



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO”  
DE MANABÍ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA NAVAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
Previa a la obtención del Título de

**INGENIERO MECÁNICO NAVAL**

**TEMA:**

**DISEÑO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA  
BAROLADORA DE TUBOS Y PERFILES ACCIONADA POR  
UN MOTOR ELÉCTRICO.**

**AUTORES:**

**LEÓN PICO GUSTAVO ALONSO  
RAMOS CEDEÑO JUSTO GABRIEL**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:  
ING. LUIS ARAGUNDI CUADROS**

**Manta – Manabí – Ecuador**

**2015**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

CERTIFICO, que el presente trabajo de titulación, de los egresados de la carrera de Mecánica Naval, señores: **León Pico Gustavo Alonso y Ramos Cedeño Justo Gabriel**, con el tema: “**Diseño cálculo y construcción de una máquina baroladora de tubos y perfiles accionada por un motor eléctrico**”, ha cumplido con todos los requerimientos establecidos en la elaboración y proceso de una tesis; por lo tanto, dejo constancia a usted señor decano y por su intermedio al Honorable Consejo de Facultad, para los fines de trámites pertinentes.

Ing. Luis Aragundi Cuadros

**TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

La responsabilidad por los hechos, opiniones, ideas e informaciones vertidas en esta tesis corresponden exclusivamente a los autores, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecerá a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.

**León Pico Gustavo Alonso**

**C.I. 131151034-9**

**Ramos Cedeño Justo Gabriel**

**C.I. 120474917-8**

## TRIBUNAL EXAMINADOR

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban con mención honorífica y/o recomendación para su publicación el Trabajo de Titulación, sobre el tema: **Diseño cálculo y construcción de una máquina baroladora de tubos y perfiles accionada por un motor eléctrico**, de los estudiantes: **León Pico Gustavo Alonso y Ramos Cedeño Justo Gabriel**, alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica Naval.

Manta, mayo de 2015.

Para constancia firman:

---

---

---

---

Lic. Dennis Napa  
**Secretaria de Carrera Mecánica Naval**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarnos el don de la vida, por sus constantes bendiciones ya que sin ella nada sería posible.

A la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí” por acogernos y capacitarnos día a día, brindándonos todos los conocimientos y principios necesarios para hacer de sus estudiantes excelentes profesionales.

A nuestro tutor el ingeniero Luis Aragundi Cuadros por estar siempre pendiente del desarrollo de esta tesis, brindándonos sus recomendaciones tanto en el ámbito teórico como práctico.

A cada uno de nuestros amigos y familiares quienes de alguna forma intervinieron para hacer realidad este proyecto.

**León Pico Gustavo Alonso**  
**Ramos Cedeño Justo Gabriel**

## **DEDICATORIA**

A Dios por el privilegio de darme la vida estoy agradecido con él porque ha sido parte fundamental de mi vida mi guía mi Dios y mi todo a Él le debo todo lo que tengo y lo que soy por eso doy todo mi agradecimiento primeramente a Él. Amen

A Mis padres por su apoyo incondicional y su invaluable entrega al momento de tener una necesidad lograron suplirla y doy gracias porque siempre estuvieron ahí dándome apoyo desinteresadamente eso demuestra el amor que un padre refleja a sus hijos

A mis hermanos que siempre están conmigo en las buenas y en las malas gracias por todos esos momentos y quiero ser de ejemplo para mis 2 hermanos menores que nunca se den por vencidos que siempre tienen que salir adelante con Fe en Dios todo es posible y nunca dejen de cumplir sus metas

A mi novia por su constante apoyo y su presencia que día a día me apoyaba cuando a veces y no me quedaba ánimos o fuerzas siempre estuvo ahí dando todo de sí para que todo esto fuera posible quiera expresar a ella mi más sincera gratitud y que sepa que cuenta conmigo también en todo lo que sea necesario

Con cariño.

**León Pico Gustavo Alonso**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser la base fundamental en mi diario convivir, por brindarme la dicha de contar con sus bendiciones, y darme la fortaleza necesaria para no desistir de mis metas.

A mis padres: Evaristo Ramos y Carmen Cedeño, quienes inculcando los valores y principios que debe reunir un ser humano para tener éxito en la vida, han ido contribuyendo favorablemente día a día con sus ejemplos y sabios consejos para hacer de todo sus hijos personas de bien.

A mis hermanos: Jorge Ramos Cedeño, Martha Ramos Cedeño, Mónica Ramos Cedeño, Ruth Ramos Cedeño, Ignacio Ramos Cedeño, por su apoyo incondicional compartiendo buenos y malos momentos.

Con humildad y cariño.

**Ramos Cedeño Justo Gabriel**

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	ii
TRIBUNAL EXAMINADOR .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA .....	v
DEDICATORIA .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
Justificación.....	2
Objetivo General .....	2
Objetivos específicos .....	3

### CAPITULO I

#### MARCO REFERENCIAL

1.1 LA ENERGÍA.....	4
1.1.2 Tipos de energía.....	4
1.1.3 Termodinámica .....	6
1.1.3.1 Principios en termodinámica.....	7
1.1.3.2 Principios de la conservación de energía .....	7
1.1.4 Energía interna .....	8
1.2 DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINA .....	8
1.2.1 Sistema transmisor de una máquina .....	9
1.2.2 Mecanismos de transmisión .....	9



1.2.2.1	Clasificación de los mecanismos de transmisión del movimiento .....	10
1.2.2.2	Mecanismos de transformación del movimiento .....	11
1.2.2.3	Mecanismos de transmisión de potencia .....	12
1.2.3	Piñón.....	12
1.2.4	Tipos de piñones.....	13
1.2.5	Engranaje.....	14
1.2.5.1	Tipos de engranaje .....	14
1.2.6	Chavetas .....	16
1.2.7	Cadena .....	16
1.2.7.1	Tipos de cadena .....	16
1.2.8	Tornillos sin fin .....	17
1.2.9	Poleas.....	17
1.2.10	Bandas .....	18
1.2.10.1	Transmisiones por bandas.....	19
1.2.10.2	Mecanismos de bandas .....	19
1.2.11	Reductores de velocidad.....	20
1.2.11.1	Tipos de reductores de velocidad.....	20
1.3	BAROLADORAS .....	21
1.3.1	Máquina Baroladora de Accionamiento Manual .....	22
1.3.1.1	Máquina Baroladora de accionamiento eléctrico.....	22
1.3.1.2	Máquina baroladora de accionamiento hidráulico.....	23
1.3.2	Velocidad del barolado.....	24
1.3.3	Clasificación de la máquina baroladora según su aplicación .....	24
1.3.3.1	Baroladora de Láminas .....	25
1.3.3.2	Baroladora de Láminas de 3 Rodillos.....	25
1.3.3.3	Baroladoras de Láminas Piramidal .....	25
1.3.3.4	Baroladoras de Laminas tipo Pinch .....	26

1.3.3.5	Baroladora de Tubos y Perfiles.....	26
1.3.4	Mecanismos de transmisión de potencia de una máquina baroladora....	27
1.3.5	Transmisión de potencia a los ejes conductores de la máquina baroladora 28	
1.3.6	Transmisión de potencia mediante engranajes .....	28
1.3.7	Transmisión de potencia mediante cadena y Catarina .....	29
1.4	RESISTENCIA DE LOS CUERPOS .....	29
1.4.1	Propiedades del Acero .....	29
1.4.2	Recuperación elástica del material .....	32
1.4.3	Deformación del material mediante el momento limite .....	33

## **CAPITULO II**

### **DISEÑO Y CÁLCULO DE LA MÁQUINA BAROLADORA**

2.1	INTRODUCCIÓN .....	34
2.2	Parámetros para el diseño.....	34
2.2.1	Parámetros de funcionalidad .....	35
2.2.2	Requerimientos de la máquina baroladora .....	35
2.3	Materiales y equipos necesarios para la construcción de la maquina baroladora.....	37
2.3.1	Maquinas herramientas utilizadas para la construcción de la maquina baroladora.....	38
2.4	Diseño de la parte estructural y mecanismos .....	38
2.4.1	Diseño de las placas laterales .....	40
2.4.2	Diseño de los ejes baroladores de la máquina .....	41
2.4.3	Diseño de la rosca y el chavetero para el eje.....	42
2.4.4	Diseño de los moldes baroladores .....	43
2.4.5	Diseño de la base para el desplazamiento vertical del rodillo superior .	44

2.4.6	Diseño de la mesa pedestal de la máquina baroladora .....	45
2.4.7	Diseño del reductor de velocidades.....	46
2.4.8	Diseño de los piñones de cadena para transmitir el movimiento de la caja reductora a los ejes inferiores de la máquina.....	46
2.4.9	Diseño del circuito eléctrico.....	47
2.5	CÁLCULO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....	49
2.5.1	Nomenclaturas utilizadas en el cálculo .....	49
2.5.2	Diagrama de cuerpo libre .....	50
2.5.3	Cálculo de la fuerza del barolado .....	54
2.5.4	Cálculo de la fuerza motriz en función de la fuerza de barolado .....	55
2.5.5	Fuerza de razonamiento entre el material y el rodillo barolador.....	55
2.5.6	Cálculo de la potencia del motor .....	56
2.5.7	Cálculo del reductor de velocidades.....	57
2.5.8	Selección del eje barolador.....	62
2.5.9	Cálculo de las chavetas.....	63
2.5.10	Cálculo del cilindro hidráulico .....	66

### **CAPITULO III**

#### **CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE**

3.1	Introducción .....	70
3.1.1	Construcción de placas laterales.....	70
3.1.2	Montaje de placas laterales.....	74
3.1.3	Construcción del cajetín para el montaje del eje superior.....	77
3.1.4	Montaje de las chumaceras en las placas laterales .....	78
3.1.5	Montaje del eje superior y ejes inferiores.....	78
3.1.6	Construcción de la base pedestal de la máquina baroladora .....	79
3.1.7	Montaje de la máquina sobre el pedestal.....	80

3.1.8	Montaje del mecanismo reductor de velocidades.....	81
3.1.9	Construcción de la base para el motor y el reductor .....	82
3.1.10	Montaje de la base del motor en el pedestal de la máquina .....	83

## **CAPITULO IV**

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

4.1	Introducción .....	84
4.2	Funcionamiento del motor eléctrico.....	84
4.3	Funcionamiento del reductor de velocidades .....	85
4.4	Funcionamiento de los ejes inferiores.....	85
4.5	Funcionamiento de la base del eje superior .....	86
4.6	Funcionamiento del sistema hidráulico.....	86
4.7	Resultados de las pruebas de funcionamiento.....	87
CONCLUSIONES .....		90
RECOMENDACIONES .....		91
BIBLIOGRAFÍA.....		92
WEBGRAFÍA .....		95
ANEXOS.....		97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de máquinas .....	9
Figura 2: Mecanismos de transmisión lineal.....	10
Figura 3: Mecanismos de transmisión circular .....	11
Figura 4: De circular a rectilíneo .....	11
Figura 5: De circular a rectilíneo alternativo .....	12
Figura 6: Piñones.....	13
Figura 7: Tornillo sin fin y rueda dentada.....	15
Figura 8: Tornillo sin fin .....	17
Figura 9: Partes de la polea .....	18
Figura 10: Reductor sin fin - corona .....	21
Figura 11: Baroladora manual.....	22
Figura 12: Baroladora eléctrica.....	23
Figura 13: Baroladora hidráulica .....	23
Figura 14: Baroladora de láminas .....	25
Figura 15: Diagrama de esfuerzo de fluencia .....	31
Figura 16: Diseño estructural de la máquina baroladora .....	39
Figura 17: Diseño de las placas laterales .....	41
Figura 18: Diseño de los ejes baroladores.....	42
Figura 19: Diseño de la rosca y el chavetero .....	42
Figura 20: Diseño de Molde barolador para tubo redondo de 50mm de diámetro .....	43
Figura 21: Molde barolador para perfil T .....	44
Figura 22: Base del rodillo superior.....	45
Figura 23: Mesa pedestal de la máquina .....	45
Figura 24: Reductor de velocidades.....	46
Figura 25: Piñones de cadena.....	47
Figura 26: Esquema del circuito eléctrico.....	48
Figura 27: Diagrama de las fuerzas que actúan en el proceso del barolado .....	49
Figura 28: Diagrama de cuerpo libre .....	50
Figura 29: Longitud máxima entre el centro del rodillo superior y el rodillo barolador .....	54

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Mecanismos de engranes cilíndricos helicoidales de tornillo sinfin....	60
Imagen 2: Marcado de las dimensiones de las placas laterales.....	71
Imagen 3: Verificación de medidas previo a los cortes laterales .....	71
Imagen 4: Corte de las placas haciendo uso del oxicorte.....	72
Imagen 5: Limpieza de las impurezas ocasionadas por el oxicorte .....	72
Imagen 6: Presentación de las placas previo a la perforación para los ejes .....	73
Imagen 7: perforación para asegurar las chumaceras .....	73
Imagen 8: Separación de las placas con topes provisionales .....	74
Imagen 9: Verificación de medidas.....	75
Imagen 10: Fijación de las bases separadoras de las placas.....	75
Imagen 11: Aplicación de soldadura sobre las bases separadoras de las placas laterales .....	76
Imagen 12: Bases separadoras terminadas.....	76
Imagen 13: Cajetín del eje superior .....	77
Imagen 14: Montaje de las chumaceras en las placas laterales.....	78
Imagen 15: Montaje de los ejes inferiores y superior .....	79
Imagen 16: Construcción de la base pedestal de la máquina .....	80
Imagen 17: Protecciones laterales en la estructura del pedestal .....	80
Imagen 18: Montaje de la máquina sobre el pedestal .....	81
Imagen 19: Montaje del reductor de velocidades .....	82
Imagen 20: Base para el motor y reductor .....	83
Imagen 21: Montaje de la base del motor en el pedestal .....	83
Imagen 22: prueba de ensayo para verificar el circuito eléctrico.....	87
Imagen 23: Prueba de ensayo para verificar el comportamiento de los ejes .....	88
Imagen 24: prueba de ensayo para verificar el comportamiento del motor.....	88
Imagen 25: prueba de ensayo para verificar el comportamiento del gato hidráulico .....	89
Imagen 26: prueba de ensayo constatando el correcto funcionamiento del reductor .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de energía renovables.....	4
Tabla 2: Fuentes de energía no renovables .....	5
Tabla 3: Cantidad de calor de algunas sustancias .....	8
Tabla 4: Tipos de engranajes.....	14
Tabla 5: Nomenclaturas de las fuerzas utilizadas en el cálculo .....	50
Tabla 6: Momento límite.....	52
Tabla 7: Momentos de perfiles y barras cilíndricas .....	52
Tabla 8: Coeficiente de fricción de algunos materiales .....	54
Tabla 9: Nomenclaturas para el cálculo de la potencia.....	56
Tabla 10: Nomenclaturas para el cálculo del reductor de velocidades .....	59
Tabla 11: Nomenclaturas para el cálculo de la chaveta .....	64
Tabla 12: Nomenclaturas para el cálculo del cilindro hidráulico .....	66

## RESUMEN

El presente proyecto denominado “Diseño, cálculo y construcción de una máquina baroladora de tubos y perfiles accionada por un motor eléctrico”; el mismo, consta de cuatro capítulos que describen teóricamente la estructura, mecanismos y cada uno de los componentes del proyecto en mención, su estructura es la siguiente:

El capítulo I, se enfoca en el marco teórico referencial, donde se detallan principios fundamentales de la conservación de la energía, sistemas y mecanismos de transmisión de potencia, generalidades y clases de máquinas baroladoras.

En el capítulo II, se presenta un análisis de diseño y cálculo, así como los requerimientos y parámetros para la construcción de la máquina baroladora, los mismos que se fundamentan en un minucioso análisis de cada uno de los componentes y mecanismos, considerando la función que va a cumplir para seleccionar el de mayor conveniencia tanto en el ámbito estructural como económico.

