricación de asas, actualmente las longitudes de varilla de acero se hacen al tanteo; inicialmente con cinta métrica se mide un tramo y este es utilizado para cortar el resto de unidades requeridas. Esto ocasiona que haya diferencias entre una y otra unidad.

La principal herramienta al alcance de la empresa que puede emplearse para obtener longitudes similares es una tijera cortapernos, conocido popularmente como caimán. Entre las ventajas que ofrece esta tijera se encuentran: la longitud de sus palancas reduce el esfuerzo requerido para corte, el material de que están hechas sus mordazas garantiza la durabilidad, el ruido de martilleo se elimina por completo, entre otras.

5.2.2. Tren enderezador y cortadora de varillas de acero

En la industria de la construcción civil se cuenta con máquinas muy prácticas para trabajar el alambrón que es utilizado para fabricar estribos. La máquina con tren enderezador consiste en un conjunto de poleas con forma de v, dispuestas en línea, por las cuales se hace pasar la varilla de acero mediante tracción en un extremo; al pasar por ellos la varilla de acero es enderezada y finalmente sale por lado opuesto de ingreso con forma recta.

Existen variaciones en la construcción de estos trenes de enderezado, todo depende del costo de cada uno. Hay manuales, los cuales solamente están conformados por un grupo de poleas dispuestas en forma horizontal y la tracción la ejerce un operario en un extremo. Otros trenes enderezadores constan de dos juegos de poleas: el primero en posición horizontal y el segundo en posición vertical, perpendicular al primero, alineados de tal forma que la varilla de acero pase justo por cada polea, logrando con ello el enderezado del alambón, con un resultado final de mayor calidad.

Los trenes enderezadores más sofisticados son las máquinas CNC, totalmente automatizados, con tracción motorizada y mecanismo de corte, que admiten diversos diámetros de acero, desde alambre para serchas y asas para cubetas, hasta alambón para la fabricación de estribos, permitiendo la fabricación de miles de unidades por hora.

Para lograr un gran número de cortes de alambón en el menor tiempo posible, a los trenes de enderezado también se agrega un mecanismo de corte, lo que ayuda a una alta producción. Este mecanismo de corte puede ser una tijera cortapernos adecuada al diámetro del alambón o bien una cizalla con cuchillas lo suficientemente resistentes para el corte de barras de acero.

El resultado final es el mismo en ambos casos; sin embargo el inconveniente con la tijera es que se requiere accionar ambas palancas para realizar el corte mediante sus mordazas, lo que requiere disposición de ambas manos para ello, mientras que con una cizalla, una cuchilla está fija al bastidor y la otra es accionada por una sola palanca, lo que permite disponer de una mano para halar la varilla.

Figura 42. **Tren enderezador manual, con mecanismo de corte**



Fuente: <http://www.estribamex.com/2013/05/maquina-manual.html>. Consulta: enero de 2014.

Los trenes de enderezado son indispensables cuando se adquieren rollos de varilla de acero de 1/4" de diámetro. Esta presentación del alambón disminuye el costo del mismo, ya que es una compra al por mayor de este acero. También la utilización de esta máquina permite que los tamaños cortados sean iguales, evitando con ello la diferencia en tamaños y formas de las asas.

CONCLUSIONES

1. Empleando un criterio técnico funcional para el diseño final de la dobladora de varillas, se determinó la forma y dimensiones de la máquina, además de la resistencia necesaria de las partes; mediante el criterio de fabricación se seleccionaron perfiles de acero que se encuentran en el mercado y que son empleados en talleres locales; además el criterio económico ha sido importante en el diseño, pues el costo de perfiles, tornillos, rodamientos y demás elementos, así como la fabricación, deben estar al alcance de la empresa.
2. El diseño final de la máquina dobladora es sencillo y su construcción es factible, cuenta con pocos elementos móviles, por lo que su mantenimiento se reduce a la lubricación de los rodamientos y el eje mandril; además, no requiere adiestramiento intenso para poder operarla.
3. La dobladora de varillas contiene topes guía para el corrimiento de la varilla de acero y un tope abatible que limita el giro de la palanca, lo que representa pocos movimientos para dar forma a un asa. La palanca tiene dos posiciones únicamente y gira horizontalmente, simplificando la tarea de fabricación.
4. Con el método propuesto para la elaboración de asas, empleando el diagrama bimanual y la dobladora de varillas, se consigue reducir el tiempo de fabricación en más de la mitad, lo que contribuye al aumento de la productividad, tanto del colaborador como de la empresa.

