

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA DE LÁMINAS HASTA 1200 MM DE ANCHO Y 3 MM DE ESPESOR, PERFILES TIPO T Y VARILLAS DE ACERO PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA”

Francisco Xavier Córdova Alarcón.
Jonathan Ernesto Benavides Beltrán.

RESUMEN

El presente es un proyecto que permite reforzar las herramientas de aprendizaje de los alumnos del DECEM. El proyecto consiste en el diseño y la construcción de una máquina baroladora de láminas de acero de hasta 3 mm de espesor y 1200mm de ancho, varillas redondas lisas de hasta 10 mm de diámetro y perfiles tipo T de 20 x 20 x 3 mm. Por medio de un análisis de alternativas, se logró definir que el tipo de baroladora más apropiado es la tipo asimétrica o también conocida como Pinch.

La baroladora tipo Pinch es una máquina con tres rodillos (inferior, superior y barolador), donde el material a barolar inicialmente es plano y al pasar entre sus rodillos adquiere la curvatura dependiendo de la posición del rodillo barolador. Los rodillos motrices son el inferior y superior, mientras que el barolador es loco. Este tipo de baroladora tiene algunas ventajas que se destacan sobre los otros modelos: fácil operación, bajo costo, disponibilidad de materiales en el mercado, no requiere de muchos pases de barolado, predoblado de la plancha y alto volumen de producción.

Para realizar el diseño de la máquina baroladora se partió de las propiedades del material a barolar y las fuerzas que actúan en el proceso. También se consideró ciertos requerimientos especiales como la necesidad de una salida lateral del material barolado, para esto se diseñó y construyó un mecanismo capaz de facilitar esta operación.

Una vez diseñada y construida la máquina baroladora, se realizaron pruebas de calibración y funcionamiento, así como una guía práctica de laboratorio para los alumnos de la asignatura de Procesos de Manufactura. Los alumnos deberán conocer el proceso y entender como se produce la deformación plástica de los materiales. Esto tiene como objetivo principal el demostrar prácticamente lo aprendido en la teoría y facilitar el entendimiento.

ABSTRACT

The present project allows DECEM students to reinforce their learning. The project consists in designing and manufacturing a three roll bending machine for steel sheet (3 mm thick and 1200 mm wide), 10 mm diameter round ribs and T type structural profiles (20 x 20 x 3 mm). Through an analysis of alternatives it was defined that the most appropriate type of roll bending machine is the asymmetric, also called Pinch.

The Pinch roll bending machine has 3 rollers (lower, upper and bender) where the material blank is initially plane. When it passes between rollers, acquires its curvature depending on the bender roller position. The drive rollers are the top and bottom, while the bender roller is driven. This kind of roll bending machine has some advantages over other models: easy operation, low cost, availability of materials on the market, does not require many operations, plate pre bending and high volume production.

To design the roll bending machine it was necessary to start from work material properties and the forces acting on the process. Certain special requirements were also considered, such as the necessity of designing and manufacturing a lateral material exit mechanism.

Once designed and built the three roll bending machine, calibration and operation tests were performed, as well as a laboratory guide for students of the subject "Manufacturing Processes". Students will understand how the process works and the plastic deformation of materials is produced. The main objective is to demonstrate practically the concepts learned in theory and facilitate students understanding.

1. GENERALIDADES

El procesar formas curvas a láminas y perfiles metálicos siempre ha sido un problema en un gran número de talleres, ya que se carece de un equipo de trabajo que sea lo suficientemente eficaz y rápido. En la antigüedad no existió una necesidad imperiosa de disponer de máquinas; en un inicio el trabajo podía ser realizado por medio de forja en caliente o en frío, posteriormente, se presenta la necesidad de fabricar máquinas que extendieran las capacidades mecánicas conocidas hasta esos días, como ocurrió con las armaduras y blindajes curvos.

Debido a la necesidad de una máquina capaz de barolar perfiles con un terminado perfecto, se han ido creando diversos mecanismos para desarrollar este trabajo el cual ha ido mejorando con el paso del tiempo. Hoy en día se manejan baroladoras con motores para transmitir el giro a los rodillos controladas manualmente y otras con control automatizado por medio de PLC's, pantallas "touch screen", "panels view" y diferentes componentes de automatización los cuales proporcionan un acabado más limpio, preciso, con mayor velocidad en el proceso y eficiencia.