El capítulo III, detalla todo lo correspondiente a la construcción y el montaje de cada uno de los elementos y componentes de la máquina baroladora, donde se cita cada uno de los procesos desde la simple construcción de las placas laterales hasta obtener la máquina baroladora en condiciones de funcionalidad adecuadas.

El cuarto y último capítulo hace mención a las respectivas pruebas de funcionamiento de cada uno de los mecanismos, componentes, sistemas para garantizar que cada una de las partes cumplan con la función para la cual fueron diseñadas. Finalmente, se muestran las conclusiones y recomendaciones del estudio y los respectivos anexos.



## **ABSTRACT**

This project called "Design, calculation and construction of a baroladora machine tubes and profiles driven by an electric motor, to analyze the ductile and malleable resistance to deformation and material fatigue"; it consists of four chapters that describe the structure theoretically, mechanisms and each of the components of the project in question, its structure is as follows:

Chapter I focuses, on the theoretical framework, where fundamental principles of conservation of energy systems and power transmission mechanisms, general and classes are detailed baroladoras machines.

In Chapter II, an analysis of design and calculation as well as the requirements and parameters for the construction of the baroladora machine, the same that are based on a thorough analysis of each of the components and mechanisms, it is presented according to the function You will meet to select the convenience of both the structural and economic fronts.

Chapter III, detailing everything related to the construction and assembly of each of the elements and components of the machine baroladora, citing each of the processes from the simple construction of the side plates until the machine in baroladora suitable functionality.

The fourth and final chapter mentions the respective test runs for each of the mechanisms, components and systems to ensure that each of the parties to fulfill the function for which they were designed. Finally, conclusions and recommendations of the study and annexes are shown.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen varios métodos y formas de manufacturar y barolar materiales dúctiles y maleables, lo cual requiere de mucho esfuerzo físico, al igual que también existen máquinas que facilitan esta actividad, una de ellas es la máquina baroladora de tubos y perfiles cuyo principio de funcionamiento es la transmisión de energía procedente de un motor eléctrico a un conjunto de engranajes denominado caja reductora de velocidades, la misma que a su vez transmite este movimiento a un mecanismo de piñón y cadena, en cuyos ejes se encuentra montados los rodillos principales de la baroladora, que en su movimiento arrastran el material dándole forma circular.

El termino diseñar en un sentido más amplio se traduce como delinear, trazar, planear una acción, concebir e inventar, el diseño de ingeniería es el proceso de aplicar las diversas técnicas, principios y conocimientos con el objetivo de definir un dispositivo o sistema con suficiente detalle de tal forma que permita su funcionamiento.

El diseño de ingeniería abarca varios campos, entre ellos el diseño de máquinas, no obstante una máquina puede definirse como un aparato formado de unidades interrelacionadas llamadas elementos de máquinas, que están dispuestas entre sí con el objetivo de transformar y transmitir movimientos y fuerzas.

La variedad de materiales que la industria metálica ofrece en la actualidad, permiten el diseño de maquinarias que se utilizan en diferentes áreas industriales y navales; por lo que en este estudio se planteó la construcción de una máquina baroladora, (con el fin de conseguir una deformación permanente en materiales dúctiles y maleables); lo que conllevó a diseñar, calcular y construir en el taller de la escuela de Ingeniería en Mecánica Naval una máquina que cumpla con estos requerimientos.

## **Justificación**

El proyecto se basa en la construcción de una máquina baroladora de tubos y perfiles, con el objeto de (deformar permanentemente materiales dúctiles y maleables), lo que ayudará de manera imperativa a elevar el nivel de aprendizaje práctico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Mecánica Naval, en las asignaturas de diseño de elementos de máquinas, mecanismos básicos, proceso de manufactura y resistencia de materiales.

La construcción de la máquina baroladora presenta beneficios que son de utilidad en la industria metálica, así como también complementan el aprendizaje de los estudiantes y permiten el desarrollo de habilidades y destrezas en las asignaturas de: Diseño de elementos de máquinas, mecanismos básicos, procesos de manufactura y resistencia de materiales.

Se considera que este estudio investigativo es factible, porque la construcción de este tipo de máquinas falla en pocas ocasiones, puesto que el tipo de mecanismo que utiliza es de piñón y cadena, el cual no falla sino hasta que una de las partes se fatiga. Este producto industrial presenta un impacto ambiental negativo, ya que sus mecanismos de funcionamiento no afectan el medio ambiente ni generan componentes contaminantes.

## **Objetivo General**

Diseñar, calcular y construir una máquina baroladora de tubos y perfiles accionada por un motor eléctrico, con la finalidad de deformar materiales dúctiles y maleables, garantizando el correcto funcionamiento de la máquina baroladora.

### **Objetivos específicos**

- Fundamentar teóricamente las variables de estudio que respaldan el diseño y construcción de la máquina baroladora de tubos y perfiles.
- Diseñar y calcular los componentes para la construcción de la máquina baroladora.
- Construir la máquina baroladora según los requerimientos y parámetros establecidos en el estudio.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la máquina baroladora, con la finalidad de identificar y solucionar inconvenientes en su estructura y mecanismos, garantizando el correcto funcionamiento de la máquina baroladora.

### **Hipótesis**

La máquina baroladora de tubos y perfiles accionada por un motor eléctrico permite deformar materiales dúctiles y maleables.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 LA ENERGÍA

Existen varias definiciones acerca de la energía, de las cuales indica (González J. , 2009) que “es una magnitud homogénea con el trabajo”. Es decir, que la energía es la capacidad que tienen los cuerpos para generar movimiento, trabajo o calor. De forma general se deduce que:

- Para generar cambios en un cuerpo, es necesario añadir o quitar algún tipo de energía.
- Todos los cuerpos tienen energía, por tanto, se pueden producir cambios en ellos.
- La energía se presenta en varias formas o tipos, por lo que toma un nombre según el tipo.

#### 1.1.2 Tipos de energía

Para Vilorio, (2008, p.6), la energía se presenta en diferentes maneras, algunas de ellas son renovables y no renovables. Se denomina fuentes de **energía renovable**, porque se obtiene de fuentes naturales que contienen energía, por tanto son inagotables; las mismas que se citan en la siguiente tabla 1

Tabla 1: Tipos de energía renovables

Tipo de energía	Procedencia
Energía eólica	El viento
Energía geotérmica	El calor del interior de la tierra
Energía hidráulica	El agua
Energía mareomotriz	El mar
Energía solar térmica	El sol
Energía fotovoltaica	El sol
Energía proveniente de la biomasa	Materias agrícolas diversas

Fuente: (Vilorio, 2008)

Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

Por su parte, las fuentes de energía no renovables o convencionales son aquella que se encuentran en la naturaleza pero en cantidades limitadas, tal como se indica en la tabla 2

Tabla 2: Fuentes de energía no renovables

Tipo de energía	Procedencia
Carbón	Minas
Gas natural	Pozos
Otros gases	Obtención diversa
Petróleo y sus derivados	Pozos
Madera leña	Naturaleza
Nuclear	Mineral

Fuente: (Viloria, 2008)

Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

La energía tiene diversas manifestaciones, por lo que se ha agrupado en diferentes denominaciones, según las acciones que ésta puede provocar; es el caso de:

**Energía Mecánica:** Está relacionada con la posición y movimiento de los cuerpos. Es decir, que la energía mecánica tiene que ver con la fuerza que se presentan en los cuerpos en razón de su movimiento (**energía cinética**) de su situación respecto de otro cuerpo (**energía potencial**). La energía mecánica es la suma de la energía cinética y la energía potencial de un cuerpo, para conocer su valor se aplica la siguiente fórmula:

$$E_m = E_p + E_c \quad \text{ECU (1.1)}$$

**Dónde:**  $E_m$  es la energía mecánica;  $E_p$  es la energía potencial y  $E_c$  es la energía cinética.

- a) **Energía Cinética:** Energía asociada a la velocidad de los cuerpos. Para (Rolle, 2006, p. 68), en la energía cinética “un cuerpo o partícula tiene energía en virtud de su movimiento. Por ejemplo, una piedra que yace en el suelo está inmóvil y es incapaz de efectuar un cambio. Sin embargo, si alguien toma la piedra y la lanza contra una ventana, producirá un cambio”. Su fórmula está dada de la siguiente manera:

$$E_c = \frac{1}{2} m * v^2 \quad \text{ECU (2.1)}$$

**Dónde:** m es masa; v es velocidad y  $E_c$  es la energía cinética

- b) **Energía Potencial:** Que hace referencia a la posición que ocupa una masa en el espacio.

$$E_p = m * g * h \quad \text{ECU (3.1)}$$

**Dónde:** m es masa; g es gravedad y h es altura.

Entre los tipos de energía se cuentan con los siguientes:

- a) **Energía eólica:** Es una fuente de energía renovable, se obtiene de las corrientes de aire y se utiliza de manera útil para realizar tareas humanas.

- b) **Energía eléctrica:** Menciona (Fermín Barrero 2004) que:

La energía eléctrica es una de las formas de energía que en la actualidad se usan en la industria, en los hogares, en el comercio o en los medios de transporte. Se caracteriza por su controlabilidad, por su versatilidad y por su limpieza (particularmente en lugares de consumo)

- c) **Energía Mareomotriz:** Se produce por el movimiento de las mareas y de las olas del mar, también se puede transformar en energía eléctrica.

- d) **Energía hidráulica:** Es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial, proveniente de las corrientes del agua.

### 1.1.3 Termodinámica

La termodinámica se relaciona a aquellos fenómenos que se presentan en el campo de la mecánica. Una definición bastante acertada sobre la termodinámica de trabajo, la presentan los autores Morán, & Shapiro, (2005, p.40) “Un sistema realiza trabajo sobre su entorno cuando el único efecto sobre cualquier elemento externo al sistema podría haber sido la elaboración de una masa”.

Por lo que se deduce, que un cuerpo o masa presenta una fuerza de acuerdo a la distancia que se recorre, esto no significa que se haya aumentado el valor de la masa, sino que una fuerza actúa sobre el cuerpo, lo que produce el incremento del valor de la masa. En la termodinámica se amplían los conceptos de energía, en virtud al principio de la conservación de energía que tiene que ver con este estudio.

#### **1.1.3.1 Principios en termodinámica**

Los principios de termodinámica tienen gran relevancia para todas las ramas de las ciencias, entre ellas la ingeniería. Es por ello, que se detallan los principios termodinámicos que permitirán en este estudio, la predicción de elementos relacionados con la energía.

#### **1.1.3.2 Principios de la conservación de energía**

Para Valera (2005, p.155), el principio de la conservación de energía establece “que la energía no puede crearse ni destruirse, sólo se transforma de una forma a otra. Es un principio basado en conservaciones físicas y no está sujeta a demostración matemática”.

Este principio apoya la primera ley de la termodinámica, entonces esta ley expresa que cuando un sistema se somete a un ciclo termodinámico, el calor que opera por el sistema es igual al trabajo recibido por el mismo y viceversa. La ecuación general de la conservación de la energía es la siguiente:

$$E \text{ entra} - E \text{ sale} = \Delta E \text{ sistema}$$

El primer principio de la termodinámica hace alusión a los siguientes conceptos:

- a) Energía interna.
- b) Principio de conservación de la energía.



- c) El calor como forma de energía.
- d) Energía cinética
- e) Energía potencial
- f) trabajo

La autora (Jiménez & Lemos, 2001) presenta en la siguiente tabla los valores asociados al calor de algunas sustancias, siendo C (cal/g. K) el valor calorífico de las mismas.

Tabla 3: Cantidad de calor de algunas sustancias

Sistema	C (cal/g. K)
Aluminio	0,21
Cobre	0,09
Hierro	0,11
Cuerpo humano	≈0,83
Agua	1,00
Acetona	0,53
Etanol	0,57
Monóxido de Carbono	0,25
Hidrógeno	3,39

Fuente: (Jiménez & Lemos, 2001)

Autores:

#### 1.1.4 Energía interna

Para Rolle, (2006, p.67), la energía interna se define como “la energía de un sistema que no se puede asociar con energías cinética o potencial, y se representa con el símbolo U”.

### 1.2 DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINA

Los autores Blanco et al. (2014), definen una máquina como “la combinación de cuerpos resistentes, unidos entre sí, con determinados movimientos relativos, que transmiten fuerzas desde una fuente de energía determinada hasta el lugar donde han de ser vencidas las resistencias”. Un mecanismo es “la combinación de elementos de modo que permitan conseguir determinados movimientos”.

De acuerdo a los autores Los autores Blanco et al. ( 2014), detallan la siguiente clasificación de las máquinas, según los siguientes parámetros:

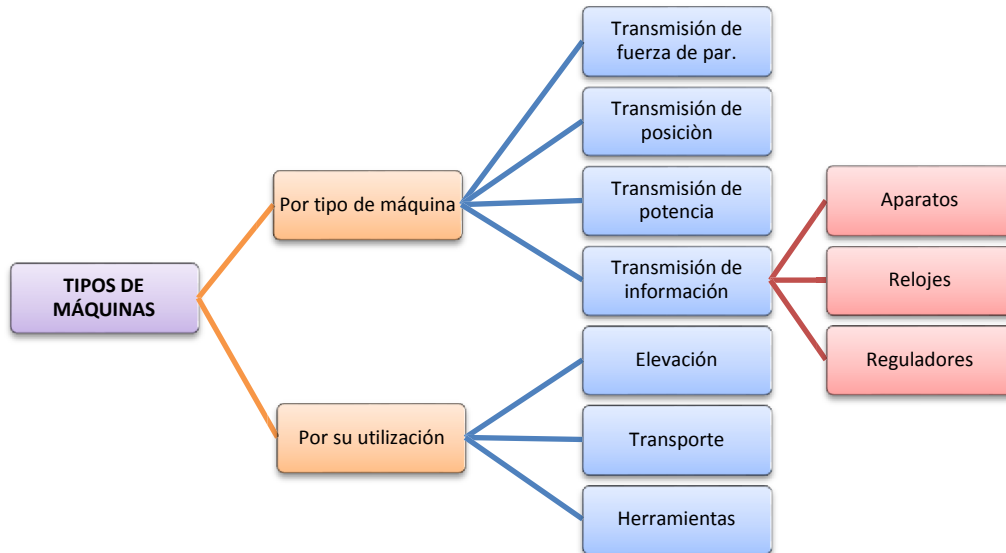


Figura 1: Tipos de máquinas  
Fuente: Autores

### 1.2.1 Sistema transmisor de una máquina

Una máquina se encarga de transformar velocidades, fuerzas y trayectorias a través de transformaciones intermedias. Los sistemas de una máquina son los siguientes:

- Sistema motriz
- Sistema transmisor
- Sistema receptor
- Sistema de sustentación
- Sistema de control
- Sistemas de lubricación

### 1.2.2 Mecanismos de transmisión

La transmisión mecánica se encarga de transmitir potencia entre dos o más elementos que se encuentran en una máquina, forman parte principal de los

elementos u órganos de una máquina. Los mecanismos cumplen diferentes funciones y de acuerdo a ellas se clasifican en: mecanismos de transmisión y de transformación del movimiento.

### 1.2.2.1 Clasificación de los mecanismos de transmisión del movimiento

Para (Díaz & Guerra, 2006, p.314), estos mecanismos “transmiten a otro punto el movimiento, la fuerza y la potencia producidos por un elemento motriz (motor)”. Los mecanismos de transmisión en movimiento se clasifican de la siguiente manera:

#### a) Mecanismos de transmisión lineal

- Las poleas (fija y móvil)
- Palancas
- Polipasto



Figura 2: Mecanismos de transmisión lineal  
Fuente: (Díaz & Guerra, 2006, p.314)

#### b) Mecanismos de transmisión circular

- Ruedas de fricción
- Sistema de poleas con correa
- Engranajes
- Sistemas de engranajes con cadena
- Tornillo sin fin.