RECOMENDACIONES

1. El jefe de taller ha de ser el responsable del montaje de la máquina dobladora; aunque esta pueda fijarse en el tornillo de banco, lo ideal es sujetarlo a un banco de trabajo exclusivamente para ello, proporcionando un área adecuada de trabajo en donde se puedan tener las varillas a doblar y las asas terminadas, proporcionando comodidad al colaborador.
2. Las personas o taller designado para la construcción de la máquina deben utilizar los perfiles de acero, tornillos y elementos detallados en el diseño final, para no alterar las dimensiones indicadas de la máquina y sus componentes, evitando afectar el correcto funcionamiento de la dobladora, obteniendo el resultado esperado en cuanto a forma y tamaño de las asas.
3. El colaborador debe seguir los pasos descritos en el diagrama bimanual propuesto para dar la forma correcta a las asas y utilizar la longitud de varilla determinada; con esto evita irregularidades y la diversidad de formas en el resultado final de las asas, además al seguir paso a paso las indicaciones de funcionamiento, evita fatiga física innecesaria.
4. Es importante que el jefe de taller verifique el correcto funcionamiento de la máquina, así como la mejora del rendimiento de los colaboradores con el uso de la dobladora, para determinar si existen elementos o pasos no útiles, además de analizar qué mejoras pueden incorporarse a la máquina.

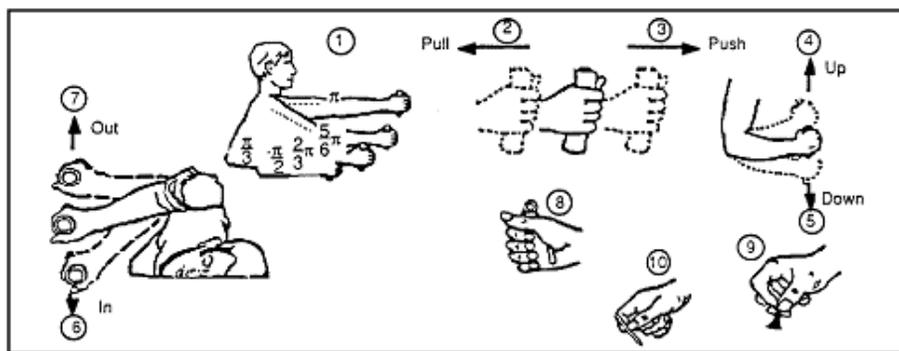
BIBLIOGRAFÍA

1. BARRERA GARCÍA, Manuel Alfredo. *Diseño de una máquina para ranurar tubos protectores en la perforación de pozos para extracción de agua*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004, 126 p.
2. BENDIX, Fredrich. *Alrededor del trabajo de los metales*. Editorial Reverté, México. 1973, 228 p.
3. CASTILLO VALDEZ, Eduardo Guillermo. *Diseño de una máquina selladora de tapones plásticos*. Trabajo de graduación de Ingeniero Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998, 103 p.
4. CHARCHALAC ORDOÑEZ, César Augusto. *Diseño y fabricación de una máquina espiraladora para el aumento de la productividad en una línea de carcasas para camas de resortes*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004, 107 p.
5. COLOJ MAZATE, Marco Tulio. *Diseño de una máquina elaboradora de empanadas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009, 71 p.

6. DEUTSCHMAN, Aaron D.; MICHELS, Walter J.; WILSON, Charles E. *Diseño de máquinas, teoría y práctica*. México: Continental, 1987. 973 p.
7. ESPARZA MEZA, Tomás; LÓPEZ GARCÍA, José; ZÚNIGA GARCÍA, Miguel Ángel. *Anteproyecto para el diseño de una máquina generadora de anillos para construcción*. Trabajo de graduación de Ing. en Robótica Industrial, Instituto Politécnico Nacional, México, 2008. 179 p.
8. FAIRES, V.M. *Diseño de elementos de máquinas*. 4a. ed. Barcelona: Editorial Montaner y Simon, 802 p.
9. HALL, Allen S., HOLOWENKO Alfred R. *Diseño de máquinas*. México: McGraw-Hill, 1971. 344 p.
10. HAMROCK, Bernard J., JACOBSON, Bo O., SCHMID, Steven R. *Elementos de máquinas*. México: McGraw-Hill, 1999. 926 p.
11. LOBOS GUERRA, Gerardo José. *Diseño de máquina reaserradora de alta producción*. Trabajo de graduación de Ingeniero Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 183 p.
12. NORTON, Robert L. *Diseño de máquinas. Un enfoque integrado*. 4a. ed. México: Pearson Educación, 2011. 888 p.

