


UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO PRESENTACIÓN PROYECTOS DE GRADO

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES:

Ejecutor 1:

Nombre (s):	GIOVANNY ALEXIS	
Apellido (s):	MUÑOZ ESPITIA	
Código:	20042275025	
e-mail:	giovaud@yahoo.es	
Teléfono:	2019267	
Celular:	3202001312	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO:

Título del Proyecto:	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA DOBLADORA PARA ACCESORIOS HIDRÁULICOS METÁLICOS	
Duración (estimada):	6 MESES	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	X
	Intervención Comunitaria	

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

PROYECTO CURRICULAR TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA

FORMATO PRESENTACIÓN PROYECTOS DE GRADO

Modalidad del Trabajo de Grado:	Pasantía	
(Marqué con una "x")	Proyectos Científicos y Comunitarios	X
Línea de Investigación de la Facultad:	Apoyo Tecnológico Empresarial	X
(Marqué con una "x")	Optimización de Procesos	
	Desarrollo Tecnológico Local e Institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular:	Energías Alternativas	
(Marqué con una "x")	Materiales y Procesos	X
	Diseño Mecánico	
	Automatización Industrial	
	Educación Tecnológica	
	Otra (Cuál):	
Grupo de Investigación:	GIDEAUD	
(Marqué con una "x"):	DISING	
	Otro (Cuál):	NINGUNO
Proyecto de Investigación:		
Semillero de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño de máquinas, Termodinámica, Ciencia de los materiales, Hidráulica, Procesos Industriales, Electricidad y Electrónica Industrial.	

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 ESTADO DEL ARTE	6
1.2 JUSTIFICACIÓN	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. MARCO TEÓRICO	18
3.1 EL ACERO	18
3.1.1 Definición y características	18
3.1.2 Clasificación de los aceros	18
3.1.3 Propiedades del acero	19
3.2 INTRODUCCIÓN AL CONFORMADO DE METALES	21
3.2.1 Relación esfuerzo deformación	21
3.2.2 Efectos de la temperatura sobre las propiedades del acero	23
3.2.3 Doblado de tubos	23
3.3 CALEFACTORES ELÉCTRICOS (RESISTENCIAS)	27
4. METODOLOGÍA	28
5. CRONOGRAMA	30
6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	31
7. BIBLIOGRAFÍA	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Adaptador hembra a 45° y 90°	7
Figura 2. Aplicación de un adaptador a 90°	8
Figura 3. Espigo de un acople hidráulico	8
Figura 4. Cuerpo típico de un acople hidráulico	9
Figura 5. Cabeza típica de un acople hidráulico	9
Figura 6. Flanges a 45° y 90°	10
Figura 7. Flange instalado	10
Figura 8. Montaje de la pieza a doblar	11
Figura 9. Secuencia de doblado METALMEC TECNICA	12
Figura 10. Dobladora manual y de control numérico	13
Figura 11. Grafica esfuerzo – deformación de ingeniería	22
Figura 12. Curva esfuerzo – deformación de los metales en función de la temperatura a la cual se ejerce la fuerza	23
Figura 13. Esquema de doblado de tubos por compresión	24
Figura 14. Esquema de doblado de tubos por arrastre	25
Figura 15. Esquema de doblado con cabezal	26
Figura 16. Resistencia en espiral	27

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

METALMEC TECNICA es una empresa que se dedica a la fabricación de acoples metálicos para sistemas hidráulicos utilizados en diferentes sectores de la industria, la construcción y el transporte. Fundada hace más de 15 años, esta empresa ha venido consolidándose como una de las líderes del sector, alcanzando con ello un mercado muy extenso a nivel nacional.

Ha sido tal el éxito de esta empresa, que a partir del año 2010 inició una relación comercial con un proveedor CHINO para la importación de manguera y acoples hidráulicos, con el fin de satisfacer la creciente demanda de productos y de mantenerse en un mercado cada vez más competitivo.

Dentro de su portafolio de productos se encuentran los acoples denominados "CODOS" o "CURVAS" los cuales son utilizados cuando se requiere hacer un cambio de dirección en el fluido o simplemente por la configuración constructiva del sistema. Estos accesorios son fabricados en Acero al carbono y actualmente son importados en una gran cantidad de referencias.

Cuando es requerida la fabricación de curvas en la planta de producción de METALMEC TECNICA, es necesario usar la soldadura OXIACETILENICA para calentar la pieza a doblar, realizando el proceso de curvado con un método manual, poco preciso, costoso y además peligroso.

Por tal motivo, el problema que se presenta para empresa es la falta de un método mucho más técnico para el curvado de estos accesorios fabricados en acero AISI/SAE 12L14, en el que no sea necesaria la utilización de gases altamente volátiles y peligrosos, no se requiera de la fuerza bruta de uno o varios operarios para realizarlo y en el cual se asegure una mayor exactitud y repetibilidad en las medidas y los ángulos de doblado.

Desde que se inició la búsqueda, hace unos seis meses, no se ha logrado ubicar en el mercado una máquina que realice este proceso específico, ya que las que más se asemejan a la que se requiere son las dobladoras de tubo, las cuales están diseñadas para el doblado de diámetros y radios mayores a los que usan los accesorios hidráulicos. Los proveedores de este tipo de máquina han ofrecido realizar una fabricación especial, adaptando la dobladora a las especificaciones del producto, lo cual aumenta su costo a casi el doble de una máquina de línea, lo que la hace salir del presupuesto de la empresa, ya que la inversión sería demasiado grande, comparada con el beneficio, si se tiene en cuenta que el volumen de estos accesorios importado es bastante grande.

Sin embargo, como solución a este problema se propone el diseño, la fabricación y puesta en operación de una máquina dobladora para accesorios hidráulicos, en la que se puedan curvar accesorios entre ¼" y 2", ya que al hacer un costeo preliminar de los materiales, los componentes y el proceso de fabricación de la máquina, la inversión sería de una fracción de su precio si fuera comprada. Esto si se tiene en cuenta que la empresa dispone de proveedores que le ofrecen excelentes precios para la compra de los materiales de la máquina, los equipos para realizar gran parte de la fabricación de los componentes y que el diseño de la misma no tiene ningún costo por ser parte de un proyecto de grado.

Esta será una máquina hidráulica, motorizada eléctricamente, que contara con un control electrónico para su operación, diseñada para cumplir las especificaciones técnicas del producto fabricado y será entregada en un plazo máximo de 4 meses.

1.1 ESTADO DEL ARTE

En Noviembre del año 2013 METALMEC TECNICA, en su afán por consolidarse como la empresa líder del sector, inicia una fase de transformación con la que se busca la actualización y estandarización de los procesos y los productos con el fin de obtener la certificación de la planta de producción con la norma ISO 9001 versión 2008.

En el análisis de la información recolectada en esta primera fase, se identificó como crítico el proceso de curvado de accesorios, ya que en él se encuentran los mayores riesgos en cuanto a la seguridad industrial y un alto costo en los insumos y la mano de obra asociados al proceso, debido a los largos tiempos requeridos para completarlo.

En la segunda etapa de análisis de este proceso se identifica además que los productos que fabrica la empresa en los que se requiere la utilización de este proceso corresponden aproximadamente al 20% del total de los que son comercializados, por los que ha sido necesaria la adecuación de una segunda estación de doblado para cumplir con la demanda de este tipo de productos.