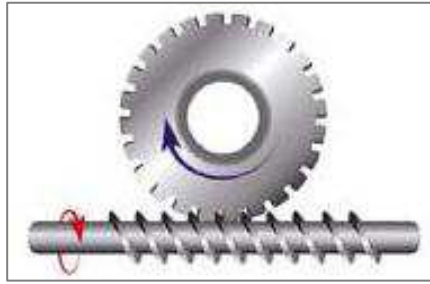


Figura 3: Mecanismos de transmisión circular  
Fuente: (Díaz & Guerra, 2006, p.314)

### 1.2.2.2 Mecanismos de transformación del movimiento

Para (Díaz & Guerra, 2006, p.314), los mecanismos de transformación del movimiento “transforman un movimiento circular en un movimiento rectilíneo, o viceversa”. La clasificación de estos mecanismos son los siguientes:

#### a) De circular a rectilíneo

- Sistema de piñón-cremallera
- Sistema de tornillo-tuerca.
- Conjunto manivela-torno.



Figura 4: De circular a rectilíneo  
Fuente: (Díaz & Guerra, 2006, p.314)

#### b) De circular a rectilíneo alternativo

- Biela-cigüeñal
- Leva y excéntrica.
- Yugo escocés.

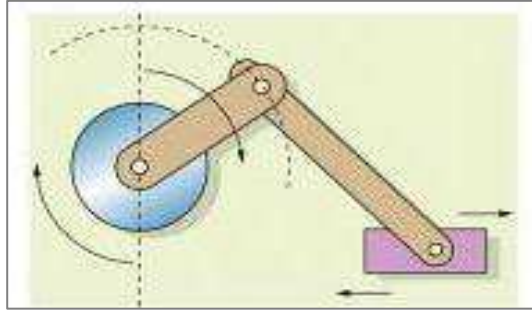


Figura 5: De circular a rectilíneo alternativo  
Fuente: (Diaz & Guerra, 2006, p.314)

### 1.2.2.3 Mecanismos de transmisión de potencia

Una transmisión mecánica de potencia es aquella que transmite de una fuente de potencia a otra máquina mecánica. Incrementando, manteniendo o decreciendo la velocidad y el torque, en estos sistemas la potencia no cambia a menos que se utilicen métodos eléctricos o electrónicos de variación.

Las cadenas y bandas son elementos indispensables para la transmisión de potencia; las bandas trabajan con poleas. Ejemplo: un ciclista con su bicicleta; el ciclista proporciona la potencia (a través de sus piernas a los pedales las calorías que quema son la energía, en función de su esfuerzo quemara más o menos calorías esto quiere decir que estará dando más o menos potencia, y el elemento conducido son, en este caso los pedales, que transfieren este trabajo a las catarinas a través de la cadena que transfiere el movimiento a la llanta trasera.

Una transmisión mecánica es aquella que está conformada por un elemento motriz (el que proporciona la potencia) y un elemento o elementos conducidos, los elementos básicos de una transmisión son rodamientos, chumaceras, ejes, elementos de conducción como (poleas, bandas, cadenas, catarinas, engranes, discos cicloidales)

### 1.2.3 Piñón

En el área de la mecánica, se define como piñón a la rueda más pequeña de un par de ruedas cortada, así como también se denomina piñón a la rueda dentada que

tensa una cadena o una correa dentada, cumple la función de transmitir movimiento. Por lo general existen dos tipos de piñones: dientes rectos y transmisión por cadena.

Los piñones rectos se forman por una rueda con dientes paralelos al eje, todos los ejes giran entre los ejes paralelos y se engranan de manera sencilla, al momento que los demás ejes giran en sentido contrario. Los piñones de transmisión por cadena, consiste en una rueda dentada donde se engranan la cadena para trasladar la fuerza al eje.



Figura 6: Piñones  
Fuente: Google.com/imágenes

#### 1.2.4 Tipos de piñones

Los piñones se clasifican independientemente de su forma o dientes; para (Rojas, 2006) existen dos tipos de piñones: rectos y de transmisión de cadena.

Los **piñones rectos** se forman por una rueda con dientes paralelos, con ejes que ayudan a transmitir el movimiento entre ejes, son engranajes sencillos.

Los **piñones de transmisión por cadena**, se conforma de una rueda dentada, en la cual engrana la cadena y de esta manera transmite la fuerza al eje. Su característica principal es la forma del diente que lleva un círculo donde se asientan los rodillos de la cadena.

## 1.2.5 Engranaje

Para González (et al., 2011, p.35) el engranaje “es un conjunto mecánico compuesto de dos o más ruedas dentadas cuyos dientes, enlazados entre sí, transmiten un movimiento circular de un árbol a otro”. Es común escuchar acerca de piñones en el engranaje, ya que se cataloga así a la rueda más diminuta y dentada. Se denomina tren de engranaje al conjunto de engranajes. Se define de esta manera al engranaje como el conjunto de varias ruedas, es decir dos o más, las cuales tienen en contacto sus dientes para girar alrededor de su mismo eje.

### 1.2.5.1 Tipos de engranaje

Los engranajes son sistemas mecánicos que se utilizan para proporcionar potencia en los diferentes ejes. Existe una diversidad de engranajes, cada uno de ellos con características distintas. Para López & Durán, (2006) mencionan que existen varios tipos de engranajes, los mismos que se describen en la siguiente tabla 4.

Tabla 4: Tipos de engranajes

TIPOS DE ENGRANAJE	DISPOSICIÓN ESPACIAL DE EJES	CONTACTO ENTRE DIENTES	FUERZAS DE CONTACTO (MAYOR A MENOR)	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL
Cilíndricos rectos	Paralelos	Lineal	Tangencial y radial	Rodadura
Cilíndricos helicoidales	Paralelos o se cruzan	Puntual	Tangencial, radial y axial	Rodadura-Deslizamiento
Cilíndricos rectos	Se cortan	Lineal	Tangencial, radial y axial	Rodadura
Cónicos espirales	Se cortan	Puntual	Tangencial, radial y axial	Rodadura – Deslizamiento
Hipoidales	Se cruzan	Puntual	Tangencial, radial y axial	Deslizamiento
Sin fin	Se cruzan	Puntual	Tangencial, radial y axial	Gran deslizamiento

Fuente: (López & Durán, 2006)

Esta clasificación se aprecia de una manera más clara y organizada, según la apreciación de Jiménez (2013) quien agrupa los engranajes en varios tipos:

#### a) Transmisión por ejes paralelos:

- Cilíndricos de dientes rectos
- Cilíndricos de dientes helicoidales
- Doble helicoidales (cheurón)

**b) Transmisión por ejes perpendiculares:**

- Helicoidales cruzados
- Cónicos de dientes rectos
- Cónicos de dientes helicoidales
- Cónicos hipoides
- De rueda y tornillo sin fin

**c) Por la forma de transmisión del movimiento:**

- Simple
- Con engranaje loco
- Compuesta. Tren de engranajes

**d) Transmisión mediante cadena o polea dentada:**

- Mecanismo ruedas-cadena
- Polea dentada

**e) Con aplicaciones especiales:**

- Planetarios
- Interiores
- De cremallera

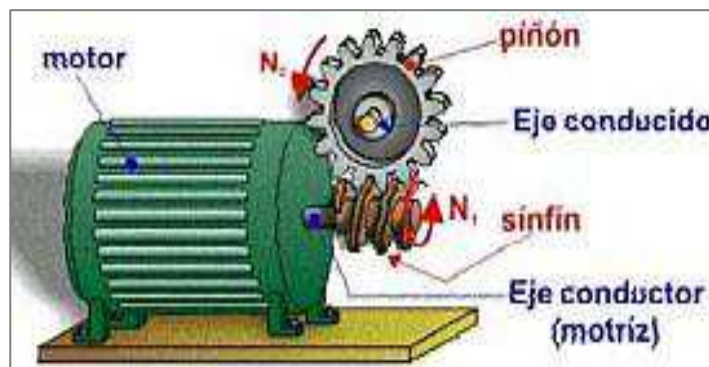


Figura 7: Tornillo sin fin y rueda dentada

Fuente: <http://aprendemostecnologia.org/2009/03/19/el-tornillo-sinfin-y-la-rueda-dentada/>



### 1.2.6 Chavetas

Una chaveta es una pieza desmontable de sección rectangular o cuadrada que sirve de medio de unión entre dos piezas cilíndricas, acoplada de modo que evite que se produzcan deslizamientos de una con relación a la otra, las chavetas se montan por lo general la mitad dentro de cada pieza, en chaveteras paralelas a la dirección del eje.

Las chavetas se usan en ensambles de partes de máquinas para asegurarlas contra su movimiento relativo por lo general circular, aun cuando las piezas están montadas con sus respectivas tolerancias, es recomendable el uso de las chavetas para transmitir el momento de giro tal como es el caso de poleas, piñones, volantes, etc.

Las normas (ANSI B17.1 – 1967) Y (ANSI B17.2 – 1967) que define las dimensiones de las chavetas para diferentes rangos de diámetro de ejes.

### 1.2.7 Cadena

Para (Diaz & Guerra, 2006) los engranajes con cadena “están compuestos por dos ruedas dentadas de ejes paralelos conectadas mediante una cadena cerrada que se engrana a los dientes de las ruedas. Se emplean para conectar ejes alejados de forma más segura que las correas, porque no patinan”.

#### 1.2.7.1 Tipos de cadena

A continuación se detalla una información sobre los dientes de un engranaje:

- **Pie del diente:** Es la parte comprendida entre el diámetro primitivo y el diámetro interior.
- **Cabeza del Diente:** Es la parte del diente comprendida entre el diámetro exterior y el diámetro primitivo.
- **Flanco:** Es la cara interior del diente, es su zona de rozamiento.

- **Espesor del Diente:** Es la parte más gruesa medida sobre el diámetro primitivo.
- **Largo del Diente:** Es la longitud que tiene el diente del engranaje.

### 1.2.8 Tornillos sin fin

Los autores (Diaz & Guerra, 2006) definen el tornillo sin fin como “el tornillo que se engrana con una rueda dentada, cuyo eje es perpendicular al tornillo. Se emplea para transmitir el movimiento giratorio del eje del tornillo a otro eje perpendicular a él. Es un mecanismo que proporciona una gran reducción de la velocidad de giro”.

Los tornillos sin fin se utilizan para reducir las velocidades de motor, esta investigación requiere dos de estos tornillos para lograr la máxima reducción y de esta manera tener un producto final en óptimas condiciones, como es el caso de los tubos.

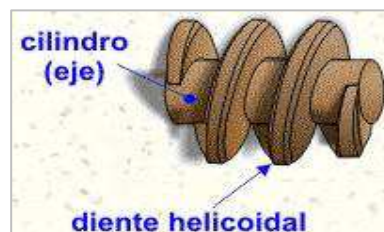


Figura 8: Tornillo sin fin

Fuente: [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope\\_sinfin.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_sinfin.htm)

### 1.2.9 Poleas

Las poleas son ruedas con agujeros en su centro que se utilizan para acoplarlas a otro eje de similares características, las mismas que giran de manera armonizada, para asegurar el contacto entre dos poleas es importante usar una correa que soporte a ambas.

Existen varios tipos de poleas como:

- **Fijas:** Cuyo eje de rotación permanece fijo.

- **Móviles:** Cuyo eje de rotación se logra desplazar de forma lineal y paralela en sí mismo.

En las poleas se diferencian tres partes singulares como el cuerpo, cubo y garganta. El cubo es la parte central del agujero de la polea, el cual disminuye o aumenta dependiendo el grosor de la polea. El cuerpo es donde se une el cubo con la garganta. En algunos tipos de poleas está formado por radios o aspas para reducir peso y facilitar La garganta, es la que tiene contacto con la correa y se diseña con la finalidad de dar mayor estabilidad en la acción de la polea.



Figura 9: Partes de la polea

Fuente: <http://ladrillikos.wdfiles.com/local--files/ladrillikos/A.A.%203.1.%20Poleas.pdf>

### 1.2.10 Bandas

Para Mott, (2006, p.268 ) la banda “es un elemento flexible de transmisión de potencia que asienta firmemente en un conjunto de poleas o poleas encanaladas. (...) La banda se diseña para montarse en las dos poleas, sin resbalamiento”.

Las bandas se instalan alrededor de las poleas, para que estas reduzcan la distancia entre ellas.

Existen diferentes tipos de bandas:

- Planas
- Acanaladas o dentadas
- Bandas V normales

- Bandas V ángulo doble

### 1.2.10.1 Transmisiones por bandas

La transmisión hace referencia al giro del motor hasta las ruedas, de tal manera que el motor se adapta a las necesidades de conducción del vehículo, cuyos elementos dependen de la posición que ocupe el motor. Menciona Mott (2006) que “Un tipo de banda muy usado, en especial en transmisiones industriales y en aplicaciones vehiculares, es el accionamiento con bandas en V”.

La ventaja principal de las bandas en V, es que permiten altas velocidades con gran duración, son fácil de instalar y de bajo mantenimiento . Su desventaja es que no puede ser utilizada en velocidades sincrónicas.

### 1.2.10.2 Mecanismos de bandas

Las máquinas se componen de: bandas, claves o cadenas con el propósito de transmitir potencia a cualquier elemento. A continuación se muestran diferentes tipos de mecanismos de transmisión:

- **Transmisión por banda abierta:** Se aplica en ejes paralelos con la finalidad de que giren al mismo sentido; esta transmisión es bastante común.
- **Transmisión por banda cruzada:** Su aplicación es común cuando los ejes giran en sentido contrario.
- **Transmisión por banda semicruzada:** Esta transmisión se utiliza cuando los ejes se cruzan a 90 grados.
- **Transmisión por banda con polea tensor exterior:** La transmisión en este tipo de banda se presenta cuando se carece de espacio o falta de mecanismo para templar las bandas.
- **Transmisión por banda con polea tensor interior:** La transmisión por polea tensor interior es similar a la banda con polea tensor exterior; y se aplica cuando se desea disminuir el ángulo en la polea inferior.

- **Transmisión por banda con múltiples poleas:** Se aplica para transferir el movimiento desde un eje a varios ejes o entre ejes adyacentes.

### **1.2.11 Reductores de velocidad**

Es importante considerar la relación que existe entre la velocidad de entrada y la de salida de los ejes entre el motor y el reductor de velocidades. La relación identificada en el diseño y construcción del reductor de velocidad, es de 10:1 (se lee diez a uno), lo que significa que el eje de alta revolución, debe girar 10 rpm (revoluciones por minuto) completas para que el eje de baja gire una vuelta. Como consecuencia, se incrementa el torque en el eje de salida.

#### **1.2.11.1 Tipos de reductores de velocidad**

Existen diversos tipos de reductores de velocidad, que varían según el tipo de engranaje. Entre los más comunes se encuentran aquellos que se diferencian por su forma constructiva. Los autores (Rodríguez, et al., 2005, p.187) mencionan los siguientes:

- Reductor de toldo
- Reductor sin fin - corona
- Reductor de automoción
- Reductor coaxial
- Reductor de máquina de tracción
- Reductores de ascensor



Figura 10: Reductor sin fin - corona  
Fuente: <http://www.soltecna.com/doc/es-catalogo-rem-.pdf>

### 1.3 BAROLADORAS

Para (Guamán, 2011) el barolado “es un procedimiento común usado para la manufactura de tubos, proceso mediante el cual una lámina es sometida a la acción de una serie de rodillos que le proporcionan a la chapa metálica una forma específica”. (p.21)

El barolado de láminas tubos y perfiles ha producido en la actualidad una gran parte de productos, que son de inicio cilíndrico, cónicas, elípticas, anillos, arcos, entre otras.

Las formas cónicas redondas y cilíndricas en la industria mecánica son muy necesarias en la vida cotidiana, debido a que tienen características que presentan ventajas sobre las formas rectas, el barolado de cilindros se usa para formar tubos con costura, tanques horizontales y tanques verticales para gas, auto tanques para transporte de hidrocarburos, ductos de ventilación, reactores nucleares. Entre otras.