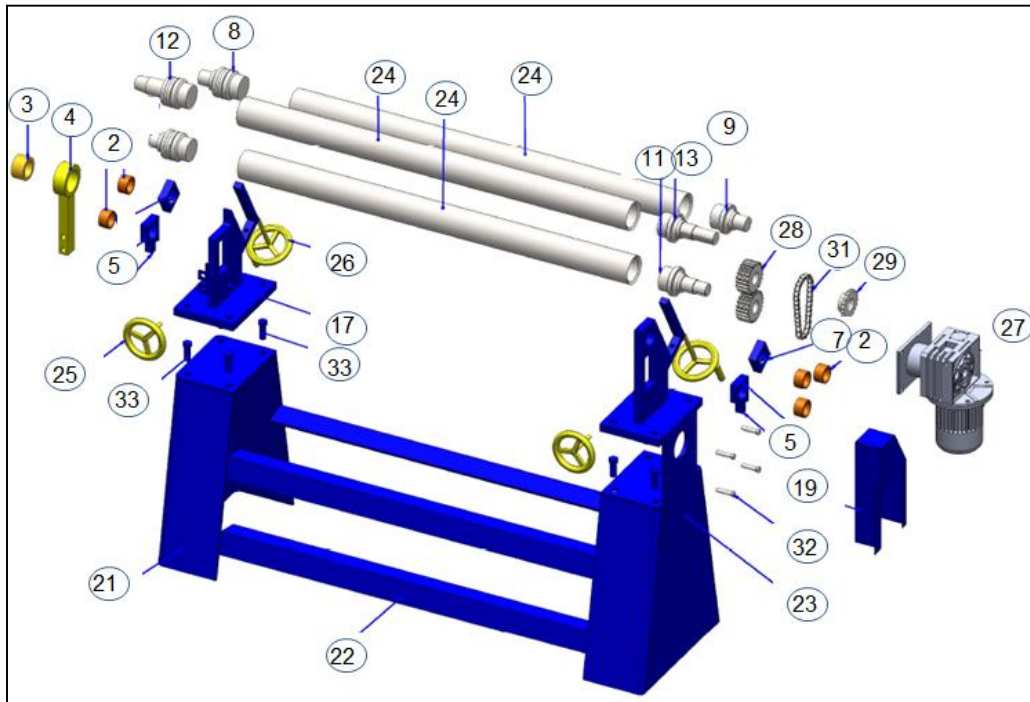
La construcción de la máquina baroladora involucra áreas de conocimiento como Diseño de Elementos de Máquinas, Mecánica de Materiales, Dibujo Mecánico, entre otras.

2. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una máquina baroladora de láminas hasta 1200 mm de ancho y 3 mm de espesor, perfiles tipo "T" y varillas redondas de acero para el Laboratorio de Procesos de Manufactura del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.

3. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

La máquina baroladora de láminas tipo pinch, es un conjunto de tres rodillos (superior, inferior y barolador) los cuales permiten que láminas, perfiles tipo T y varillas redondas lisas, pasen a través de estos y tomen formas cilíndricas. Los rodillos superior e inferior son los rodillos impulsores, que permiten que el material avance. Una vez que el material empieza a avanzar entrará en contacto con el rodillo barolador el cual es el encargado de entregar la curvatura del material.



4. SISTEMA DE OPERACIÓN

- Posicionar el rodillo barolador en la posición 0 utilizando los volantes.
- Deslizar el sistema de cuñas para abrir el espacio entre el rodillo inferior y superior suficiente para que el material pueda ingresar.
- Ingresar un extremo del material a barolar solamente hasta el punto donde hacen contacto los rodillos superior e inferior.
- Apretar el tornillo de regulación vertical lo suficiente para que el material quede ajustado.
- Realizar el predoblado de los extremos del material, para esto se debe considerar el diámetro final que se quiere formar. Utilizar como referencia la tabla a continuación que indica el diámetro aproximado que se va a obtener en función del desplazamiento y del espesor del material.

Desplazamiento	Diámetro (Lámina 3mm)	Diámetro (Lámina 2mm)	Diámetro (Lámina 1mm)
40	796	858	746
45	642	661	619
50	511	524	507
55	403	424	412
60	317	350	333
65	255	293	269
70	214	249	222
75	197	214	192
80	203	185	177

- Una vez predoblados ambos extremos se debe desajustar el rodillo inferior, retirar el material predoblado, insertarlo por el lado opuesto al rodillo barolador, ajustar el rodillo inferior y posicionar el rodillo barolador con el desplazamiento adecuado.
- Verificar que el rodillo barolador se encuentre correctamente posicionado y nivelado.
- Poner en marcha el equipo sin descuidarse. Tener siempre a la mano el control de accionamiento para que en caso de algún ruido extraño detener inmediatamente la máquina.
- Detener la máquina cuando el material haya pasado de extremo a extremo.
- Verificar la curvatura con un flexómetro o una plantilla de la curvatura.
- Para retirar el material barolado, baje el rodillo barolador hasta la posición 0, desajuste el rodillo inferior, retire el pasador del brazo del bocín cónico y baje el brazo para permitir la salida del material por ese extremo.
- Coloque el brazo y el pasador en su sitio.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se desarrollo un modelo matemático que describe el proceso de barolado.

$$R = \frac{d^2 - d(1 + 45\sqrt{3}) + 145^2}{d\sqrt{3}} - 79$$

Donde:

D = desplazamiento del rodillo barolador en mm.