ANEXOS

Anexo 1. Fuerza del brazo humano con el codo a diferentes ángulos



| (1) Degree of elbow flexion (rad) | (2) Pull | | (3) Push | | (4) Up | | (5) Down | | (6) In | | (7) Out | |
|--|-------------|-----|-------------|-----|-----------|-----|-------------|-----|-----------|----|------------|----|
| | L** | R** | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R |
| π | 222 | 231 | 187 | 222 | 40 | 62 | 53 | 75 | 58 | 89 | 36 | 62 |
| $5/6 \pi$ | 187 | 249 | 133 | 187 | 57 | 80 | 80 | 89 | 67 | 89 | 36 | 67 |
| $2/3 \pi$ | 151 | 137 | 116 | 160 | 76 | 107 | 93 | 116 | 89 | 98 | 45 | 67 |
| $1/2 \pi$ | 142 | 165 | 98 | 160 | 76 | 89 | 93 | 116 | 71 | 80 | 45 | 71 |
| $1/3 \pi$ | 116 | 107 | 96 | 151 | 67 | 89 | 80 | 89 | 76 | 89 | 53 | 76 |

Hand and thumb-finger strength (N)

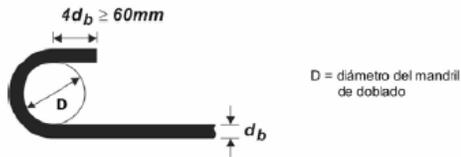
Fuente: <http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section04.htm>. Consulta: agosto de 2013.

Anexo 2. **Tabla SAE-AISI de aceros al carbón**

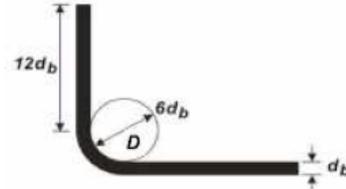
| SAE Número | C | Mn | P Max | S Max | AISI Número |
|-----------------------|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------------|
| | 0.06 max | 0.35 max | 0.040 | 0.050 | C1005 |
| 1006 | 0.08 max | 0.25-0.40 | 0.040 | 0.050 | C1006 |
| 1008 | 0.10 max | 0.25-0.50 | 0.040 | 0.050 | C1008 |
| 1010 | 0.08-0.13 | 0.30-0.60 | 0.040 | 0.050 | C1010 |
| | 0.10-0.15 | 0.30-0.60 | 0.040 | 0.050 | C1012 |
| | 0.11-0.16 | 0.50-0.80 | 0.040 | 0.050 | C1013 |
| 1015 | 0.13-0.18 | 0.30-0.60 | 0.040 | 0.050 | C1015 |
| 1016 | 0.13-0.18 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 | C1016 |
| 1017 | 0.15-0.20 | 0.30-0.60 | 0.040 | 0.050 | C1017 |
| 1018 | 0.15-0.20 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 | C1018 |
| 1019 | 0.15-0.20 | 0.70-1.00 | 0.040 | 0.050 | C1019 |
| 1020 | 0.18-0.23 | 0.30-0.60 | 0.040 | 0.050 | C1020 |
| | 0.18-0.23 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 | C1021 |
| 1022 | 0.18-0.23 | 0.70-1.00 | 0.040 | 0.050 | C1022 |
| | 0.20-0.25 | 0.30-0.60 | 0.040 | 0.050 | C1023 |
| 1024 | 0.19-0.25 | 1.35-1.65 | 0.040 | 0.050 | C1024 |
| 1025 | 0.22-0.28 | 0.30-0.60 | 0.040 | 0.050 | C1025 |
| | 0.22-0.28 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 | C1026 |
| 1027 | 0.22-0.29 | 1.20-1.50 | 0.040 | 0.050 | C1027 |
| | 0.25-0.31 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 | C1029 |
| 1030 | 0.28-0.34 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 | C1030 |
| 1033 | 0.30-0.36 | 0.70-1.00 | 0.040 | 0.050 | C1033 |
| 1034 | 0.32-0.38 | 0.50-0.80 | 0.040 | 0.050 | C1034 |
| 1035 | 0.32-0.38 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 | C1035 |
| 1036 | 0.30-0.37 | 1.20-1.50 | 0.040 | 0.050 | C1036 |
| 1038 | 0.35-0.42 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 | C1038 |
| | 0.37-0.44 | 0.70-1.00 | 0.040 | 0.050 | C1039 |
| 1040 | 0.37-0.44 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 | C1040 |
| 1041 | 0.36-0.44 | 1.35-1.65 | 0.040 | 0.050 | C1041 |

Fuente: <http://sisa1.com.mx/catalogos/>. Consulta: mayo de 2013.