En el análisis de costos del producto se identifica que el proceso de curvado equivale a un 38% en promedio del costo total del producto terminado, muy por encima del proceso de mecanizado que es apenas del 23% en promedio. Esto se debe al consumo de los insumos inherentes al proceso como lo son el OXIGENO y el GAS PROPANO, que además de afectar el costo, también generan un alto riesgo de accidente, con su equivalente en la calificación de la ARL (Administradora de Riesgos Laborales).

Finalmente, del análisis realizado, se identifica en este proceso la alta probabilidad de no cumplir con los requisitos de estabilidad geométrica, dimensional y estética del accesorio curvado, debido a que es realizado en un proceso manual, en el que no se cuenta con los medios de control apropiados para su estandarización.

Con la identificación de este proceso como **crítico**, la dirección general de la empresa define priorizarlo, aprobando el desarrollo de un proyecto para comprar o fabricar una máquina que realice el curvado de los accesorios.

Inicialmente se determinan las especificaciones que debe cumplir la máquina y las características de la misma para poder ser aplicada en el proceso de curvado en la empresa, partiendo del tipo de producto y u aplicación.

PRODUCTOS CURVADOS EN METALMEC TECNICA

Se parte de los productos del portafolio fabricados por METALMEC TECNICA que requieren el proceso de curvado dentro de los cuales se encuentran las Hembras a 45° y 90° (Figura 1) y los Flanges a 45° y 90°. A continuación se hace una breve descripción de estos accesorios.

- **HEMBRAS** R2, R5, R12, R13 y R115 con sello JIC, NPS, ORS y BSP a 45° y 90°.

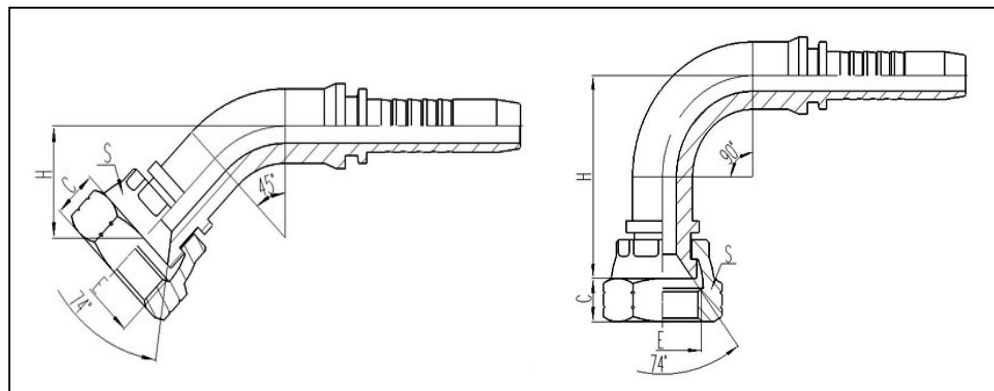


Figura 1. Adaptador hembra a 45° y 90°

Las hembras a 45° y a 90° son accesorios hidráulicos fabricados en acero al carbono (12L14) utilizados para acoplar diferentes componentes del sistema hidráulico con las mangueras que distribuyen el fluido de un lado a otro. Los espigos de las hembras usualmente van desde ¼" hasta 2" y las cabezas de acoplamiento, incluyendo las tuercas pueden ir desde ⅛" NPS hasta 2½" JIC, dependiendo de la aplicación. En la figura 2 se puede observar un ejemplo de la aplicación de este tipo de acople hidráulico.



Figura 2. Aplicación de un adaptador a 90°

Las Hembras se componen de 3 partes principales, las cuales se describen a continuación:

- **Espigo:** Es la parte del accesorio en el que se conecta la manguera hidráulica, cuya característica específica es la de contar con un estriado externo en forma de anillos y una pestaña al final del estriado, donde se alojará la caja de la capsula en el proceso de grafado de la manguera, como se observa en la figura 3.

A esta parte corresponde la denominación R2, R5, R12, R13 y R115, que corresponde al tipo de manguera que será utilizada con el accesorio, la cual depende de la presión del sistema en el que ésta será aplicada.

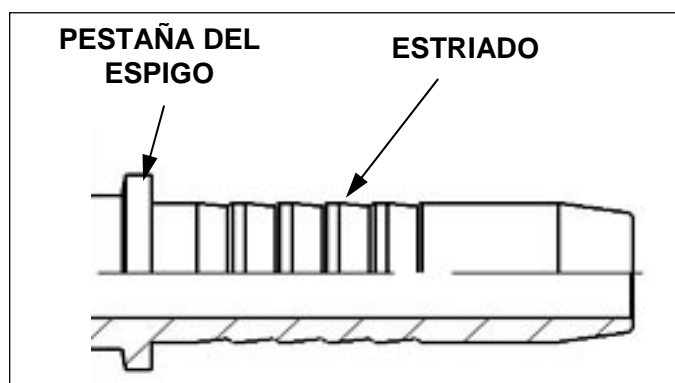


Figura 3. Espigo típico de un acople hidráulico

- **Cuerpo:** Es la parte del accesorio donde se genera la curvatura requerida. Consiste en un tubo liso externa e internamente que inicia en la pestaña del espigo y finaliza en la pestaña de la cabeza. Figura 4.

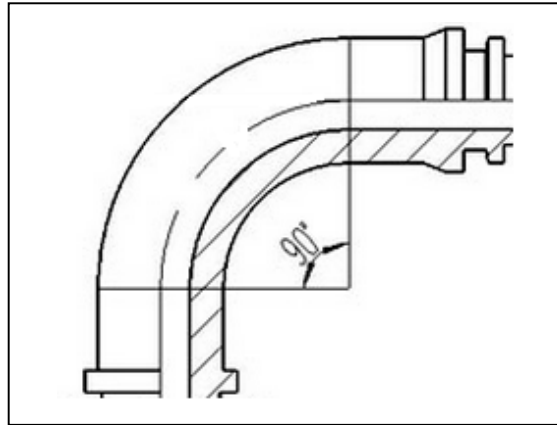


Figura 4. Cuerpo típico de un acople hidráulico a 90°

- **Cabeza:** Es la parte del accesorio donde se aloja la tuerca de acople y el cuello de sellado, cuya geometría dependerá del tipo de sello para el cual sea diseñada (JIC, NPS, ORS o BSP). Figura 5.

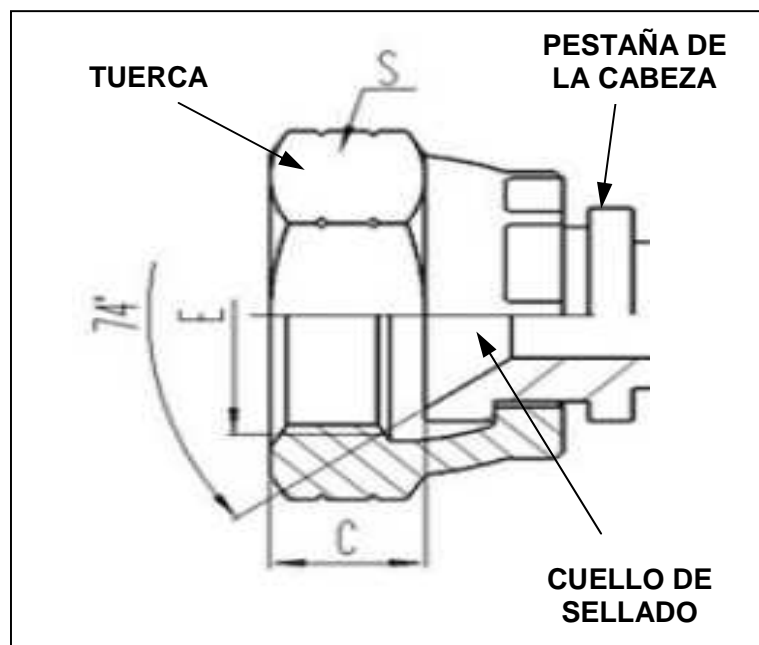


Figura 5. Cabeza típica de un acople hidráulico

➤ **FLANGES** R2, R12 Y R13 Código 61 y 62 a 45° y 90°.