Las máquinas baroladoras se clasifican en 3 tipos:

- Máquina Baroladora de Accionamiento Manual
- Máquina Baroladora de Accionamiento Eléctrico
- Máquina Baroladora de Accionamiento Hidráulico

### 1.3.1 Máquina Baroladora de Accionamiento Manual

La baroladora manual se denomina así porque todo su movimiento se genera por esfuerzo del hombre. El movimiento principal de esta máquina se produce por medio de una palanca y un tornillo de paso adecuado, para que el momento de giro de dicho tornillo no sea demasiado elevado. El movimiento de barolado se ejecuta a través de un volante de gran diámetro, acoplado a un mecanismo de ruedas dentadas, los cuales en conjunto deben tener las siguientes características:

- **Volante:** debe tener un diámetro adecuado para que en el momento de transmitir movimiento la fuerza que ejecuta la persona no sea demasiado alta o que deba a recurrir a la ayuda de otra persona.
- **Sistema de Transmisión:** El sistema de transmisión debe ser de reducción, lo cual da como resultado la pérdida de velocidad, y la transformación de la misma en fuerza de traslación de barolado.



Figura 11: Baroladora manual  
Fuente: (Guamán, 2011)

#### 1.3.1.1 Máquina Baroladora de accionamiento eléctrico

Este tipo de baroladora es común en la actualidad, ya que en el medio se utiliza la energía eléctrica, puesto que se obtiene una velocidad uniforme de barolado y un torque mayor, dependiendo de la potencia del motor a utilizar lo que ayuda a trabajar con espesores de planchas grandes. Este tipo de maquinaria, requiere bajas velocidades de trabajo y alto torque, por lo que se recomienda trabajar con

moto reductora o motores eléctricos conectados a un sistema de reducción y velocidades.



Figura 12: Baroladora eléctrica

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/amb-picot/product-120099-1322159.html>

### 1.3.1.2 Máquina baroladora de accionamiento hidráulico

Es una máquina de eficiente procesamiento, diseñada especialmente para rolar perfiles en **I** de acero, perfiles en **u** de acero, vigas planas barras sólidas, entre otros. Dispone de 3 rodillos de trabajo y las posiciones de los 2 rodillos inferiores pueden ajustarse a lo largo del arco, los rodillos suplementarios están instalados en ambos lados de la máquina para controlar la calidad del trabajo en la flexión de secciones de acero proporcional.

Esta maquinaria es apropiada para operar con diferentes funciones e ideal, ajustable y capaz de procesar diferentes tipos de materiales y especificaciones con solo recombinar los ajustes de las matrices, esto elimina la necesidad de cambiar de matrices.



Figura 13: Baroladora hidráulica

Fuente: [http://www.ferrecatalogo.com/resultados\\_maquina.php?Maquina=Roladoras%20Hidraulicas%20AHS&Button1=Maquina](http://www.ferrecatalogo.com/resultados_maquina.php?Maquina=Roladoras%20Hidraulicas%20AHS&Button1=Maquina)



### **1.3.2 Velocidad del barolado**

La velocidad de conformado es un factor crítico en la calidad del producto. Láminas de acero de bajo carbono mayores a 8mm (5/16”) de espesor son baroladas generalmente a velocidades de 18m/min (60ft/min). Para que esta velocidad sea alta, el diámetro de la pieza debe ser necesariamente entre mediano a grande debido a que es poco práctico el control de proceso para barolar diámetros pequeños a altas velocidades.

Las velocidades más empleadas para el formado en frío tienen un rango entre (3.6 a 6) m/min (12 a 20) ft/min. Esta medida se mantiene usualmente tanto para el conformado en frío como en caliente con una leve disminución en temperatura del metal a trabajar, es necesario incrementar la velocidad de barolado.

### **1.3.3 Clasificación de la máquina baroladora según su aplicación**

El proceso de barolado está conformado por flexión, que consiste en deformar plásticamente láminas o perfiles metálicos al hacerlos pasar por medio de rodillos que permiten rolar el material a deformar. Existen diversos métodos de barolado que dependen del material a utilizar o del equipo, que varían por el número de rodillos o posición de estos. Las máquinas baroladoras según su aplicación son las siguientes:

- Baroladora de Láminas
- Baroladora de Láminas de 3 Rodillos
- Baroladora de Láminas Piramidal
- Baroladora de Láminas Tipo Pinch
- Baroladora de Tubos y Perfiles

### 1.3.3.1 Baroladora de Láminas

Este tipo de baroladora permite el enrollado de una hoja de metal. Adopta una tecnología de laminación única y provee alta precisión en el pre-plegado. La interfaz digital hombre-máquina hace de esta una operación sencilla, confiable y eficiente al momento de su trabajo; así como también permite dar al material diferentes formas. Se caracteriza por su estructura compacta y de fácil mantenimiento. Son ampliamente usadas en la industria de construcción de embarcaciones, calderas, aviación, hidroeléctricas, químicos e industrias de manufactura de maquinarias.



Figura 14: Baroladora de láminas

Fuente: <http://quito.nexolocal.com.ec/p5712024-maquina-roladora-de-laminas-de-acero-3mm-nueva-quito-otras-ventas>

### 1.3.3.2 Baroladora de Láminas de 3 Rodillos

Este tipo de baroladoras de 3 rodillos, pueden tener rodillos simétricos o asimétricos. En algunos modelos el rodillo superior es fijo, pero en otros puede tener movimiento vertical. Los rodillos inferiores de igual manera pueden ser fijos o tener movimiento independiente uno del otro. Lo cual permite el pre doblado de la pieza teniendo como resultado una circunferencia perfecta hasta en sus extremos.

### 1.3.3.3 Baroladoras de Láminas Piramidal

Son aquellas donde los rodillos inferiores son de igual diámetro y el diámetro del rodillo superior puede ser el doble de los inferiores. El movimiento es transmitido por catarinas hacia los rodillos inferiores, por lo general son fijos. El rodillo

superior gira lentamente y depende de la fricción con el material que se vaya a barolar. El rodillo superior se levanta para poder ingresar el material a barolar y se regula de acuerdo al diámetro requerido.

Debido a que el rodillo superior es loco se tiene limitaciones en el espesor del material a barolar y con tamaños muy grandes en los diámetros de barolado, otra desventaja es que no se puede realizar un pre doblado por la posición de los rodillos.

#### **1.3.3.4 Baroladoras de Láminas tipo Pinch**

Este tipo de baroladoras se encuentra formada por tres rodillos, donde generalmente los rodillos son de igual diámetro, sin embargo cuando el material es muy grueso el diámetro del rodillo superior disminuye en relación con los inferiores.

Generalmente los rodillos posteriores son impulsados por la fuerza motriz, sin embargo para obtener grandes diámetros con láminas de espesor delgado es preferible que la fuerza sea distribuida en los tres rodillos generando mayor fricción en la plancha metálica. La posición de los rodillos va distribuida de la siguiente manera, el rodillo superior es fijo, mientras que el rodillo inferior es graduable verticalmente según el espesor de la plancha metálica, la posición del rodillo barolador es graduable a 30 dependiendo del diámetro que se desee obtener en la plancha metálica.

#### **1.3.3.5 Baroladora de Tubos y Perfiles**

El proceso de doblar, deformar, curvar tubos y perfiles metálicos siempre ha sido un problema en los talleres industriales. Esto porque carece de un equipo que sea lo suficientemente eficaz y rápido al momento de barolar. Debido a la necesidad de una máquina capaz de barolar tubos y perfiles con un terminado perfecto. Se han ido creando diversos mecanismos para desarrollar este trabajo el cual ha ido mejorando con el pasar de los años. En primeras instancias este procedimiento se

lo realizaba con la ayuda de moldes donde el material terminado no era del todo perfecto, entonces se procedía a rectificar por medio de golpes con martillos o mazo lo cual en instancias deformaba aún más el material, por consecuente no tenía un acabado limpio y tampoco era lo que se deseaba con dicho proceso.

Luego a esto se buscó otros métodos para obtener una manera más eficaz un mejor terminado dando inicio a la construcción de máquinas de rodillos de acción manual que en su instancia se hacían girar por medio de manivelas y una vez terminado su ciclo se debía girar inversamente para llegar a conseguir el ángulo adecuado de rolado deseado lo cual hacia un proceso dificultoso de mayor espera y también un poco difícil

#### **1.3.4 Mecanismos de transmisión de potencia de una máquina baroladora**

La transmisión de potencia en una máquina baroladora consiste en intercambiar la energía mecánica (volante, manivelas) o energía eléctrica (motor eléctrico) de entrada a velocidad de rotación en los rodillos mediante la ayuda de cualquier tipo de mecanismo.

Aquí se citan algunos tipos de transmisión:

- Barras en mecanismos articulados o el mecanismo de biela manivela
- Cables, la mayoría únicamente funcionan a tracción, aunque hay otros cables especiales para transmitir otro tipo de esfuerzos como los cables de torsión
- Engranajes
- Ruedas de fricción, que transmiten movimiento perimetral, como las ruedas de un vehículo
- Discos de fricción, que transmiten movimiento axial, similar a un disco de embrague
- Chavetas y ejes nervados
- Juntas cardan y juntas homocinéticas
- Levas

- Poleas

### **1.3.5 Transmisión de potencia a los ejes conductores de la máquina baroladora**

Para la transmisión de potencia entre ejes de la máquina baroladora se pueden emplear engranajes rectos o engranajes helicoidales. La ventaja de trabajar con engranajes helicoidales es que sus dientes proporcionan una marcha mucho más suave que la de los engranajes rectos, lo cual hace que se trate de un sistema más silencioso, con una transmisión de fuerza y de movimiento más uniforme y segura, la desventaja de estos engranajes respecto a los rectos es su alto costo de fabricación.

### **1.3.6 Transmisión de potencia mediante engranajes**

Los engranajes son mecanismos utilizados en la transmisión de movimiento rotatorio y movimiento de torsión entre ejes. Este sistema posee grandes ventajas con respecto a las correas y poleas:

Reducción del espacio ocupado, relación de transmisión más estable, no existe posibilidad de resbalamiento, posibilidad de cambios de velocidad automáticos y, sobre todo, mayor capacidad de transmisión de potencia.

Se trata de un sistema reversible capaz de transmitir potencia en ambos sentidos por lo que es ideal para baroladoras tipo pinch. La desventaja de este sistema es que su funcionamiento está restringido a distancia cortas entre ejes, cuando las distancias son largas se emplean engranes locos.

En un sistema de este tipo se le suele llamar rueda al engranaje de mayor diámetro y piñón al más pequeño. Para la transmisión de potencia entre ejes de baroladoras se pueden emplear engranajes rectos o helicoidales.

### **1.3.7 Transmisión de potencia mediante cadena y Catarina**

Mediante este sistema se consiguen transmitir potencias relativamente altas entre ejes distantes, incluyen una relación constante puesto que no existe deslizamiento ni arrastre, posee vida larga y capacidad para impulsar varios ejes a partir de una sola fuente de potencia.

El movimiento rotatorio y el movimiento de torsión se transmiten entre ejes por la tracción entre la cadena y las ruedas dentadas o también llamadas catarinas. Para evitar problemas de pérdida de velocidad por el resbalamiento de la cadena será necesario que esta se mantenga suficientemente tensa, además, un sistema de este tipo necesita de un mantenimiento continuo de lubricación para reducir el deterioro y el desajuste entre la cadena y los piñones, así como el funcionamiento ruidoso de este.

## **1.4 RESISTENCIA DE LOS CUERPOS**

La resistencia de materiales o resistencia de los cuerpos, trata del estudio y relación entre los esfuerzos internos y las deformaciones, que se produce en los cuerpos reales.

Así mismo se relaciona con los cambios de su forma y tamaño del cuerpo dependiendo de la carga que se ejerza sobre el mismo material a deformar.

### **1.4.1 Propiedades del Acero**

Los materiales más usados en la construcción no se encuentran en la naturaleza en estado puro, por lo que para su empleo hay que someterlos a una serie de operaciones metalúrgicas cuyo fin es separar el metal de las impurezas u otros minerales que lo acompañen.

Pero esto no basta para alcanzar las condiciones óptimas, entonces para que los metales tengan mejores propiedades, se someten a ciertos tratamientos con el fin

de hacer una aleación que los haga aptos para adoptar sus formas futuras y ser capaces de soportar los esfuerzos.

El acero como material indispensable de refuerzo en las construcciones, es una aleación de hierro y carbono, en proporciones variables, y pueden llegar hasta el 2% de carbono, con el fin de mejorar algunas de sus propiedades, puede contener también otros elementos. Una de sus características es admitir el temple, con lo que aumenta su dureza, flexibilidad, ductilidad y resistencia a la fatiga.

El acero es una aleación de hierro combinado con 1% aproximadamente de carbono. El mismo que sometido a tratamientos térmicos, adquiere por el temple gran dureza y elasticidad. Hay aceros especiales que contienen además, en pequeñísima proporción, cromo, níquel, titanio, volframio (wolframio) o vanadio.

Se caracteriza por su gran resistencia, contrariamente a lo que ocurre con el hierro. Este resiste muy poco a la deformación plástica por estar constituida solo con cristales de ferrita; cuando se alea con carbono, se forman estructuras cristalinas diferentes que permiten un gran incremento en su resistencia. Entre sus características están:

**Ductilidad:** Es la elongación que sufre la barra cuando se carga sin llegar a la rotura, las especificaciones estipulan que el estiramiento total hasta la falla, no sea menor que cierto porcentaje mínimo.

**Resistencia a la tensión:** Es la máxima fuerza de tracción que soporta la barra cuando se inicia la rotura dividida por el área de sección inicial de la barra. Se denomina también, más precisamente, carga unitaria máxima a tracción.

**Límite de fluencia:** Es la tensión a partir de la cual el material pasa a sufrir deformaciones permanentes, es decir, hasta este valor de tensión, si interrumpimos el fraccionamiento de la fuerza, el material volverá a su estado inicial, sin presentar ningún tipo de deformación permanente, esta se llama deformación elástica.

El ingeniero utiliza el límite de fluencia de la barra para calcular la dimensión de la estructura, pues la barra soporta cargas y sobrecargas hasta este punto y vuelve a su condición inicial sin sufrir deformación. Pasado este punto, la estructura se encuentra en riesgo de sufrir una ruptura.

**Dureza:** Se define como la propiedad del acero a oponerse a la penetración de otro material

**Esfuerzo de fluencia ( $\delta y$ ):** La fluencia se define como la deformación irrecuperable del material, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible en el material. Este fenómeno se sitúa justo encima del límite elástico, y se produce un alargamiento muy rápido sin necesidad que su tensión cambie.

El esfuerzo de fluencia es el punto donde comienza el fenómeno conocido como **fluencia**, que consiste en un alargamiento muy rápido, sin necesidad que su tensión cambie sobre un material. Hasta el punto de fluencia el material se comporta elásticamente, siguiendo la ley de Hooke, y por tanto se puede definir el módulo de Young. A continuación se detalla el diagrama correspondiente a tensión y deformación que experimenta el material. Figura 15 diagrama del esfuerzo de fluencia del acero.

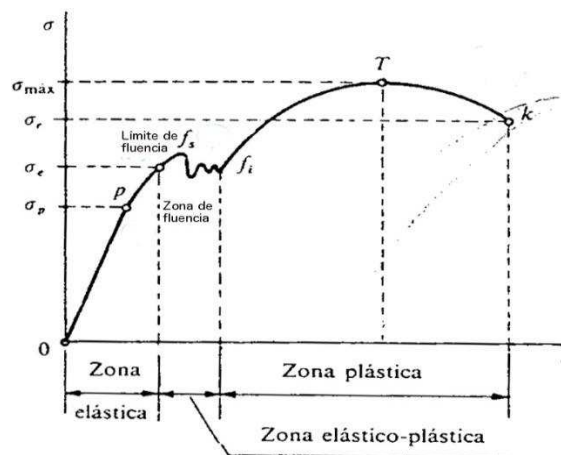


Figura 15: Diagrama de esfuerzo de fluencia  
Fuente: (Hans\_Topo1993, 2013)



### 1.4.2 Recuperación elástica del material

La deformación plástica de los metales siempre va a estar seguida por alguna restitución elástica al retirarse la carga, debido a que estos materiales tienen un módulo finito de elasticidad.