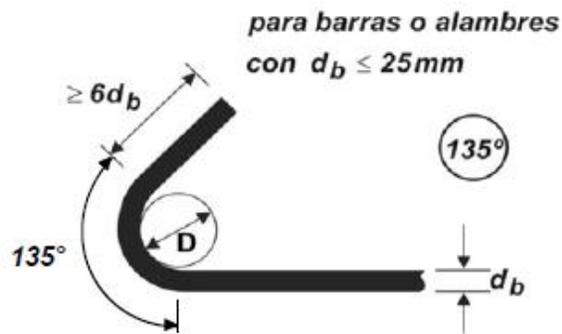
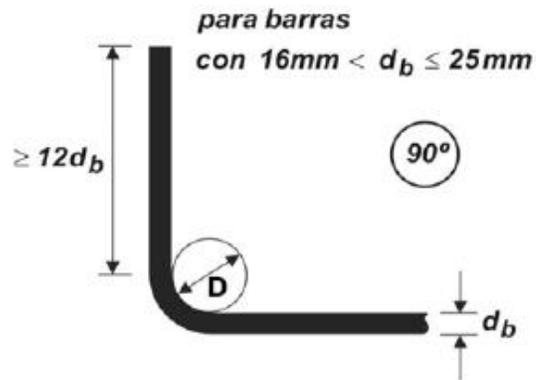
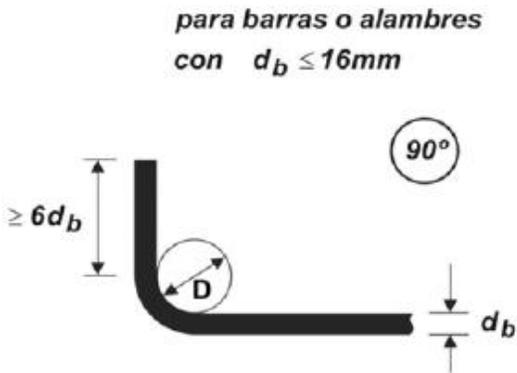
Anexo 3. Recomendaciones para el doblado de barras



Gancho con un ángulo de doblado de 180° para barras y alambres de la armadura principal.



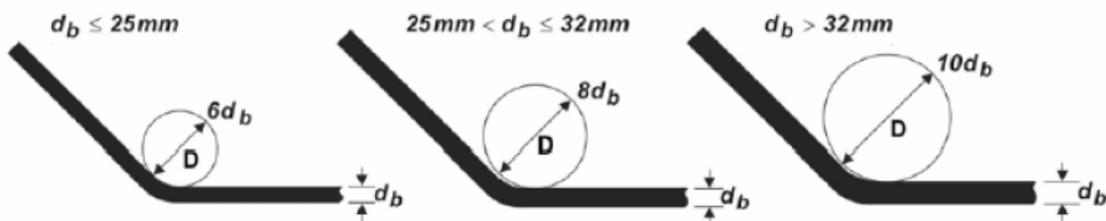
Gancho con un ángulo de doblado de 90° para barras y alambres de la armadura principal.



Continuación de anexo 3.

| Diámetro de las barras o alambres (mm) | Diámetro mínimo del mandril de doblado |
|--|--|
| $d_b \leq 25$ | $6 d_b$ |
| $25 < d_b \leq 32$ | $8 d_b$ |
| $d_b > 32$ | $10 d_b$ |

Cuando las barras principales dobladas absorban esfuerzos de corte o se ubiquen en nudos de pórticos, los valores establecidos en esta Tabla se deben incrementar un 50%.



Fuente: <http://hormigonarmado-fiobera.wikispaces.com/file/view/2+Generalidades+y+detalles+de+armado.pdf>.
 Consulta: agosto de 2013.