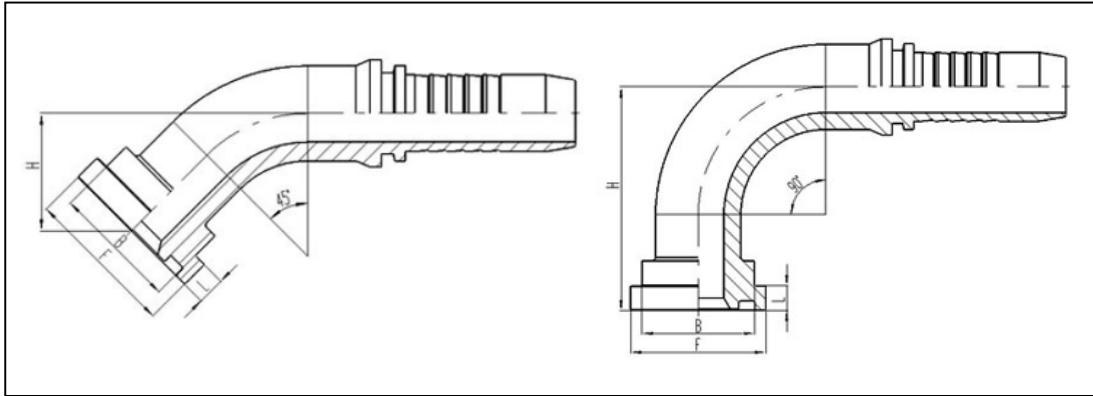


Figura 6. Flanges a 45° y 90°

Los Flanges a 45° y a 90° al igual que las hembras son accesorios hidráulicos fabricados en acero al carbono (12L14) utilizados para acoplar diferentes componentes del sistema hidráulico con las mangueras que distribuyen el fluido de un lado a otro. Los espigos de los Flanges generalmente se usan para mangueras que van desde 1/2" hasta 2" y las cabezas de acoplamiento, desde 1¹³/₁₆" hasta 3¹/₈". A diferencia de las hembras estos no llevan tuercas en la cabeza, sino que son acoplados a través de bridas y sellan gracias a un O RING que llevan alojado en la punta. En la figura 7 se puede observar un ejemplo de la aplicación de este tipo de acople hidráulico.

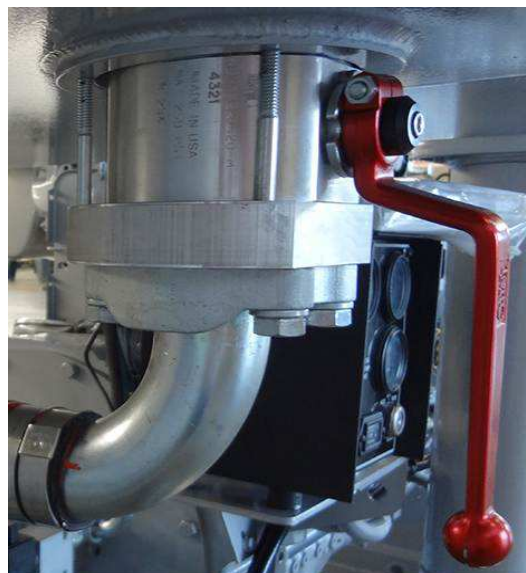


Figura 7. Flange instalado

PROCESO DE CURVADO EN METALMEC TECNICA

El proceso consiste básicamente en calentar el cuerpo del accesorio, con el equipo de soldadura OXIACETILENICA, hasta una temperatura que le permita al operario el doblado manual de la pieza utilizando una palanca, que además de aislar el calor de las manos del operario reduce la fuerza necesaria aplicada por éste para lograr la curvatura requerida.

La pieza es ubicada en una prensa mecánica asegurada a un banco de trabajo, el cual se encuentra fijo a la pared y al piso del cuarto donde se realiza el proceso. La pieza es sostenida del extremo del espigo y es sujeta por el otro extremo (La cabeza), introduciendo en ella una barra metálica, que además de ser utilizada como palanca, sirve para manipular la pieza, haciéndola rotar para que el calentamiento del cuerpo sea parejo. Esto se puede observar en la figura 8.



Figura 8. Montaje de la pieza a doblar

Una vez se ha logrado llevar el cuerpo del accesorio a la temperatura deseada (la cual se controla a través del color que adquiere la pieza a medida que se calienta), se procede a doblarlo muy lentamente, ejerciendo una fuerza constante, hasta alcanzar la curvatura requerida. Este proceso se puede apreciar en la figura 9.



Figura 9. Secuencia de doblado METALMEC TECNICA

Los accesorios con espigo hasta 1” pueden ser doblados por un solo operario, pero para accesorios con espigos de 1¼” en adelante deben ser doblados por 2, 3 y hasta 4 operarios en el caso de 2”.

REQUISITOS PARA LA DOBLADORA DE ACCESORIOS

Después de identificar el tipo y la gama de accesorios que serán curvados con la dobladora a desarrollar, se evalúan las especificaciones que debe tener la máquina y se encuentra una gran similitud con el proceso de doblado de tuberías metálicas que existen actualmente en el mercado, en el que se pueden encontrar desde máquinas totalmente manuales como la que se muestra en la figura 10 a), hasta máquinas hidráulicas totalmente automatizadas (CNC), como la que se muestra en la figura 10 b).

Como resultado del análisis del proceso y de las diferentes opciones, en cuanto al equipo se refiere, se identifica un tipo de máquina que se ajusta a los requisitos

del proceso de curvado para la empresa y posteriormente se inicia el proceso de búsqueda de la misma.



a)



b)

Figura10. Dobladora de tubos manual y de Control Numérico

En la etapa de búsqueda para la compra de una máquina que realice el proceso de doblado se identificaron además de las anteriores opciones (figura 10), las que se describen a continuación:

1. Dobladora hidráulica manual marca TRUPER referencia DTH 16	
	<p>Ventajas: Sistema hidráulico de potencia de 16 toneladas, capacidad para doblar tubos ASTM A53 Sch 40 y 80, juego de formadores de fácil fabricación, compacta, económica.</p>
	<p>Desventajas: Radios de curvatura a partir de 2 veces el diámetro, no posee apoyos internos para soportar los accesorios, no apta para doblado en caliente, no cuenta con sistema para control del ángulo de doblado, requiere fabricación de dados especiales, estructura y base de soporte. Para el uso requerido en METALMEC TECNICA solo es útil el cilindro hidráulico.</p>

2. Dobladora hidráulica eléctrica marca RIDGID referencia HB 383



Ventajas: Sistema hidráulico de potencia, fuerza de hasta 200 kN, capacidad para doblar tubos ASTM A53 Sch 40 y 80, juego de formadores de fácil fabricación, compacta, económica, sistema de ajuste de ángulo de doblado.