R = radio obtenido en el barolado

Esta ecuación junto con la restitución elástica, describen el proceso en la realidad.

$$\frac{R_i}{R_f} = 4 \left(\frac{R_i Y}{ET} \right)^3 - 3 \left(\frac{R_i Y}{ET} \right) + 1$$

Donde:

R_i = Radio inicial

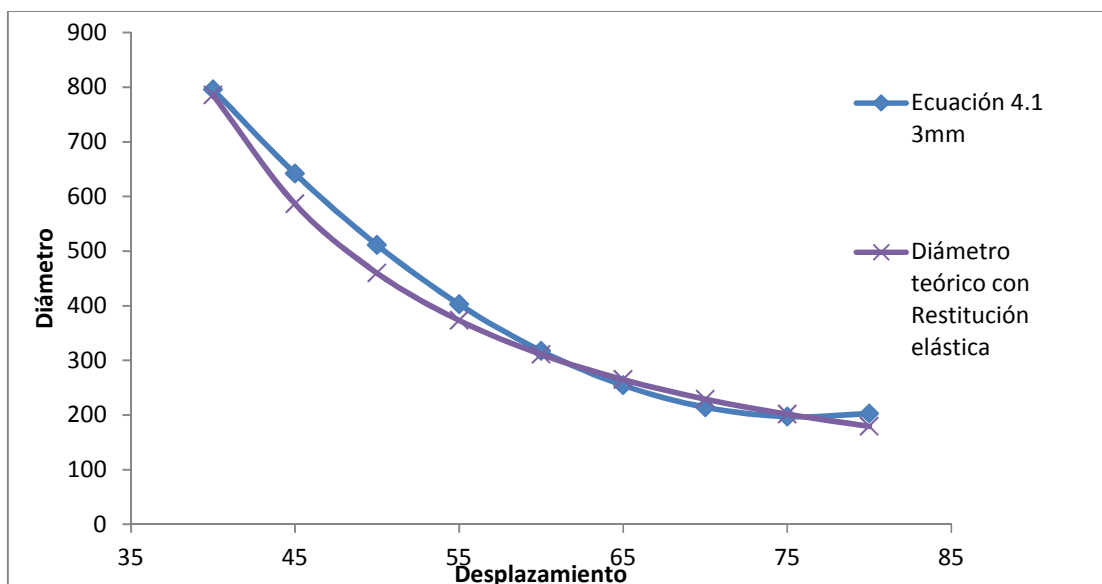
R_f = Radio final

Y = Límite de fluencia del material

E = Módulo de elasticidad

T = Espesor de la lámina

Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica:





Para el barolado de láminas de acero A 36 de 3 mm de espesor se obtuvo un error de 5,29 % entre los valores obtenidos en prueba y los valores obtenidos con el modelo teórico.

6. CONCLUSIONES

- Se logró diseñar y construir una máquina baroladora de láminas hasta 1200 mm de ancho y 3 mm de espesor, perfiles tipo "T" y varillas de acero, mediante el uso de los conocimientos adquiridos durante la carrera y la consulta de fuentes bibliográficas.
- En el análisis económico y financiero de la máquina baroladora se llega a concluir que es totalmente justificada la inversión inicial, debido a que a partir del segundo año de operación ya se tendrá pagada la máquina y esta empezará a generar ganancias. Adicionalmente la construcción resulta un 23% más económica que la adquisición de una máquina de fábrica en el mercado local, puesto que al ser un proyecto de grado no se deben pagar los costos de ingeniería, diseño, importación y venta.
- Mediante el modelo geométrico se llegó a desarrollar una ecuación que predice la curvatura para láminas de 3 mm de espesor en función del desplazamiento del rodillo barolador, en un solo pase de barolado. Junto con este modelo se puede

calcular la restitución elástica del material, y de esta forma se obtiene una aproximación con un error de 5,29% a los resultados en pruebas. Este modelo debería ser utilizado para realizar una futura automatización de este tipo de máquinas.

- Se generó tecnología nacional para la construcción en serie de máquinas baroladoras.

7. RECOMENDACIONES

- El uso del barolado es muy común en la industria ecuatoriana, principalmente en la petrolera, por lo cual se debe seguir investigando sobre este tema para hallar formas de optimizarlo tanto en tiempos como en costos de operación.
- Es preciso que el material a barolar esté en buenas condiciones, es decir sin oxido ni impurezas, para así evitar un desgaste prematuro de los rodillos y las demás partes sensibles la máquina.
- Se podrían hacer ensayos de dureza en los materiales de prueba, especialmente en los perfiles tipo T, para conocer como es el comportamiento de las fibras antes y después de barolado.

ELABORADO POR:

Francisco Córdova A.

Jonathan Benavides B.

REVISADO POR:

Ing. Hernán Ojeda
DIRECTOR