Cuando la presión de doblado se retira al terminar la operación de deformación, la energía elástica permanece en la parte doblada haciendo que esta recobre parcialmente su forma original. Esta recuperación elástica se define como el incremento del ángulo comprendido por la parte doblada en relación con el ángulo comprendido de la herramienta formadora después de que esta se retira.

En algunos tipos de acero tienen un efecto de rebote unos en mayor o menor magnitud. La cantidad del rebote que se puede medir es en grados o milímetros en el caso del diámetro de barolado. En el barolado de láminas a la restitución elástica se la conoce como rebote, y puede observarse con facilidad si se dobla una pieza de hoja metálica o de alambre y se suelta después. Esta restitución no solo se observa en placas planas, sino también en perfiles sólidos o huecos.

El ángulo final de doblado después de la restitución es menor que el ángulo al cual se dobló la parte, y el radio final de doblado es mayor que antes de que ocurriera este rebote. Se puede concluir que los factores que intervienen en la restitución elástica son los siguientes:

- A menor espesor de lámina, mayor restitución elástica
- A mayor radio de barolado, mayor es la restitución elástica
- A mayor límite de fluencia, mayor es la restitución elástica
- A mayor módulo de elasticidad, menor es la restitución elástica
- Al doblar laminas en menos pases de barolado, menor será la restitución elástica

### 1.4.3 Deformación del material mediante el momento límite

El modelo más aproximado al análisis de la deformación del material en el pre doblado es el de una viga en voladizo con carga intermedia; donde las láminas, perfiles y varillas metálicas actúan como vigas, el empotramiento lo realizan los rodillos que ajustan a la lámina, y la carga o fuerza inclinada es realizada por el rodillo barolador.

Si las cargas sobre una viga son suficientemente grandes como para hacer que el esfuerzo sea mayor que la resistencia a la fluencia se dice que la viga sufre flexión inelástica. Este efecto es el que se va a aprovechar para el conformado mediante el barolado, lo que se desea es causar un esfuerzo lo suficientemente grande sobre las láminas o perfiles a barolar de tal manera que queden deformadas permanentemente y obtengan la forma deseada por el operario, como es el caso del pre doblado y deformado de lámina.

Para analizar la flexión inelástica de una viga se debe asumir que es una flexión elastoplástica. La flexión elastoplástica se presenta en aquellos materiales que se apegan a la ley de Hooke hasta el límite de proporcionalidad, que supone el mismo esfuerzo del límite de fluencia.

Otro concepto que cabe revisar es el momento elástico máximo. Al momento que una viga se flexiona, llega un punto donde las fibras exteriores sufren un endurecimiento debido a que han sobrepasado el límite elástico, y pasan a la zona plástica. Mientras el momento flexionante se incrementa, disminuye en profundidad la zona elástica, hasta que se llegue a un punto donde la zona sobre el eje neutro llegue a ser totalmente plástica al igual que la zona bajo el eje neutro. Cuando el momento flexionante es mayor que el momento de fluencia pero aún no ha alcanzado el momento plástico, las partes exteriores de la viga estarán sometidas al esfuerzo de fluencia y la parte interior tendrá una distribución de esfuerzos con variación lineal.

## CAPÍTULO II

### 2. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA MÁQUINA BAROLADORA

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

El diseño de la máquina baroladora se fundamenta en el método inductivo puesto que se examinarán todas las partes generales y el funcionamiento de la máquina baroladora de tubos y perfiles, analizando también sus ventajas y desventajas de diseño para luego adaptarlas en la construcción de la máquina propuesta.

#### 2.2 Parámetros para el diseño

El diseño de la máquina baroladora se realizó considerando las siguientes necesidades y condiciones:

- La máquina baroladora se instaló en un lugar estratégico de tal forma que brindó comodidad y facilidad de manipulación del perfil o tubo a barolarse.
- La máquina baroladora debe deformar los siguientes materiales.
  - ✓ Tubo redondo de 2 pulgadas de diámetro y dos milímetros de espesor.
  - ✓ Tubo cuadrado de 2 pulgadas y dos milímetros de espesor.
  - ✓ Perfil tipo T de 1 ½ de ala por 1 ½ de alto por dos milímetros de espesor.
- La máquina debe contar con todos los accesorios para barolar tubos y perfiles.
- La máquina debe mantener velocidades bajas para hacer del proceso del barolado una operación segura.

### **2.2.1 Parámetros de funcionalidad**

- Barolar perfiles y tubos de hasta 2 milímetros de espesor y 2 pulgadas de sección transversal.
- Realizar el proceso del barolado de forma segura.
- Reducir las altas revoluciones procedentes del motor eléctrico mediante un reductor de velocidades.
- Transmitir la potencia por medio de piñones de cadena hacia los rodillos baroladores.
- Invertir el sentido de giro de motor (horario – anti horario) mediante un .circuito eléctrico.
- Controlar la presión del barolado mediante un gato hidráulico de accionamiento manual acoplado al eje superior de la máquina baroladora.
- Tener dominio y control de los perfiles y tubos a barolar.

### **2.2.2 Requerimientos de la máquina baroladora**

Considerando el bajo costo de construcción, disponibilidad de material, elementos en el mercado, eficiencia de la máquina y fácil operación, basándose en un sin número de requisitos que debe cumplir la máquina baroladora, se han destacado los siguientes.

- La máquina debe estar estructurada adecuadamente de tal forma que resista los esfuerzos de tensión producidos mediante la operación del barolado.
- La máquina debe barolar tubos redondos de hasta 2 pulgadas de diámetro, tubos cuadrados de dos pulgadas y perfil tipo T de 2 milímetros de espesor.
- Los ejes tanto conductores como conducidos debe ser de un acero resistente al pandeo y cuyas propiedades tecnológicas permitan maquinarse el material; realizando el proceso del torneado, roscado, fresado y ajustes necesarios.

- Los cojinetes deben apoyarse en las placas soporte laterales de la máquina y soportar las cargas radiales que se producen durante la operación del barolado.
- Los moldes baroladores serán de fácil montaje y desmontaje de tal forma que el operador tenga la facilidad de cambiar los mismos según sea la necesidad.
- Los moldes baroladores llevarán entallado la forma del perfil y tubo a barolar.
- Se deben obtener diversos diámetros de barolado.
- La transmisión de potencia de los rodillos inferiores (conductores) se hará mediante un mecanismo de piñón y cadena
- Las altas revoluciones del motor se disminuirán mediante un reductor de velocidades en un promedio de 6 a 10 rpm.
- Se seleccionara un motor eléctrico con una potencia de 3 a 5 hp apoyado en la estructura de la máquina y asegurado mediante pernos con una longitud de roscado adecuado de tal forma que permita regular el motor templando la cadena para su correcto funcionamiento.
- La cadena debe ser acerada con el paso adecuado para que engrane con el piñón, y a su vez debe soportar los esfuerzos de tensión producidos al momento del barolado.
- El rodillo superior será conducido o arrastrado cuando se efectúe el proceso del barolado.
- La máquina debe contar con un circuito eléctrico de tal forma que permita invertir el sentido de giro del motor de horario a anti horario para realizar el barolado en ambos sentidos de giro.
- El sistema de desplazamiento vertical del eje superior se lo realizara mediante un gato hidráulico de accionamiento manual, provisto de un manómetro de presión que permita analizar la relación que existe entre la presión de barolado y el radio de curvatura.

### **2.3 Materiales y equipos necesarios para la construcción de la maquina baroladora**

A continuación se muestra el detalle de los materiales que se utilizaron para la construcción de la máquina baroladora, los mismos que fueron adquiridos en el medio industrial y financiados con los recursos propios de los investigadores.

- Plancha laminada de 8mm de espesor
- Plancha laminada de 6mm de espesor
- Plancha laminada de 10mm de espesor
- Un tubo de sección rectangular de 50 x 25 x 2mm de espesor
- Una plancha laminada de 1.5mm de espesor
- Tres ejes de aleación al carbono de 50mm de diámetro en acero 705
- Seis chumaceras de rodamientos esféricos de base rectangular de 38mm de diámetro
- Un gato hidráulico de accionamiento manual de 4 toneladas de capacidad
- Dos resortes flexibles de 150mm de longitud con un diámetro del alambre de 6mm
- Dos mangueras hidráulicas de 6mm de diámetro de 1500psi de capacidad
- Un manómetro de fluido de 3000psi
- Tres piñones de cadena de 30 dientes de paso 40
- Tres metros de cadena de rodillos de 40 de paso
- Un reductor de velocidades con relación de transmisión de 10 a 1
- Pernos varios
- Un motor eléctrico trifásico de 3500rpm y 3 hp de potencia
- Dos poleas de doble canal de 75mm de diámetro
- Dos bandas en v de 300mm de longitud
- Dos contactores de 220watt
- Un breaker de tres polos de 15amp
- Un relé térmico de 6 a 9 amp.
- Una caja de tres elementos
- Dos pulsadores normalmente abiertos

- Un pulsador normalmente cerrado
- Dos luces pilotos (verde y roja)
- Cinco metros de cable concéntrico de 4 líneas
- Dos litros de fondo gris uniprimer
- Un litro de pintura sintética color gris
- Un litro de pintura sintética color rojo
- Tres litros de diluyente

### **2.3.1 Maquinas herramientas utilizadas para la construcción de la maquina baroladora**

- Máquina soldadora de electrodo revestido
- Taladro manual
- Taladro pedestal
- Torno
- Fresadora
- Mortajadora
- Equipo de oxicorte
- Pulidora
- Esmeril de banco
- Compresor

## **2.4 Diseño de la parte estructural y mecanismos**

Para seleccionar y diseñar la máquina baroladora fue necesario establecer algunos parámetros y requerimientos como: seguridad, fácil operación, economía y mantenimiento. Se llegó a la conclusión de que el tipo de baroladora más adecuado para esta investigación es el siguiente:

En la siguiente figura se describe el diseño estructural de la máquina baroladora, que fue elaborado en el programa de AutoCAD.

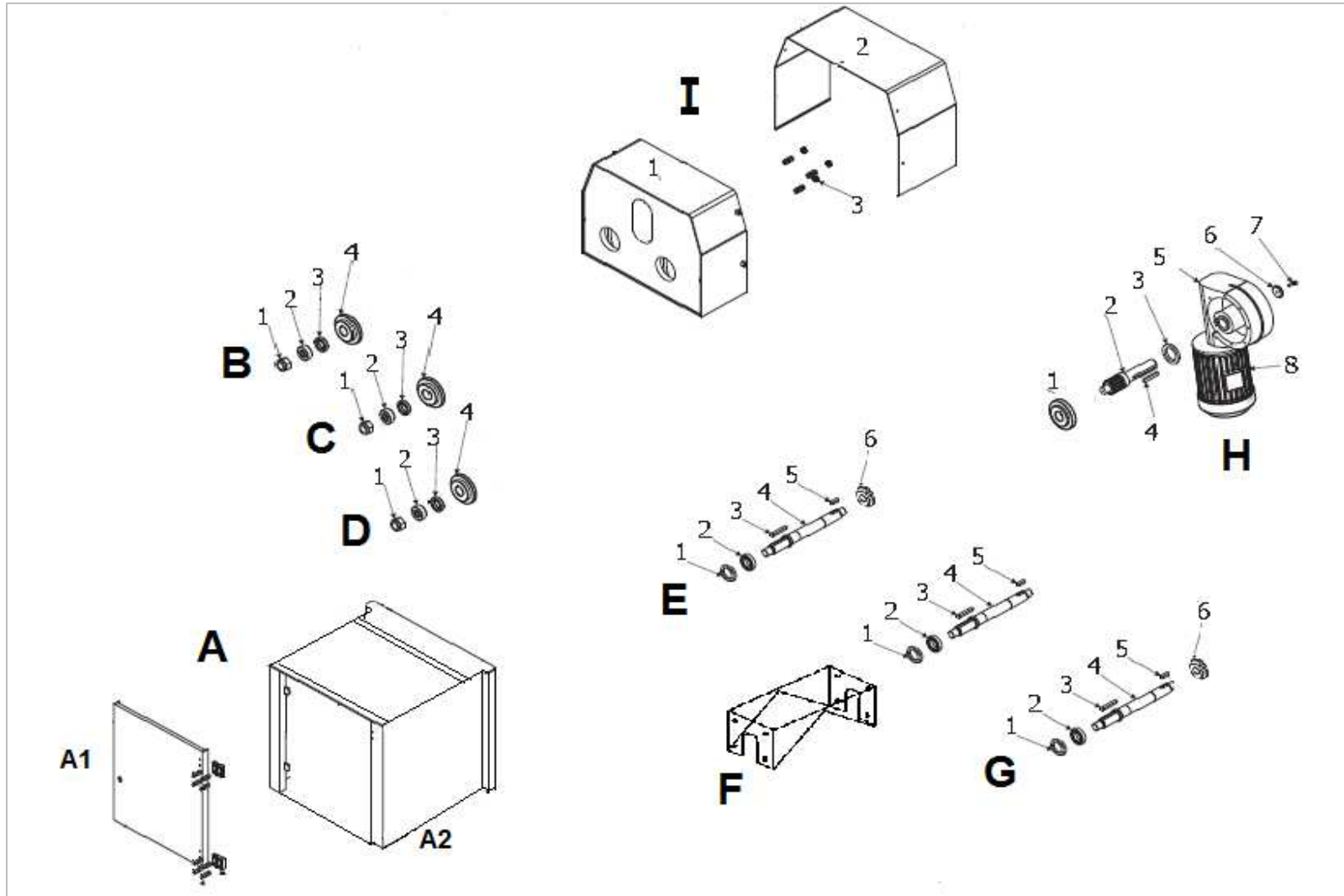


Figura 16: Diseño estructural de la máquina baroladora  
 Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel



La baroladora tendrá como componentes los siguientes elementos:

- a) Dos placas laterales soportes
- b) Tres ejes de sección transversal circular
- c) Un cilindro hidráulico de accionamiento manual
- d) Un motor eléctrico de giro reversible
- e) Un reductor de velocidades
- f) Un mando eléctrico
- g) Tres piñones de cadena
- h) Pernos barrios de sujeción
- i) Un pedestal
- j) Cadena de rodillo acerada
- k) Manómetro de glicerina de 3000Psi
- l) Dos mangueras hidráulicas
- m) Dos poleas de aluminio de 4 pulgadas.

#### **2.4.1 Diseño de las placas laterales**

Las placas laterales son las que servirán de apoyo a los ejes principales de la máquina baroladora, se optó por una de las variables más adecuadas considerando la función que va a desarrollar, seleccionando una plancha laminada de 6 mm de espesor en cuya superficie se mecanizará las perforaciones, ranuras y todos los detalles que se requiere para que cumpla su función, considerando que las dimensiones deben ser iguales en las dos placas, ya que van a funcionar en posición paralela.

En el centro de la plancha llevará una ranura de ancho igual al diámetro del eje, la cual le permite al eje superior desplazarse verticalmente para ejercer presión sobre el material a barolar.

De igual forma en la superficie de las placas van las perforaciones respectivas para ensamblar las chumaceras para los ejes inferiores de la máquina, cuyo espesor es de 6mm.

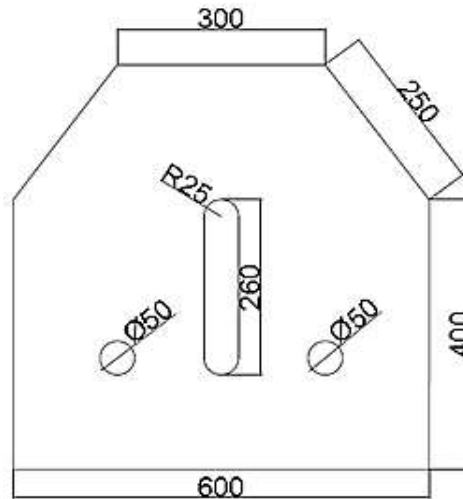


Figura 17: Diseño de las placas laterales  
 Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

#### 2.4.2 Diseño de los ejes baroladores de la máquina

Los ejes baroladores se diseñaron de tal forma, que permitan un montaje y desmontaje, en caso de ser necesario para sus respectivos mantenimientos. El material seleccionado fue acero 705, debido a que este material presenta resistencia a cargas, por el porcentaje de carbono que contiene. Se consideró construir los ejes en acero de transmisión, por su bajo costo y facilidad de adquisición en el mercado, pero se descartó debido a la baja resistencia de estos materiales cuando se aplican cargas sobre ellos, que ocasionan el pandeo de los mismos.