Desventajas: Radios de curvatura a partir de 2 veces el diámetro, no posee apoyos internos para soportar los accesorios, no apta para doblado en caliente, requiere fabricación de dados especiales, estructura y base de soporte. Para el uso requerido en METALMEC TECNICA solo es útil la unidad y el cilindro hidráulico.

3. Dobladora hidráulica eléctrica marca TRANSFLUID referencia RE 642



Ventajas: Sistema hidráulico de potencia con control de presión, fuerza de hasta 250 kN, capacidad para doblar tubos ASTM A53 Sch 40 y 80, sistema invertido de formadores de fácil fabricación, con base móvil, sistema de ajuste de ángulo de doblado. Control electrónico.

Desventajas: Radios de curvatura a partir de 2 veces el diámetro, no posee apoyos internos para soportar los accesorios, no apta para doblado en caliente, requiere fabricación de dados especiales. Para el uso requerido en METALMEC TECNICA solo es útil la unidad, el cilindro hidráulico y la base. Su costo es muy elevado ya que cuenta con abocardador y rebabadoras internas y externas para los tubos los cuales no serían utilizados.

4. Dobladora hidráulica eléctrica marca HUTH referencia HB 10

	<p>Ventajas: Sistema hidráulico de potencia con control de presión, fuerza de hasta 280 kN, capacidad para doblar tubos ASTM A53 Sch 40 y 80, formadores de fácil fabricación, accionamiento de doblado doble, sistema de ajuste de ángulo de doblado. Control electrónico. Máquina muy robusta, para trabajo pesado.</p> <p>Desventajas: Diámetros de doblado a partir de 1", radios de curvatura a partir de 2 veces el diámetro, no posee apoyos internos para soportar los accesorios, no apta para doblado en caliente, requiere fabricación de dados especiales. Para el uso requerido en METALMEC TECNICA solo es útil la unidad, el cilindro hidráulico y la base. Su costo es muy elevado ya que cuenta con aplicaciones adicionales las cuales no serían utilizadas.</p>
---	--

Debido a que ninguna de las anteriores opciones cumple con los requisitos necesarios para la aplicación específica de doblado de los accesorios hidráulicos en METALMEC TECNICA, a continuación se presentan los criterios que se consideran más relevantes y que fueron tenidos en cuenta para definir el diseño de la máquina dobladora que se propone fabricar, para curvar los accesorios en medidas de espigo que van desde ¼" hasta 2".

1.2 JUSTIFICACIÓN

La fabricación de la dobladora que plantea este proyecto de grado permitirá a METALMEC TECNICA producir accesorios Hembra y Flanges a 45° y 90° fabricados en acero al carbono (12L14) con un proceso más ágil y seguro, asegurando la calidad del producto y reduciendo los tiempos y los costos de producción considerablemente.

METALMEC TECNICA cuenta con un taller propio ubicado en su planta de producción en el que cuenta con algunos de los equipos necesarios para la fabricación de ciertos componentes de la máquina, así como con proveedores muy confiables de mecanizado CNC, soldadura, electricidad y electrónica. También tiene alianzas estratégicas con los principales proveedores de aceros y materiales de ingeniería que garantizan el suministro oportuno de los materiales requeridos para la fabricación de la máquina.

Finalmente fabrica e importa directamente los accesorios y las mangueras hidráulicas necesarios para el funcionamiento del sistema de la maquina dobladora que se pretende desarrollar.

La disponibilidad de los recursos tecnológicos, económicos, y de proveedores especializados, nacionales y extranjeros, para la compra de los elementos que se requieran, hace posible para la empresa la fabricación de esta dobladora, por lo que está asegurado el éxito del proyecto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una dobladora para el curvado de accesorios Hembra y Flanges a 45° y 90° con espigos desde ¼" hasta 2" para la empresa METALMEC TECNICA.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir el proceso de doblado de los accesorios y definir los parámetros de funcionamiento de la máquina.
- Dimensionar y calcular el mecanismo de doblaje de los accesorios.
- Dimensionar, calcular y seleccionar el sistema de potencia de la máquina dobladora de accesorios.
- Calcular la estructura de soporte y seleccionar la perfilería de la máquina dobladora de accesorios.
- Fabricar y ensamblar los sistemas y componentes de la máquina.
- Elaborar los manuales de operación y mantenimiento de la máquina.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 EL ACERO

3.1.1. Definición y Características

El acero es una aleación de hierro y carbono (máximo 2.11% de carbono), al cual se le adicionan variados elementos de aleación, los cuales le confieren propiedades mecánicas específicas para su diferente utilización en la industria.

Los principales elementos de aleación son: Cromo, Tungsteno, Manganeso, Níquel, Vanadio, Cobalto, Molibdeno, Cobre, Azufre y Fósforo. Los productos ferrosos con más de 2.11% de carbono denominan fundiciones de hierro.

Los aceros y sus aleaciones en general se pueden designar de acuerdo a las instrucciones dadas por AISI "American Iron and Steel Institute", ASTM "American Society for Testing and Materials" y SAE "Society of Automotive Engineers". La designación AISI/SAE consta de cuatro cifras. Las dos primeras indican el contenido en aleantes y las dos segundas en carbono. Las dos primeras para aceros al carbono son 1 y 0 mientras que en aceros aleados puede ser por ejemplo 13, 41 o 43. Las cifras tercera y cuarta indican el contenido en carbono multiplicado por cien. Por ejemplo, el acero código AISI/SAE 1010 es un acero al carbono (sin elementos aleantes adicionales) y un 0.1 % de C.

3.1.2 Clasificación de los aceros

- **Aceros bajos en carbono.** Constituye la mayor parte de todo el acero fabricado. Contienen menos del 0.25 % en peso de C, no responde al tratamiento térmico para dar martensita ni se pueden endurecer por acritud. La microestructura consiste en ferrita y perlita. Por tanto, son relativamente blandos y poco resistentes pero con extraordinaria ductilidad y tenacidad. Son de fácil mecanizado, soldables y baratos. Se utilizan para fabricar vigas, carrocerías de automóviles, y láminas para tuberías edificios y puentes. Otro grupo de aceros de bajo contenido en carbono son los de alta resistencia y baja aleación. Contienen concentraciones variables de Cu, V, Ni y Mo totalizando ≈ 10 % en peso. Poseen mucha más resistencia mecánica, que puede aumentar por tratamiento térmico y mantienen las propiedades de fácil mecanizado. Se emplean en componentes donde la resistencia mecánica es

crítica: puentes, torres, columnas de soportes de edificios altos, bastidores de camiones y vagones de tren.

- **Aceros medios en carbono.** Contienen entre el 0.25 y 0.60 % en peso de C. Estos aceros pueden ser tratados térmicamente mediante austenización, temple y revenido para mejorar las propiedades mecánicas. La microestructura generalmente es martensita revenida. Las adiciones de Cr, Ni y Mo facilitan el tratamiento térmico que en su ausencia es difícil y útil solo para secciones de pieza relativamente delgadas. Son más resistentes que los aceros bajos en carbono pero menos dúctiles y maleables. Se suelen utilizar para fabricar cinceles, martillos, cigüeñales, pernos, etc.
- **Aceros altos en carbono.** Generalmente contienen entre el 0.60 y 1.4 % en peso de C. Son más duros y resistentes (y menos dúctiles) que los otros aceros al carbono. Casi siempre se utilizan con tratamientos de templado y revenido que lo hacen muy resistentes al desgaste y capaces de adquirir la forma de herramienta de corte. Generalmente contienen Cr, V, W y Mo, los cuales dan carburos muy duros como Cr₂₃C₆, V₄C₃ y WC. Se utilizan como herramientas de corte, matrices para hechar materiales, herramientas de herrería y carpintería. Por ejemplo, cuchillos, navajas, hojas de sierra, brocas para cemento, corta tubos, troqueles, herramientas de torno, muelles e hilos e alta resistencia.