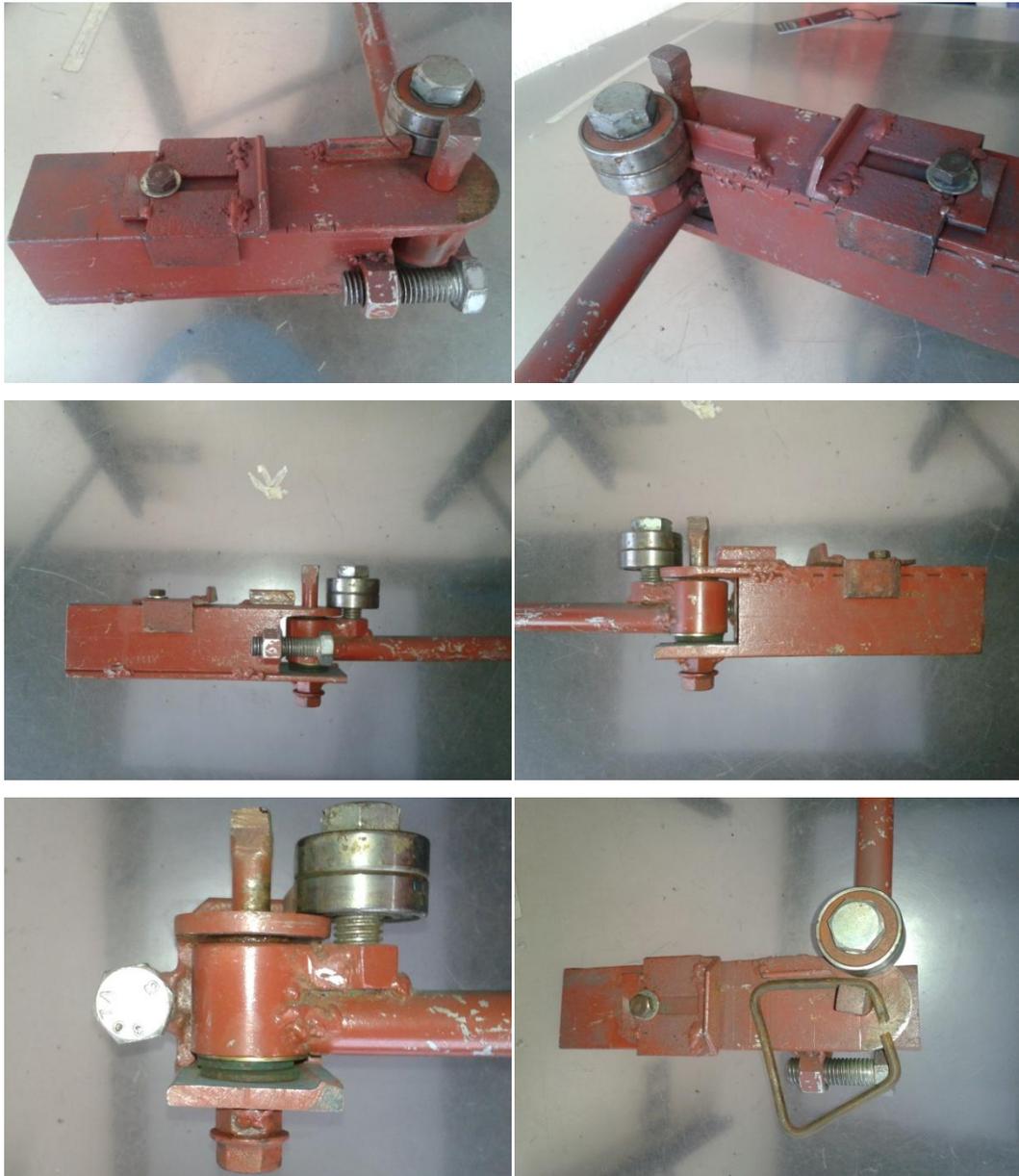
Anexo 4. Diámetros de alambrán

| Designación | CALIBRE | EQUIVALENCIA DECIMAL |
|-------------|---------|----------------------|
| | mm | Pulg |
| No. 2 | 5.5 | 0.218 |
| | 6.3 | 0.250 |
| | 7.0 | 0.276 |
| No. 3 | 8.0 | 0.315 |
| | 9.5 | 0.374 |
| | 10.0 | 0.394 |
| | 11.0 | 0.434 |
| | 12.0 | 0.473 |

Fuente: http://cotresa.com/pdf/noplanos_alambrom.pdf. Consulta: agosto de 2013.

APÉNDICE

Prototipo de dobladora basado en el diseño artístico



Asa fabricada con la dobladora prototipo



Bidón de metal para fabricar ollas



Orilla bordonada a mano y tapa móvil para engrampe



Alambrón de 1/4" de diámetro (Acero 1006)



Asas fabricadas artesanalmente



Olla de lámina terminada