En el diseño también se consideró la opción de fabricarlos con sombreros o topes que impidan el desplazamiento axial del eje con referencia a sus respectivas chumaceras, en uno de sus extremos se diseñó una rosca, que sirve de sujeción al molde montado sobre el eje, y de igual forma está provisto de un chavetero en el cual se acopla una chaveta que permite la unión ente el molde y el eje, consiguiendo que giren de forma sólida

A continuación se ilustra gráficamente el diseño de los ejes cuyas dimensiones están expresadas en milímetros.

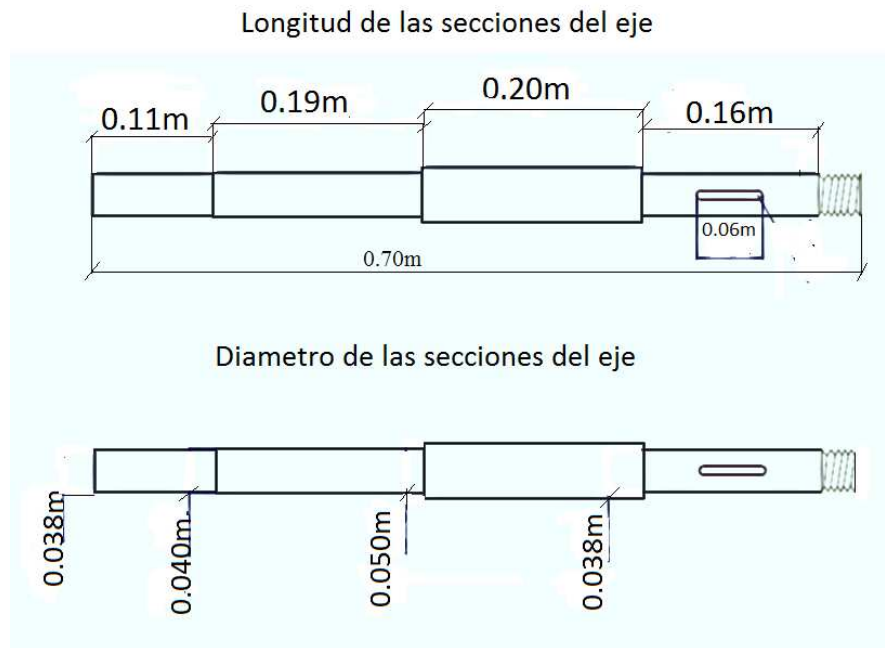


Figura 18: Diseño de los ejes baroladores  
 Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 2.4.3 Diseño de la rosca y el chavetero para el eje

Para este diseño se consideró la revolución de giro del eje y las cargas axiales por parte del molde que son relativamente bajas, se optó por seleccionar una rosca triangular, hilo grueso de 8 hilos por pulgadas (NC x 1 ½ x 8).

Se consideró que la chaveta para el eje se la diseñe de tal forma que no ejerza presión radial entre el eje y el molde, con la tolerancia necesaria que permita un desplazamiento axial entre estos dos componentes, a fin de facilitar el desmontaje cuando sea necesario.

De igual forma la rosca también tendrá la tolerancia necesaria, para que el montaje y desmontaje se lo realice manualmente, la rosca se fabricará con las siguientes especificaciones: NC 11/2 x 8 hilos por pulgada.

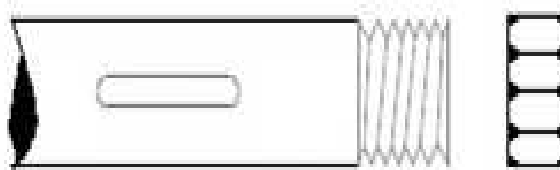


Figura 19: Diseño de la rosca y el chavetero  
 Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

#### 2.4.4 Diseño de los moldes baroladores

Los moldes baroladores consisten en una pieza circular de eje macizo, en cuya superficie se mecaniza la forma del perfil o tubo a barolar, internamente tienen una perforación de diámetro igual al eje sobre el que van montados, estos moldes sirven de guía del perfil a barolar.

Para el diseño de los moldes baroladores se escogió la siguiente opción: Se optó por la forma más viable de construir estos moldes en acero de transmisión, porque brinda las propiedades de un acero macizo de baja aleación de carbono, que facilitará el tallado de la forma del perfil o tubo en el torno, además se lo puede conseguir a costos moderados y con facilidad en la industria metálica.

Se consideró realizar los moldes en fundición de aluminio, pero se descartó debido al desgaste que se ocasionaría por efecto de la fricción que se produce entre el material a barolar y el molde, posteriormente se consideró también en fabricarlos de hierro fundido idea que de igual forma se rechazó por el alto costo que representaban la fundición de estos moldes. En la siguiente figura se muestra las dimensiones de los moldes baroladores.

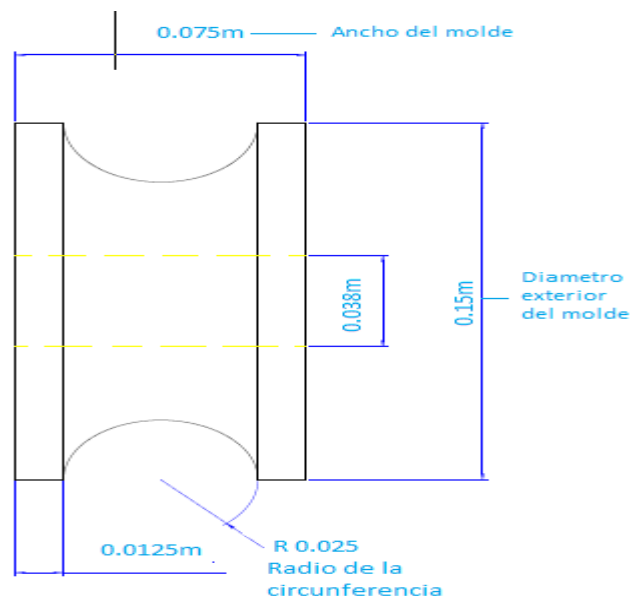


Figura 20: Diseño de Molde barolador para tubo redondo de 50mm de diámetro  
Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

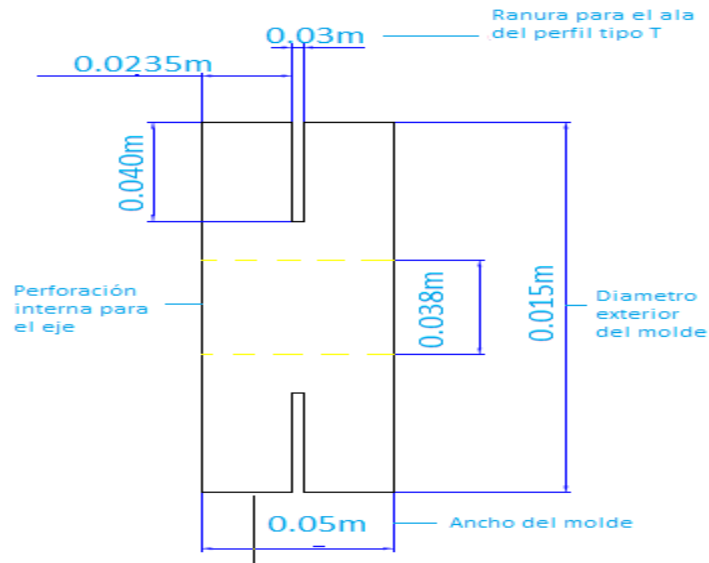


Figura 21: Molde barolador para perfil T  
 Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

#### 2.4.5 Diseño de la base para el desplazamiento vertical del rodillo superior

Se definió un mecanismo sencillo que brinde la rigidez necesaria al momento de ejercer presión sobre el material a barolar, para buscar la forma en que el rodillo superior se desplace verticalmente, minimizando en lo posible el efecto de fricción que se produce entre dos metales en contacto.

Se fabricó un cajetín con la tolerancia necesaria para que se desplace con facilidad sobre la superficie de las caras internas de las placas laterales. Dicho cajetín estaría formado por pequeñas planchas laminadas de 10mm de espesor, en el cual se acoplarían las chumaceras del eje superior.

Se consideró también que el cajetín contaría con entradas en las placas laterales, de tal forma que el montaje y desmontaje del eje se lo realice con facilidad.

En la parte superior del cajetín tendrá una perforación que permita unir el émbolo del gato hidráulico con el cajetín, desplazándose tanto el émbolo y el cajetín como un solo bloque, concluyendo que si el émbolo desciende o asciende arrastra con él al cajetín y consecuentemente al eje sobre el cual se monta el rodillo superior.

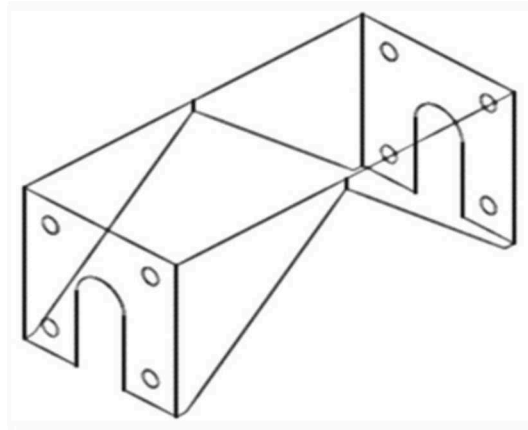


Figura 22: Base del rodillo superior  
Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

#### 2.4.6 Diseño de la mesa pedestal de la máquina baroladora

Para este diseño se consideró la opción de realizarlo con plancha de tol negro de 1.02 mm de espesor, cuyo bosquejo está provisto con una puerta frontal que permita el acceso al motor eléctrico y el reductor de velocidades, para actividades de mantenimiento y ajuste.

En el diseño se estimó construir el pedestal con perfil ángulo, opción que se descartó debido a que, tanto el motor, el reductor y el mecanismo de piñón y cadena, quedaban descubiertos, lo que representa un riesgo, incumpliendo las condiciones de seguridad.

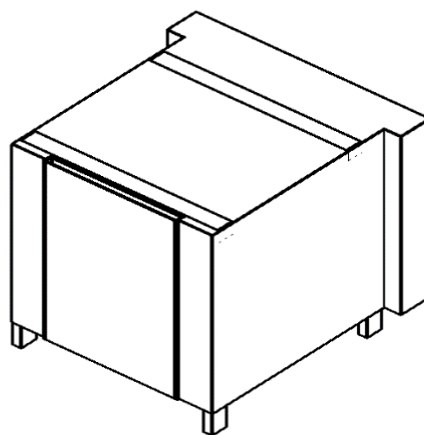


Figura 23: Mesa pedestal de la máquina  
Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 2.4.7 Diseño del reductor de velocidades

Para el diseño se optó por un mecanismo reductor denominado rueda y tornillo, se consideró esta alternativa por las altas revoluciones de entrada, procedentes del motor eléctrico. El reductor estaría formado por dos ruedas dentadas y dos tornillos, los cuales reducen la velocidad de giro de la siguiente manera:

Las 3500 rpm procedentes del motor eléctrico entran a la caja reductora por medio de un tornillo sin fin, y éstas a su vez se transmiten a una rueda dentada helicoidal de 20 dientes, ensamblada en el mismo eje del segundo tornillo sin fin, el cual transmite el movimiento a la segunda rueda dentada helicoidal, que entregaría las 7rpm de salida de la caja reductora. Velocidad que es adecuada para un barolado seguro. Se muestra en la figura 24 el mecanismo de la caja reductora.

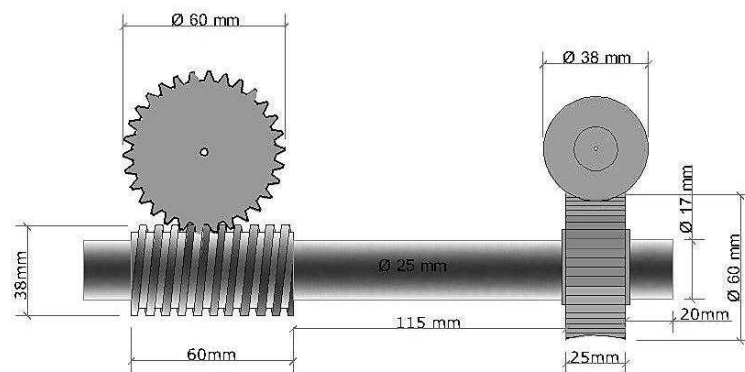


Figura 24: Reductor de velocidades  
Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 2.4.8 Diseño de los piñones de cadena para transmitir el movimiento de la caja reductora a los ejes inferiores de la máquina

Para el diseño de los piñones que transmiten el movimiento circular proveniente del reductor de velocidades hacia los ejes inferiores de la máquina baroladora, se escogió un material cuyas características resistan el efecto de fricción que se produce entre el flanco del diente del piñón y los rodillos de la cadena.

En virtud de que es costoso conseguir un material con estas características en la industria, se optó por construir los mencionados piñones en acero de transmisión de 130mm de diámetro, mecanizándolo en el torno y posteriormente en la fresadora, obteniendo finalmente un piñón de 60 dientes de paso 40 de 130mm de diámetro exterior.

Debido a que el acero de transmisión es un acero dulce (suave), se realizó un tratamiento térmico (temple) en el área superficial de los dientes del piñón. Cabe resaltar que los tres piñones son de igual dimensión con igual número de dientes e igual paso, los mismos que se ubican dos en los ejes inferiores de la máquina y uno en el eje de salida del reductor de velocidades.

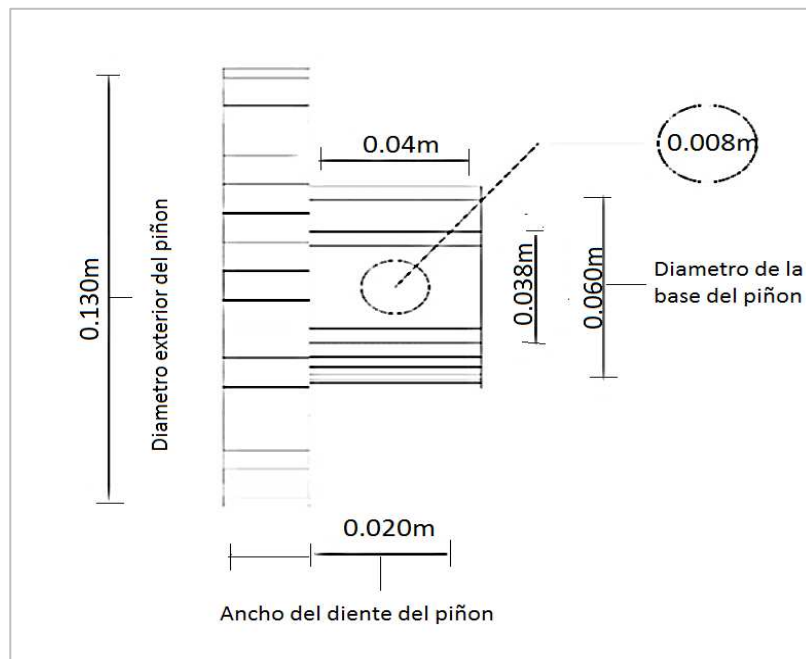


Figura 25: Piñones de cadena  
Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

#### 2.4.9 Diseño del circuito eléctrico

El circuito eléctrico diseñado considera todas las necesidades y parámetros de funcionamiento de la máquina baroladora, concluyendo en que los rodillos deben girar en sentido horario y anti horario por el movimiento del motor eléctrico. Por este motivo se diseñó un circuito que permita invertir el sentido de giro del motor



con facilidad y comodidad para el operario, por medio de dispositivos de control y mandos eléctricos.