3.1.3 Propiedades del acero

Propiedades físicas del acero:

Aunque es difícil establecer las propiedades físicas y mecánicas del acero debido a que estas varían con los ajustes en su composición y los diversos tratamientos térmicos, químicos o mecánicos, con los que pueden conseguirse aceros con combinaciones de características adecuadas para infinidad de aplicaciones, se pueden citar algunas propiedades genéricas:

- Su densidad media es de **7850 kg/m³**. En función de la temperatura el acero se puede contraer, dilatar o fundir.
- El punto de fusión del acero depende del tipo de aleación y los porcentajes de elementos aleantes. El de su componente principal, el hierro es de alrededor de 1.510 °C en estado puro (sin alear), sin embargo el acero presenta frecuentemente temperaturas de fusión de alrededor de 1.375 °C, y en general la temperatura necesaria para la fusión aumenta a medida que se aumenta el porcentaje de carbono y de otros aleantes, (excepto las aleaciones auténticas que funden de golpe). Por otra parte el acero rápido funde a 1.650 °C. Su punto de ebullición es de alrededor de 3.000 °C.

Propiedades mecánicas del acero:

- **Tenacidad:** Es la capacidad que tiene un material de absorber energía sin producir fisuras (resistencia al impacto). El acero es un material muy tenaz, especialmente en alguna de las aleaciones usadas para fabricar herramientas.
- **Ductilidad:** Es relativamente dúctil. Con él se obtienen hilos delgados llamados alambres. Un aumento de la temperatura en un elemento de acero provoca un aumento en la longitud del mismo. Este aumento en la longitud puede valorarse por la expresión: $\delta L = \alpha \delta t^\circ L$, siendo α el coeficiente de dilatación, que para el acero vale aproximadamente $1,2 \cdot 10^{-5}$ (es decir $\alpha = 0,000012$).

El acero se dilata y se contrae según un coeficiente de dilatación similar al coeficiente de dilatación del hormigón, por lo que resulta muy útil su uso simultáneo en la construcción, formando un material compuesto que se denomina hormigón armado.

- **Maleabilidad:** Se pueden obtener láminas delgadas llamadas hojalata. La hojalata es una lámina de acero, de entre 0,5 y 0,12 mm de espesor, recubierta, generalmente de forma electrolítica, por estaño.
- **Resistencia al desgaste:** Es la resistencia que ofrece un material a dejarse erosionar cuando está en contacto de fricción con otro material.
- **Maquinabilidad:** Es la facilidad que posee un material que permitir el proceso de mecanizado. Permite una buena mecanización en máquinas herramientas antes de recibir un tratamiento térmico.
- **Dureza:** La densidad promedio del acero es 7850 kg/m³. Es la resistencia que ofrece un acero para dejarse penetrar. La dureza de los aceros varía entre la del hierro y la que se puede lograr mediante su aleación u otros procedimientos térmicos o químicos entre los cuales quizá el más conocido sea el templado del acero, aplicable a aceros con alto contenido en carbono, que permite, cuando es superficial, conservar un núcleo tenaz en la pieza que evite fracturas frágiles. Aceros típicos con un alto grado de dureza superficial son los que se emplean en las herramientas de mecanizado, denominados aceros rápidos que contienen cantidades significativas de cromo, wolframio, molibdeno y vanadio. Los ensayos tecnológicos para medir la dureza son Brinell, Vickers y Rockwell, entre otros.
- **Conductividad eléctrica:** Posee una alta conductividad eléctrica en las líneas aéreas de alta tensión se utilizan con frecuencia conductores de aluminio con alma de acero proporcionando éste último la resistencia

mecánica necesaria para incrementar los vanos entre las torres y optimizar el coste de la instalación.

3.2 INTRODUCCIÓN AL CONFORMADO DE METALES

3.2.1 Relaciones esfuerzo - deformación

Existen tres tipos de esfuerzo estáticos a los que se sujetan los materiales: tensión, compresión y cortante. Los esfuerzos de tensión tienden a estirar al material, las de compresión a compactarlo, y las cortantes comprenden tensiones que tienden a ocasionar que porciones adyacentes del material se deslicen una respecto a la otra. La curva esfuerzo - deformación es la relación básica que describe las propiedades mecánicas para los tres tipos.

Esfuerzo - deformación de ingeniería

El esfuerzo deformación de ingeniería en una prueba de tensión que se define en relación con el área y longitud originales del espécimen de prueba. Dichos valores son de interés en el diseño debido a que el diseñador espera que las tensiones-deformaciones experimentadas por cualquier componente del producto no cambiaran su forma de manera significativa. Los componentes están diseñados para soportar los esfuerzos que se prevé encontrarán durante su uso. En la figura 13 se ilustra una curva común del esfuerzo-deformación de ingeniería de una prueba de tensión de un espécimen metálico. El esfuerzo de ingeniería en cualquier punto de la curva se define como la fuerza dividida entre el área original:

$$\sigma_e = \frac{F}{A_o}$$

Donde σ_e = esfuerzo de ingeniería, MPa (lb/in²), F = fuerza aplicada durante la prueba, N (lb), y A_o = área original del espécimen de prueba, mm² (in²). La deformación de ingeniería en cualquier punto de la prueba está dada por:

$$e = \frac{L - L_o}{L_o}$$

Donde e = deformación de ingeniería, mm/mm (in/in); L = longitud en cualquier punto durante el estiramiento, mm (in); y L_o = longitud de medición original, mm

(in). Las unidades de la deformación de ingeniería se dan como mm/mm (in/in), pero puede concebirse que representan estiramiento por unidad de longitud, sin unidades. La relación esfuerzo-deformación de la figura 13 tiene dos regiones que indican dos modos distintos de comportamiento: 1) elástico y 2) plástico. En la región elástica, la relación entre el esfuerzo y la deformación es lineal, y el material muestra un comportamiento elástico porque regresa a su longitud original si la carga (esfuerzo) se interrumpe. La relación está definida por **la ley de Hooke**:

$$\sigma_e = Ee$$

Donde **E = módulo de elasticidad**, MPA (lb/in²). *E* es una medida de la rigidez inherente del material. Es una constante de proporcionalidad cuyo valor es diferente para materiales distintos.

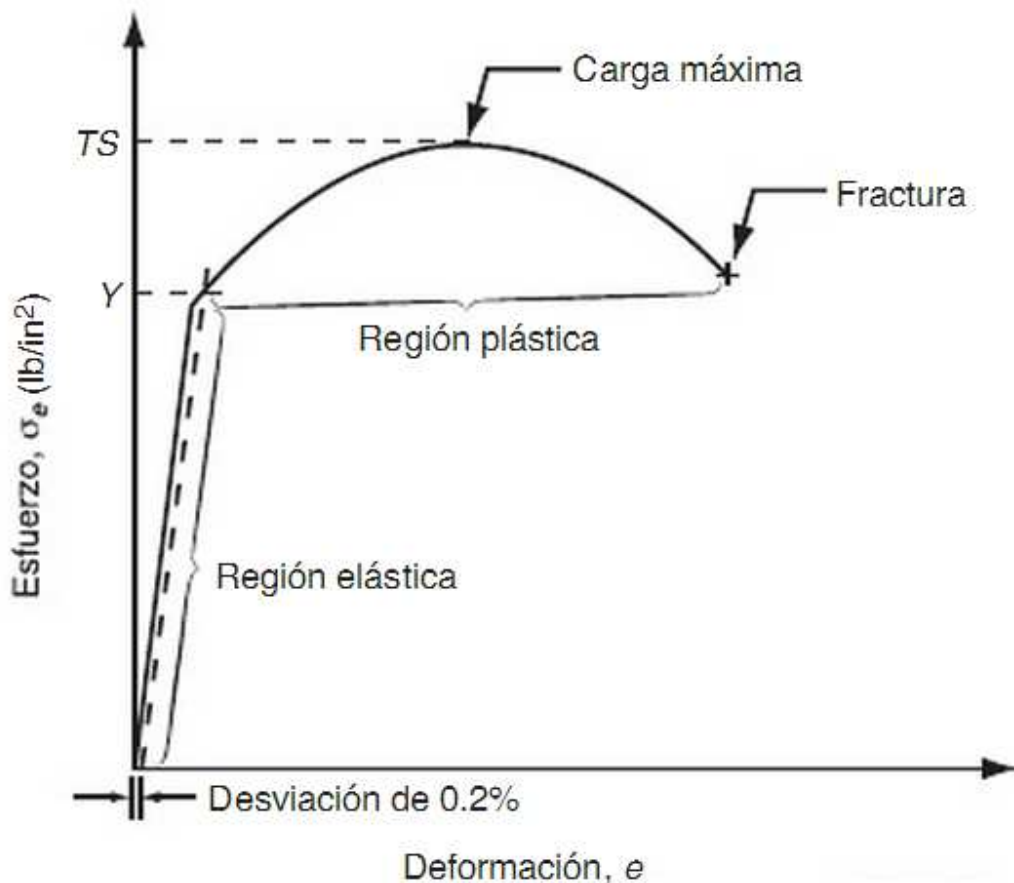


Figura 11. Grafica típica esfuerzo – deformación de ingeniería

3.2.2 Efecto de la temperatura sobre las propiedades del acero

La temperatura tiene un efecto significativo sobre casi todas las propiedades de un material. Para el diseñador es importante conocer las propiedades del material a las temperaturas de operación del producto cuando está en uso. También es importante saber cómo afecta la temperatura las propiedades mecánicas en la manufactura. A temperaturas elevadas, los materiales resisten menos y aumenta su ductilidad. En la figura 23 se presentan las relaciones generales de los metales. Así, la mayoría de los metales puede trabajarse con más facilidad a temperaturas elevadas que cuando están fríos.

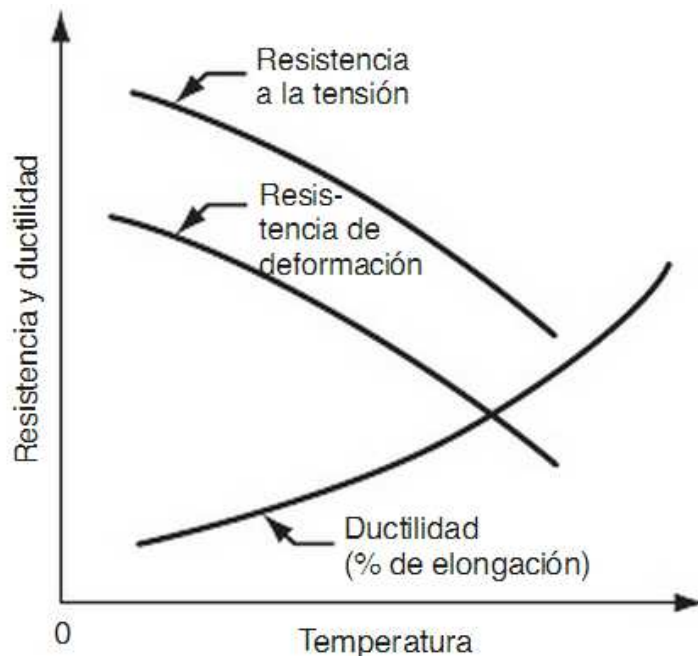


Figura 12. Curvas esfuerzo – deformación de los metales en función de la temperatura a la que se ejerce la fuerza

3.2.3. DOBLADO DE TUBOS

Los tubos se doblan por muchas razones. Un motivo frecuente es la necesidad de transportar líquidos, otra razón es permitir la expansión o contracción de sistemas de tubería. Las espirales para transferencia de calor y los componentes tubulares para calderas requieren doblado. Las piezas tubulares se usan con frecuencia como componentes estructurales en vehículos y máquinas, muebles, rieles, manijas, etc. Los métodos comunes de doblado son los siguientes:

Doblado por compresión

La pieza de trabajo se sujeta y dobla alrededor de un dado estacionario con la ayuda de un bloque o un rodillo seguidor. Hay algo más de fuerza de compresión que elongación sobre la pieza de trabajo (aun cuando haya elongación sobre la parte exterior del doblado), y el nombre del método se deriva de este hecho. La figura 32 muestra un diagrama del proceso.

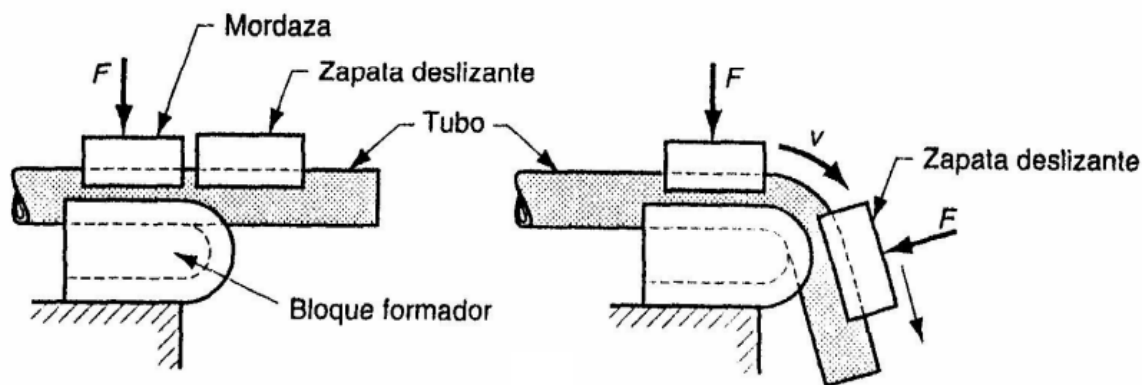


Figura 13. Esquema de doblado de tubos por compresión

El doblado por compresión es un método común, que con frecuencia se realiza a mano, sobre tubos u otros perfiles de mayores espesores de pared y radios de doblado más grandes. Los tubos de pared delgada usualmente no se doblan por este método.

El radio mínimo a la línea de centro para dobleces por compresión es 4 veces el diámetro del tubo. Con tubos de paredes más delgadas y buen soporte puede hacerse dobleces con radios de sólo $2\frac{1}{2}$ veces el diámetro. Los ángulos de doblado llegan a ser hasta de 170° por doblado. Debido a que hay muy poco alargamiento en la cara exterior, los tubos cromados o pintados pueden doblarse con éste método.

Doblado por arrastre

En este método, la pieza de trabajo se sujeta contra un dado que tiene la forma del doblado, como en el doblado por compresión; pero ahora el dado gira jalando la pieza de trabajo por una matriz de presión y, en muchos casos, sobre un mandril, como se muestra en la figura 33. Este método es adecuado para tubos de pared delgada, en especial cuando se doblan en radios pequeños, permite más control sobre la pieza de trabajo que cualquier otro método de doblado.