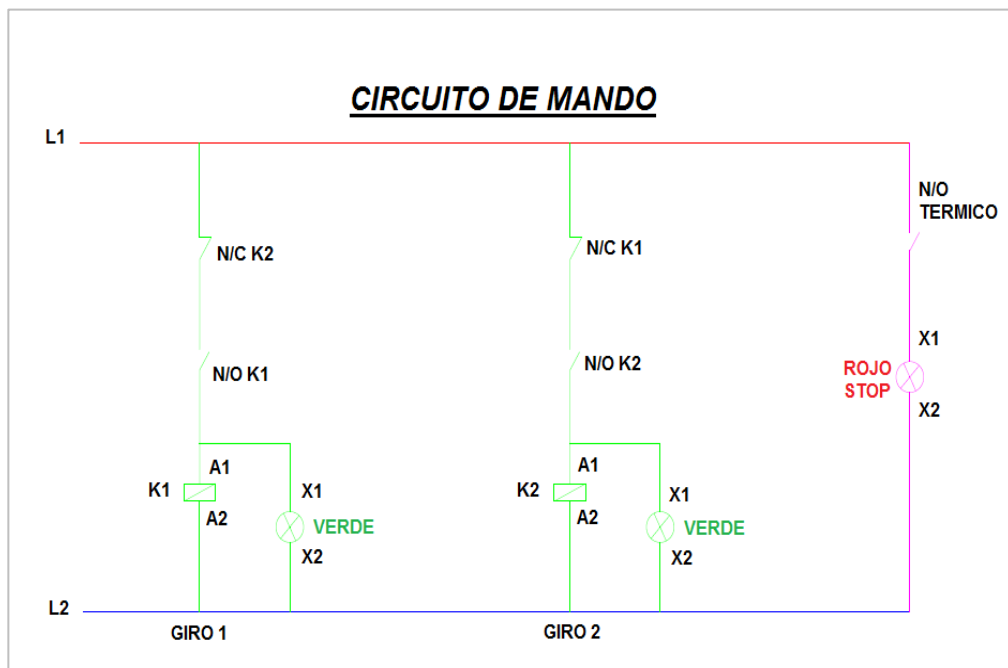
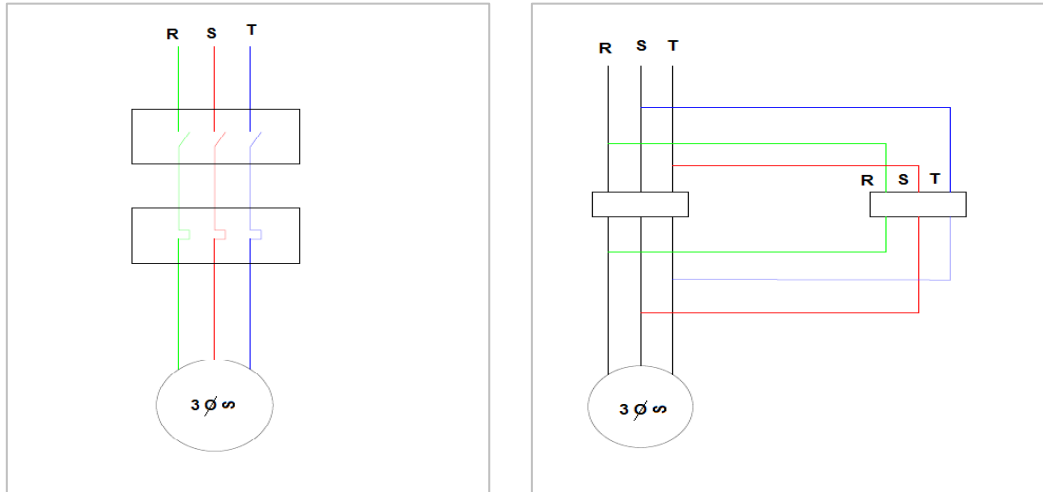


Figura 26: Esquema del circuito eléctrico  
Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

El circuito eléctrico está formado por un breaker, dos contactores con sus respectivas bobinas, un relé térmico, dos contactos auxiliares normalmente cerrados, dos luces pilotos, dos pulsadores de marcha y uno de paro en caso de que se requiera parar el funcionamiento de la máquina baroladora por algún imprevisto.

## 2.5 CÁLCULO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

El cálculo de las fuerzas del barolado se realizó considerando fórmulas matemáticas y nomenclaturas apropiadas para el diseño de la máquina, en virtud que se producen distintas fuerzas en el proceso del barolado, las cuales dependen directamente del tipo de material y el momento límite del mismo para lograr, bien sea una deformación plástica o permanente por efecto del rebote del material.

El análisis estático de las fuerzas que intervienen en el proceso del barolado, se inician en el pre doblado donde actúa una fuerza de barolado ( $F_b$ ), de tal forma que logre una deformación en el material a barolar, con la curvatura deseada de acuerdo al desplazamiento vertical del rodillo superior. También actuaron en el proceso del barolado fuerzas de rozamiento ( $F_r$ ), entre los rodillos y el material a barolar como se muestra en la figura 27 del diagrama de las fuerzas que actúan en el proceso del barolado.

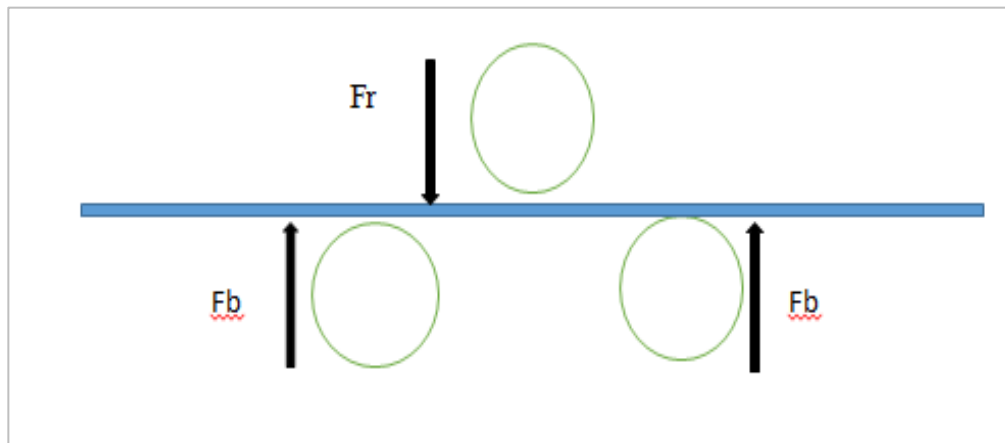


Figura 27: Diagrama de las fuerzas que actúan en el proceso del barolado  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 2.5.1 Nomenclaturas utilizadas en el cálculo

Para el cálculo de las fuerzas de barolado se utilizaron las siguientes fórmulas:

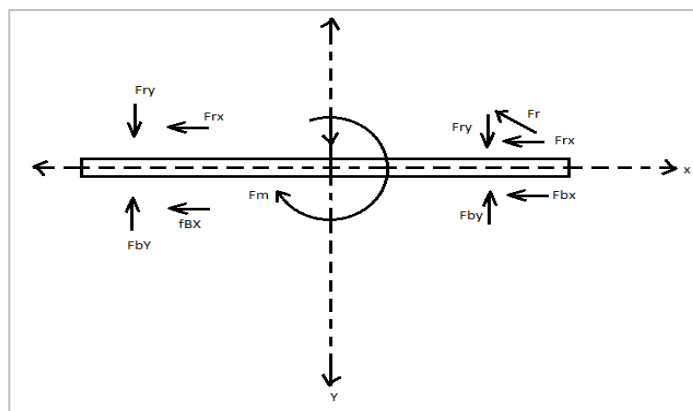
**Tabla 5: Nomenclaturas de las fuerzas utilizadas en el cálculo**

NOMENCLATURA	ESPECIFICACIÓN
D	Diámetro de los rodillos
R	Radio de los rodillos
Rb	Radio de barolado
B	Longitud del material a barolar
E	Espesor del material a barolar
C	Altura del perfil tipo T a barolar
D	Diámetro del tubo a barolar
Fa	Fuerza de aplastamiento de los rodillos
Fb	Fuerza necesaria para barolar
Fbx	Componente en x de Fb
Fby	Componente en y de Fb
Fm	Fuerza motriz
Fr	Fuerza de rozamiento material y rodillo barolador
Fr <sub>x</sub>	Componente en x de Fr
Fr <sub>y</sub>	componente en y de Fr
L	Distancia máxima entre el centro del rodillo inferior Y el centro del rodillo superior
Ml	Momento límite
$\delta_y$	Esfuerzo de fluencia del acero
$\delta_l$	Esfuerzo límite o plástico del material
$\mu$	Coefficiente de fricción acero – acero

Autores: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 2.5.2 Diagrama de cuerpo libre

Se detalla a continuación el diagrama de cuerpo en libertad de las fuerzas que intervienen en el proceso del barolado, y en donde se especifican todas las fuerzas establecidas en la tabla 5 referente a la nomenclatura de las fuerzas que intervienen en el proceso del barolado:



**Figura 28: Diagrama de cuerpo libre**

Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

El grafico 28 muestra el diagrama de cuerpo libre que define las fuerzas que intervienen en el proceso barolado.

$$Fr = Fb * \mu \quad (\text{Ecuación 1.2})$$

$$Fry = Fr * \cos 60^\circ \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

$$Frx = Fr * \sen 60^\circ \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

$$Fby = Fb * \cos 30^\circ \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

$$Fbx = Fb * \sen 30^\circ \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

$$\sum Fx = 0 \quad (\text{Ecuación 6.2})$$

$$Fm - Frx - Fbx = 0 \quad (\text{Ecuación 7.2})$$

$$Fm = Frx + Fbx \quad (\text{Ecuación 8.2})$$

$$\sum Fy = 0 \quad (\text{Ecuación 9.2})$$

$$-Fa - Fry + Fby = 0 \quad (\text{Ecuación 10.2})$$

$$Fa = Fby - Fr \quad (\text{Ecuación 11.2})$$

Se detalla a continuación la deducción de la ecuación para conocer la fuerza de barolado, las cuales fueron obtenidas del trabajo de grado realizado por los autores (Francisco & Jonathan, 2012).

$$\sum Ma = 0 \quad (\text{Ecuación 12.2})$$

$$-Ml - Fry(L) + Fby(L) = 0 \quad (\text{Ecuación 13.2})$$

$$- ML - Fb \cos 30^\circ L - \mu Fb \cos 60^\circ L = 0 \quad (\text{Ecuación 14.2})$$

$$- ML + Fb \frac{\sqrt{3}}{2} L - \mu \frac{Fb}{2} L = 0 \quad (\text{Ecuación 15.2})$$

$$- ML + Fb L \left( \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\mu}{2} \right) = 0 \quad (\text{Ecuación 16.2})$$

$$FB = \frac{ML}{\frac{1}{2} L (\sqrt{3} - \mu)} \quad (\text{Ecuación 17.2})$$

Según la norma ASTM (American Society of testing Materials) en español Sociedad Americana para prueba de Materiales, la cual regula los aceros estructurales y establece un límite de fluencia mínima en el acero de 250 MP

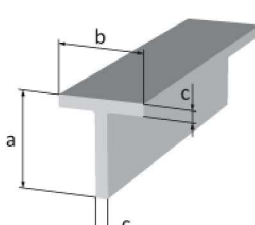
Tabla 6: Momento límite


DENOMINACIÓN	PROPIEDADES MECÁNICAS		
Tipo de acero	Límite elástico En Mpa	Resistencia a la Tracción en Mpa	Alargamiento a la Rotura en % c
Aceros de baja Aleación	220 – 280	300 – 360	20 – 18
Aceros de alta Aleación	280 - 550	360 - 560	18 – 15

Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

A continuación se detalla en la tabla 7, los momentos de los perfiles considerados en el diseño de la máquina baroladora.

Tabla 7: Momentos de perfiles y barras cilíndricas

PERFIL	SECCIÓN TRASVERSAL	MOMENTO LÍMITE
PERFIL TIPO T		$ML = \delta y \left( \frac{1}{2} \frac{c(c*b + 2ba + a^2)}{(b+a)^2} \right)^2$

<p><b>VARILLA REDONDA</b></p>		$ML = \frac{\sigma_y(d^3)}{6}$
-----------------------------------	---	--------------------------------

Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

Ahora que se conoce la ecuación 1.2 ( $F_r = F_b * \mu$ ) para encontrar la fuerza necesaria para barolar, es indispensable conocer el momento límite que se produce con mayor esfuerzo para considerarlo en la construcción de la máquina.

Para efecto del cálculo se consideró una varilla redonda de 25mm de diámetro, se muestra a continuación los datos necesarios para calcular el momento límite (MI).

### Datos

D= 25mm

$\sigma_y = 250\text{Mpa}$

Cálculo del momento límite en consideración a la varilla redonda

$$ML = \frac{\sigma_y(d^3)}{6} \quad (\text{Ecuación 18.2})$$

$$ML = \frac{250(25^3)}{6}$$

$$ML = 6,510 * 10^4 N * mm$$

En consideración al momento límite de la varilla redonda de 25mm de diámetro encontraremos la fuerza de barolado.

En la tabla se indica el coeficiente de fricción acero-acero.

Tabla 8: Coeficiente de fricción de algunos materiales

MATERIALES	COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICA	COEFICIENTE DE FRICCIÓN CINÉTICA
	$\mu_s$	$\mu_k$
zinc – hierro colado	0,85	0,21
Latón - acero	0,51	0,44
Cobre - acero	0,53	0,36
Aluminio - acero	0,61	0,47
Acero - acero	0,74	0,57

Fuente: (Engineers, 2015)

Donde

$$\mu = 0,74$$

$$L = 300 \text{ mm}$$

En la figura 29 se observa la longitud máxima entre el centro del rodillo inferior y el rodillo barolador.

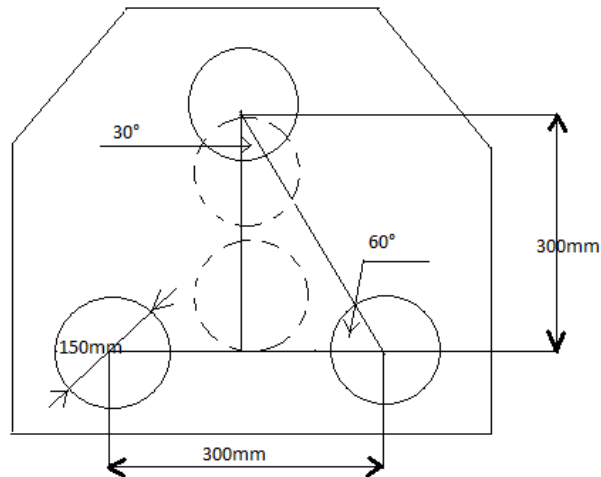


Figura 29: Longitud máxima entre el centro del rodillo superior y el rodillo barolador  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 2.5.3 Cálculo de la fuerza del barolado

$$Fb = \frac{ML}{\frac{1}{2}L(\sqrt{3} - \mu)} \quad (\text{Ecuación 17.2})$$

$$Fb = \frac{6,510 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}}{\frac{1}{2} 300 \text{ mm} (\sqrt{3} - \mu)}$$

$$Fb = \frac{6,510 \times 10^4 \text{ N}}{150 (\sqrt{3} - 0,74)}$$

$$Fb = 437,478 \text{ N}$$

$$Fb = 4,374 \times 10^4 \text{ N}$$

#### 2.5.4 Cálculo de la fuerza motriz en función de la fuerza de barolado

$$Fm = Frx + Fbx \quad (\text{Ecuación 8.2})$$

Dónde:

$$Fbx = Fb \cdot \text{sen } 30^\circ$$

$$Fbx = 2,187 \times 10^3 \text{ N}$$

#### 2.5.5 Fuerza de razonamiento entre el material y el rodillo barolador

$$Fr = \mu \cdot Fb \quad (\text{Ecuación 1.2})$$

$$Fr = (0,74) \cdot (4,374 \times 10^4 \text{ N})$$

$$Fr = 3,237 \times 10^4 \text{ N}$$

Fuerza motriz necesaria

$$Frx = Fr \cdot \text{sen } 60^\circ \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

$$Frx = (3,237 \times 10^4 \text{ N}) \cdot (\text{sen } 60^\circ)$$

$$Frx = 2,803 \times 10^4 \text{ N}$$

$$Fm = Frx + Fbx \quad (\text{Ecuación 8.2})$$

$$Fm = (2,803 \times 10^4 \text{ N}) + (2,187 \times 10^3 \text{ N})$$



$$F_m = 3,021 \times 10^4 \text{ N}$$

### 2.5.6 Cálculo de la potencia del motor

La potencia del motor es un factor muy importante en la construcción de máquinas y equipos para la industria, por tal motivo se debe considerar ciertos factores tales como: la fuerza motriz, el torque, la potencia, factores de fricción, para hacer una selección adecuada del motor.