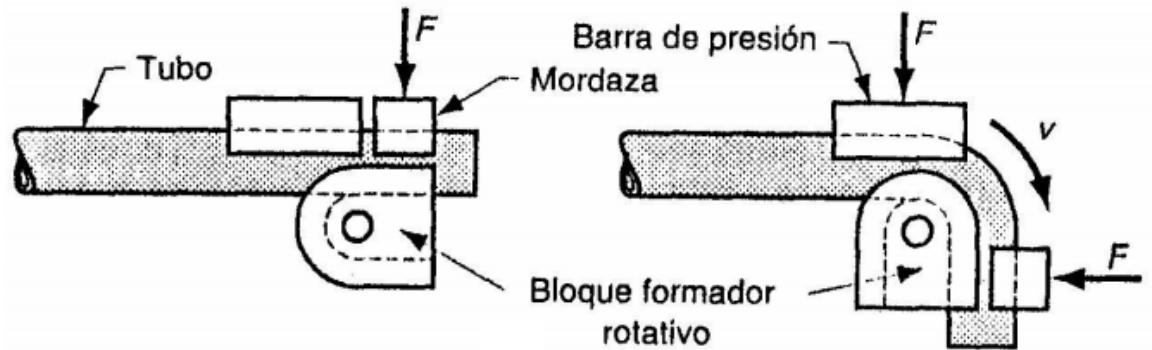


Figura 14. Esquema de doblado de tubos por arrastre

Los dobleces por arrastre se hacen cuando las necesidades dimensionales son estrictas (por ejemplo, en la industria aeronáutica) o cuando se requieren dobleces muy cerrados de tubos de pared delgada.

Diámetro exterior en mm	Espeso de pared mm	Radio mínimo a la línea del centro aproximado (múltiplos del diámetro exterior del tubo)			
		Sin mandril	Mandril redondeado	Mandril plano	Zapata y mandril redondeado
13-24	0.9	6½	2½	3	1½
	1.25	5½	2	2½	1¾
	1.65	4	1½	1.5	1
25-39	0.9	9	3	4½	2
	1.25	7½	2.5	3	1¾
	1.65	6	2	2½	1½
40-54	1.25	8½	3½	4½	2¼
	1.65	7	3	3½	1¾
	2.10	6	2½	3	1½
55-79	1.65	9	3½	4	2½
	2.10	8	3	3½	2¼
	2.80	7	2½	3	2
80-100	2.10	9	3½	4½	3
	2.80	8½	3	4	2½

Aunque se pueden lograr radios de doblado iguales al diámetro del tubo, éstos requieren un cuidado extraordinario, un mandril interno de perfecto ajuste así como zapatas y matrices exteriores. El doblado por arrastre es más común que el doblado por compresión cuando se emplea equipo motriz y con él pueden hacerse dobleces de hasta 180°. En la TABLA 1 se presentan valores para radios de dobles en función del diámetro del tubo.

Doblado por prensado con cabezal

Con este método, la pieza de trabajo se coloca entre dos soportes y se presiona contra un dado redondo (cabeza o punzón) como se muestra en la figura 34. Los dos soportes giran sobre un pivote conforme el cabeza se mueve hacia adelante manteniendo el soporte de la pieza de trabajo.

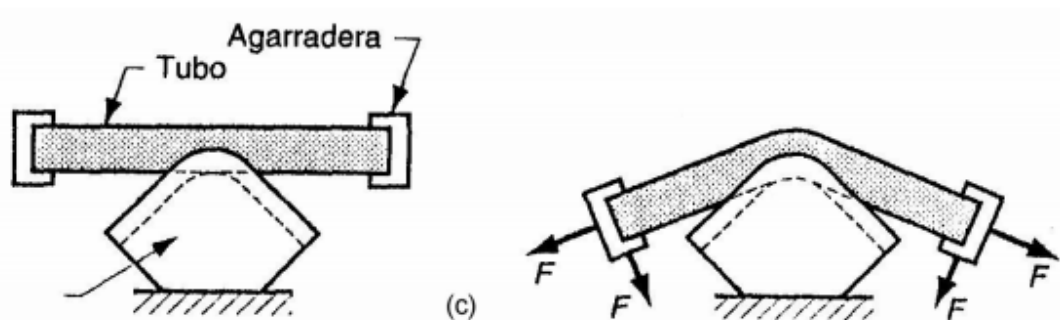


Figura 15. Esquema para doblado con cabezal

Este método, aunque brinda poco control sobre el flujo del metal, es muy rápido. Se emplea en aplicaciones donde se utilizan tubos gruesos o perfiles laminados o extruidos, siempre que se permita alguna distorsión en la sección de la pieza de trabajo y que sea importante tener una rápida producción.

Con las máquinas disponibles en la actualidad, el doblado por prensado con cabeza se aplica a tuberías de 10 a 350 mm de diámetro. Este método funciona para dobleces de hasta 165° además, se pueden doblar perfiles extremadamente gruesos.

El radio mínimo de doblado a la línea de centro por este método es 3 veces el diámetro a menos que sean tolerables deformaciones o aplastamientos en la sección doblada (así como en algunas aplicaciones estructurales). Se prefieren los radios de 4 a 6 diámetros.

3.3 CALEFACTORES ELÉCTRICOS (RESISTENCIAS)

Concepto de Resistencia Eléctrica

La resistencia eléctrica de un objeto es una medida de su oposición al paso de la corriente.

Descubierta por Georg Ohm en 1827, la resistencia eléctrica tiene un parecido conceptual a la fricción en la física mecánica. La unidad de la resistencia en el Sistema Internacional de Unidades es el ohmio (Ω).

Para una gran cantidad de materiales y condiciones, la resistencia eléctrica depende de la corriente eléctrica que pasa a través de un objeto y de la tensión en los terminales de este. Esto significa que, dada una temperatura y un material, la resistencia es un valor que se mantendrá constante. Además, de acuerdo con la ley de Ohm la resistencia de un material puede definirse como la razón de la tensión y la corriente, así:

$$R = \frac{V}{I}$$

Resistencia en espiral

El uso de esta geometría en la fabricación de la resistencia aumenta considerablemente la temperatura que se puede alcanzar dentro de la espiral llegando hasta los 1000 °C. En el mercado colombiano son frecuentemente fabricadas en INCOLOY en una gama muy variada de geometrías y con las dimensiones específicas de cada requerimiento.



Figura 37. Resistencia en espiral

4. METODOLOGÍA

El proyecto tuvo su origen en la necesidad específica de la empresa METALMEC TECNICA de contar con un equipo para el curvado de sus accesorios en un rango de medidas de espigo entre $\frac{1}{4}$ " y 2" (Hembras y Flanges) con ángulos de 45° y 90°.

El estudiante que propone este proyecto tiene la oportunidad de hacer parte del grupo de trabajo de la empresa como encargado del área de producción, donde una de sus responsabilidades es la mejora continua de los productos y los procesos, en busca de su estandarización. Conoce el producto, sus aplicaciones y los procesos de fabricación lo que le facilitará llevar a feliz término este proyecto en el plazo estimado para hacerlo.

La mayor parte de la información requerida para el desarrollo del proyecto, se encuentra disponible en la empresa. La experiencia que se ha adquirido con el actual proceso de fabricación de los accesorios es la herramienta más importante para la definición de los parámetros de operación de la DOBLADORA que se propone fabricar.

Se deben establecer los productos que serán fabricados con la DOBLADORA y sus respectivas especificaciones. Esta información se refiere principalmente a las características dimensionales y geométricas que deben cumplir los accesorios. Una vez se cuente con las especificaciones de los productos y las características del material en el que son fabricados, serán realizados los cálculos necesarios para el diseño y la fabricación de cada uno de los componentes de la dobladora.

A medida que se requiera hacer los cálculos y el diseño de la dobladora, sus sistemas y componentes, se deben realizar las consultas específicas en los textos de Resistencia de Materiales, Diseño mecánico, Mecanismos, Dibujo, Termodinámica, Electrónica Industrial, los catálogos y fichas técnicas de los fabricantes de los componentes, entre otros. Además se consultará la información disponible en Internet.

El diseño de cada uno de los componentes de la dobladora será realizado por fases, iniciando con el mecanismo de doblado y el sistema de apoyo de las piezas, ya que se debe tener en cuenta que para reducir la fuerza necesaria para realizar el doblez y asegurar la estabilidad geométrica y dimensional de las piezas, éstas deben ser sometidas a un calentamiento previo en el que pueden alcanzar muy altas temperaturas.

Posteriormente se diseñará el sistema de calefacción de las piezas, teniendo en cuenta las diferentes medidas de los accesorios.

Una vez se haya calculado la fuerza máxima requerida para el doblado de los accesorios, será definido el sistema de potencia de la máquina, el cual debe ser diseñado para que se acomode eficientemente a la estructura de la dobladora y para que su operación requiera el menor consumo de energía posible.

Es necesario que a la par de la ejecución de estas actividades se vaya determinando los métodos de control y seguridad en la operación de la dobladora con el fin de prever posibles riesgos durante su manipulación.

Una vez definidos los sistemas y componentes de la dobladora se debe diseñar la estructura de soporte de los mismos, la cual debe ser compacta y ergonómica.

Todo este proceso de cálculo y diseño de la máquina y sus componentes será realizado utilizando el software CAD 3D INVENTOR, en el que se realizarán los modelos, los planos, los ensambles y las simulaciones de funcionamiento de la dobladora.

Una vez revisado el diseño, aprobada la simulación y obtenidos los planos de los componentes, se realizará la fabricación y compra de todas las partes y componentes que se requieran. Se llevará un seguimiento estricto al cumplimiento de los compromisos adquiridos por los involucrados en el proceso de fabricación y compra, haciendo especial énfasis en la calidad de los resultados.

En el ensamble de la DOBLADORA se prestará el apoyo técnico necesario al personal encomendado para llevar a cabo esta labor, con el fin de asegurar que sea realizado de acuerdo con los parámetros establecidos en el diseño.

Una vez ensamblada y conectada la DOBLADORA, se realizarán las pruebas de funcionamiento, con el fin de definir los ajustes finales que se consideren necesarios para hacer de la DOBLADORA una herramienta de trabajo productiva, confiable y segura.

Con la información recopilada en el diseño, la fabricación, el ensamble y las pruebas de operación de la DOBLADORA, se realizará la construcción del documento de proyecto de grado. Incluyendo las memorias de cálculo, el instructivo de operación del equipo y su manual de mantenimiento.

5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	2014																								
	AÑO	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
	MES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Determinación del problema y formulación de hipótesis																									
Elaboración del anteproyecto de grado																									
Definición de los productos a doblar																									
Establecer las especificaciones de los productos a doblar																									
Establecer el mecanismo de doblado																									
Diseñar los componentes y la estructura del sistema de doblado																									
Establecer el sistema de apoyo de las piezas																									
Diseñar los componentes y la estructura del sistema de apoyo																									
Calcular la capacidad del sistema de potencia de la dobladora																									
Establecer el sistema de potencia																									
Definir y diseñar el montaje del sistema de potencia a la máquina																									
Calcular la estructura de la dobladora																									
Diseñar la estructura de la máquina																									
Determinar los sistemas de control y seguridad de la dobladora																									
Elaborar los modelos y planos detallados de los componentes																									
Realizar los ensambles de los modelos en 3D.																									
Verificar el ajuste y la funcionalidad de la dobladora en el software CAD																									
Elaboración del manual de ensamble de la máquina																									
Compra de materiales para la fabricación de las partes																									
Compra de componentes estandar																									
Fabricación de partes																									
Ensamble de subsistemas de la máquina																									
Ensamble de la dobladora																									
Pruebas de funcionamiento																									
Elaboración del manual de operación de la dobladora																									
Elaboración del manual de mantenimiento de la dobladora																									
Elaboración del documento de grado																									
Entrega del equipo a la empresa																									
Entrega del documento de grado																									

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, METALMEC TECNICA cuenta con los recursos económicos y técnicos necesarios para llevarlo a cabo, dichos recursos comprenden desde la información técnica, el taller, las máquinas, las herramientas, hasta los proveedores, entre otros.

El estudiante aportará el conocimiento adquirido durante su formación académica, así como la destreza y las habilidades que desarrolló con su experiencia laboral.

Con la aprobación de la empresa para que el estudiante desarrolle este proyecto y lo presente ante la universidad, lo hace responsable de su ejecución, incluyéndolo dentro de las funciones propias de su cargo, para realizarlo dentro y fuera de su horario laboral.

Además se garantiza la financiación total de los gastos generados por el proyecto, ya que es de importancia estratégica para la empresa, su ejecución en el menor tiempo posible.

7. BIBLIOGRAFÍA

ASHBY, Michael y JONES, David. Materiales para ingeniería 1: Introducción a las propiedades, las aplicaciones y el diseño. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 2008. 425 p. ISBN 978-84-291-7255-3

SMITH, William. Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales. Tercera edición. Madrid: Mc Graw-Hill interamericana de España, 1998. 715 p. ISBN 81-181-1429-9.

GROOVER, Mikell. Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas. Primera edición. Naucalpan de Juárez: Prentice Hall Hispanoamérica, 1996. 1063 p. ISBN 968-880-846-6

RODRIGUEZ MONTES, Julian; CASTRO MARTINEZ, Lucas y DEL REAL ROMERO, Juan Carlos. Procesos industriales para materiales metálicos. Segunda edición. Madrid: Editorial Visión Net, 2006. 284 p. ISBN 84-9821-318-5

ACEROS INDUSTRIALES. Ficha técnica Acero para maquinaria: Alta Maquinabilidad AISI / SAE 12L14. Consultado 03 Marzo 2014. Disponible en <http://www.acerosindustriales.com/sitio/images/stories/pdfs/Fichas/ACERO_DE_ALTA_MAQUINABILIDAD_SAE_12L14.pdf>

LA RESISTENCIA ELÉCTRICA. Artículo en línea. Consultado 02 Marzo 2014. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_el%C3%A9ctrica>

Ficha técnica de dobladora para tubo marca TRUPER. Consultado 02 Julio 2014. <http://www.truper.com/pdf/manuales/12884.pdf>

Catálogo de dobladoras para tubo marca RIDGID. Consultado 02 Julio 2014. Disponible en <https://www.ridgid.com/co/es/aleta-basculante-dobladoras>

Catálogo de dobladoras para tubo marca TRANSFLUID. Consultado 02 Julio 2014. <http://www.tube-processing-machines.com/mobile-bending-machines.php>
Catálogo de dobladoras marca HUTH. Consultado 02 Julio 2014. <http://www.huthbenders.com/huth-products/horizontal-benders/hb-10>