Para efectos del cálculo se inicia de la fuerza motriz ya obtenida anteriormente en la ecuación 7.2 ( $F_m - F_{rx} - F_{bx} = 0$ ) y luego se procede a encontrar el torque máximo requerido del motor.

A continuación se muestra la tabla 9 con la nomenclatura correspondiente para calcular y posteriormente seleccionar correctamente el motor.

Tabla 9: Nomenclaturas para el cálculo de la potencia

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
Fm	Fuerza motriz
N1	Velocidad rotacional en rpm de v1
N2	Velocidad rotacional en rpm de v2
Pot	Potencia nominal del moto reductor
R	Radio de los rodillos
T	Torque requerido
V1	Velocidad mínima recomendada
V2	Velocidad máxima recomendada
Pot Req	Potencia requerida del reductor

Fuente: (Francisco & Jonathan, 2012)

Ahora se continúa con el proceso para encontrar el torque requerido considerando el radio de los rodillos y la fuerza motriz.

$$D = 150 \text{ mm}$$

$$R = 75 \text{ mm}$$

$$T = F_m \frac{R}{1000} \quad (\text{Ecuación 18.2})$$

$$T = 3,021 \times 10^4 \frac{75\text{mm}}{1000}$$

$$T = 2265,75 \text{ Nm}$$

Las velocidades para el proceso de barolado seguro oscilan entre:

Donde V1 = velocidad mínima de barolado

V2= velocidad máxima de barolado

$$V1 = 3,5 \text{ m/min}$$

$$V2 = 6 \text{ m/min}$$

Para efectos del cálculo de la máquina a construir se considera V1 (3,5m/min) de tal forma que el proceso del barolado se realice bajo adecuados niveles de seguridad.

$$N = \frac{V \cdot 1000}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad (\text{Ecuación 19.2})$$

$$N = \frac{(3,5) \cdot (1000)}{(2) \cdot (\pi) \cdot (75)}$$

$$N = 7,42 \text{ rpm}$$

Ya encontrado el número de revoluciones para el barolado, se calcula la potencia del motor:

$$POT = \frac{(2265,75) \cdot (7,42)}{7127}$$

$$POT = 2,3 \text{ hp}$$

### 2.5.7 Cálculo del reductor de velocidades

En la construcción de la máquina se utilizó un reductor formado por un tornillo cilíndrico y una rueda o corona de diente helicoidal cilíndrica, por ser un mecanismo muy eficiente como reductor de velocidades, puesto que se basa en el

principio de la tuerca y el tornillo lo cual establece que a mayor número de entradas, mayor velocidad de avance y menor revoluciones en la tuerca, por tal motivo una vuelta del tornillo provoca un pequeño movimiento en la rueda o corona.

En este tipo de engranajes los ejes generalmente se cruzan en un ángulo de 90° y el tornillo sin fin se define por su número de entradas o filetes que normalmente se establece entre uno y cinco. Pese a ser un mecanismo eficiente como reductor de velocidades hay que considerar que presenta desgastes por fricción entre la corona y el tornillo, razón por la cual se debe construir de un material cuyo coeficiente de fricción sea bajo y además debe trabajar lo más lubricado posible.

Para diseñar el reductor de velocidades es necesario conocer las revoluciones por minuto que entrega el motor y las rpm que se necesitan a la salida o en el último miembro a transmitir este movimiento.

Para realizar el cálculo del reductor de velocidades se inicia considerando las rpm que entrega el motor eléctrico.

$$POT = 3 \text{ hp}$$

$$RPM = 3500$$

La ecuación general para reducir velocidades por medio de un mecanismo de bandas es la que se detalla a continuación:

$$\frac{n2}{n1} = \frac{d1}{d2} \quad (\text{Ecuación 20.2})$$

Dónde:

*n2* = número de revoluciones de la polea conducida

*n1* = número de revoluciones de la polea conductora

*d1* = diámetro de la polea conductora

*d2* = diámetro de la polea conducida

Como las 3500 rpm que entrega el motor entran directamente al primer tornillo del reductor formado por dos tornillos sinfín de igual diámetro e igual número de entradas, y cuyas ruedas también son de igual diámetro y número de dientes, entonces se procede a calcular las revoluciones de salida, dividiendo las revoluciones de entrada para el número de dientes de la rueda.

$$V_e = \frac{v_1}{z_1} = \frac{3500rpm}{20} = 175 rpm \quad (\text{Ecuación 21.2})$$

$$V_s = \frac{ve}{z_2} = \frac{175 rpm}{20} = 8,7 rpm \quad (\text{Ecuación 22.2})$$

A continuación se detalla en la tabla 10 la nomenclatura necesaria para calcular nuestro sistema de reducción de velocidades formado por un mecanismo de engranajes cilíndricos helicoidales de tornillo sinfín.

Tabla 10: Nomenclaturas para el cálculo del reductor de velocidades

ESPECIFICACIÓN	TORNILLO SIN FIN	RUEDA
Modulo normal	Mn	Mn
Número de entradas del sin fin	Z1	
Numero de dientes de la rueda		Z2
Angulo de inclinación del tornillo	$\beta_1$	
Angulo de inclinación de la rueda		$\beta_2$
Angulo de garganta		$\alpha$
Modulo axial	Mx	
Diámetro primitivo	D1	
Diámetro exterior	Da1	
Paso axial	Px	
Longitud del sin fin	L	
Modulo circunferencial		Mc
Diámetro primitivo		D2
Diámetro de garganta		Da2
Radio de garganta		R
Distancia entre centros		C
Diámetro total de la rueda		De2
Ancho del dentado de la rueda		A

Fuente: (ARRIZABALAGA, 1989)

Posteriormente se continua con el cálculo de las dimensiones del tornillo y la rueda según la norma UNE 18067, la cual establece las características y medidas de los engranes de tornillo sinfin.

Se ilustra en la imagen 1 el mecanismo de engranes cilíndricos helicoidales de tornillo sinfin.



Imagen 1: Mecanismos de engranes cilíndricos helicoidales de tornillo sinfin.  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

Se establecen los siguientes datos generales para efecto del cálculo.

### **Datos**

$$Mn = 4$$

$$Z1 = 1$$

$$\beta1 = 84$$

$$Z2 = 20$$

$$\beta2 = 6$$

$$\alpha = \beta1 + \beta2 = 90^\circ$$

Datos para el tornillo sin fin.

$$Mx = \frac{Mn}{\text{sen } \beta1} \quad (\text{Ecuación 23.2})$$

$$Mx = \frac{4}{\text{sen}84^\circ}$$

$$Mx = 4,02$$

Se recomienda que el valor de (d1) sea un valor de 8, 10, 12 o 16 veces el módulo normal por lo tanto.

$$D1 = 8 \times 4 = 32 \text{ mm}$$

$$Da1 = d1 + 2mn$$

$$Da1 = (32) + (2 \times 4)$$

$$Da1 = 40 \text{ mm}$$

$$Px = (mx) * (\pi)$$

$$Px = (4,02) * (\pi)$$

$$Px = 12,62 \text{ mm}$$

$$L = (5) * (Px)$$

$$L = (5) * (12,62)$$

$$L = 63,1 \text{ mm}$$

Datos para la rueda helicoidal

$$Mc = Mx$$

$$Mc = 4,02$$

$$D2 = (Mc) * (Z2)$$

$$D2 = (4,02) * (20)$$

$$D2 = 80,4 \text{ mm}$$

$$Da2 = (D2) + (2Mn)$$

$$Da2 = (80,4) + [(2) * (4)]$$

$$Da2 = 88,4 \text{ mm}$$

$$\acute{\alpha} = (\beta1 + \beta2)$$

$$\acute{\alpha} = (6^\circ + 84^\circ)$$

$$\acute{\alpha} = 90^\circ$$

$$r = \frac{d1}{2} - Mn \quad (\text{modulo normal})$$

$$r = \frac{32}{2} - 4$$

$$r = 12 \text{ mm}$$

$$C = \frac{D1 + D2}{2}$$

$$C = \frac{32 + 80,4}{2}$$

$$C = 56,2mm$$

$$De2 = Da2 + Mn$$

$$De2 = 88,4 + 4$$

$$De2 = 92,4mm$$

**Para el cálculo del ancho del diente**, es necesario determinar la constante donde se establece que para tornillos de uno a dos filetes la constante es igual a 7,5.

Mientras que para tornillos de tres a cuatro filetes la constante es igual a 6,75.

$$A = (7,5) * (Mn + 6)$$

$$A = (7,5) * [(4) + (6)]$$

$$A = 36mm$$

### **2.5.8 Selección del eje barolador**

El movimiento circular es el más frecuente en las máquinas, por lo tanto se considera a los ejes o árboles como uno de los elementos primordiales en la construcción de las mismas.

Se denomina eje al elemento estático que sirve como base para que sobre el giren otros elementos, mientras que los principales tipos de ejes son los árboles considerados como un elemento dinámico apoyado en bases giratorias de tal forma que reciben la potencia del motor y la transmiten a otros elementos, generando un momento de torsión y cargas axiales producidas por el momento de giro.

En algunos casos el eje actúa como una viga, sometido principalmente a esfuerzos de flexión producidos por las fuerzas que actúan sobre él, por lo que es importante determinar el valor de la tensión admisible a la flexión ( $\sigma$ ).

Para aceros al carbono de baja aleación la tensión admisible a la deformación ( $\sigma$ ) se ubica entre 750 – 1800 kg / cm<sup>2</sup>. La selección del eje consiste básicamente en la determinación del diámetro adecuado, para garantizar la resistencia del mismo al transmitir movimiento circular a diferentes cargas.

El cálculo del eje se lo realiza por medio de la siguiente expresión.

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 M}{\sigma}} \quad (\text{Ecuación 24.2})$$

Dónde:

M = es el momento de giro del eje en centímetros por kilogramos,

$\sigma$  = es la tensión admisible a la flexión en kilogramos por centímetros cuadrados.

$$M = 71620 \frac{N}{n}$$

Siendo (N) la potencia en cv, y (n) la velocidad en revoluciones por minutos.

$$M = 71620 \frac{2,3 \text{ cv}}{7,5 \text{ rpm}}$$

$$M = 21963,46 \text{ cm/kg}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \times 21963,46 \text{ cm/kg}}{1800 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$d = 4,9 \text{ cm} = 0.049 \text{ m}$$

### 2.5.9 Cálculo de las chavetas

En la figura 30 se ilustra una chaveta frontal y lateralmente.



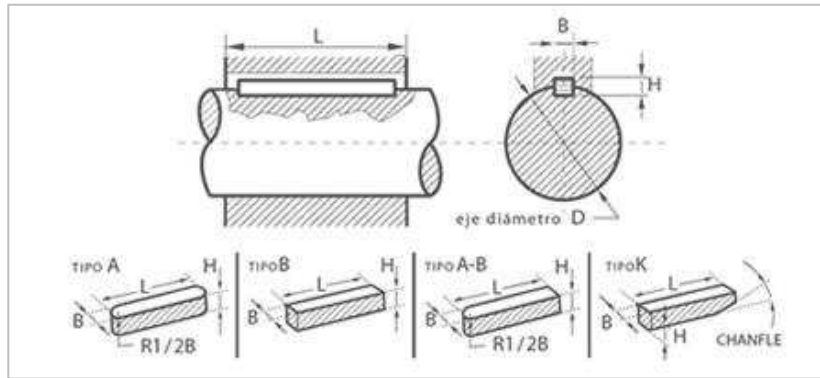


Figura 30: Chavetas

Fuente: [http://www.industriaskotnicasa.com.ar/pls/skotnica/h?p\\_url=CHAVETAS\\_PLANAS](http://www.industriaskotnicasa.com.ar/pls/skotnica/h?p_url=CHAVETAS_PLANAS)

La tabla 11 se detalla las nomenclaturas básicas para el cálculo de chavetas:

Tabla 11: Nomenclaturas para el cálculo de la chaveta

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
P	Presión que se produce entre el eje y la rueda
F	Fuerza que se transmite del eje a la rueda
$\mu$	Coefficiente de rozamiento entre ambas piezas
D	Diámetro del eje
M	Momento de giro
N	Potencia en cv
N	Velocidad en revoluciones por minutos
$\sigma$	Esfuerzo de compresión entre la chaveta y la rueda
B	Ancho de la chaveta
H	Altura de la chaveta
L	Longitud de contacto con la rueda
$\zeta$	Esfuerzo de cortadura

Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

Las chavetas en cualquier dimensión y forma se deben diseñar para que soporten la fuerza de giro, la cual produce un esfuerzo de cortadura en la sección que coincide entre el eje y la rueda dentada en caso de engranajes, cuyo cálculo se detalla a continuación.

$$M = \frac{716 N}{n} \quad (\text{Ecuación 25.2})$$

$$M = \frac{(2,3 \text{ cv}) * (716)}{7,5 \text{ rpm}}$$

$$M = 219,57 \text{ kg}$$

$$F = \frac{2M}{d} \quad (\text{Ecuación 26.2})$$

$$F = \frac{(2) * (219,6 \text{ mkg})}{0,049 \text{ m}}$$

$$F = 8963,2 \text{ kg}$$

Siendo  $\mu = 0,74$

$$P = \frac{F}{\mu} \quad (\text{Ecuación 27.2})$$

$$P = \frac{8963,2 \text{ kg}}{0,74}$$

$$P = 12112,5 \text{ kg}$$

En el anexo 1 se muestra la tabla de secciones transversales de las chavetas en consideración al diámetro del eje.

Una vez encontradas las dimensiones de la chaveta con respecto al diámetro del eje, se procede a calcular el esfuerzo de compresión entre la chaveta y la pieza, considerando que las chavetas sin inclinación sufren un esfuerzo de compresión en sus caras laterales producidas por la fuerza F.

$$\sigma = \frac{2F}{hl} \quad (\text{Ecuación 28.2})$$

$$\sigma = \frac{(2) * (8963,2 \text{ kg})}{(0,9 \text{ cm}) * (7 \text{ cm})}$$

$$\sigma = 2845,4 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\mathcal{Z} = \frac{F}{bl} \quad (\text{Ecuación 29.2})$$

$$\mathcal{Z} = \frac{8963,2 \text{ kg}}{(1,4 \text{ cm}) * (7 \text{ cm})}$$

$$\rho = 914,6 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

### 2.5.10 Cálculo del cilindro hidráulico

Para calcular el gato, se aplicó el principio de pascal, el cual establece que “la presión que ejerce un fluido, de acuerdo a sus características no comprimibles, dentro de un sistema de cilindro y embolo se conserva en igual intensidad a cualquier punto y en distintas direcciones, lo cual significa que sin importar la dirección y el punto de dicho fluido, este mantendrá la misma presión”.

Un ejemplo de ello es la prensa hidráulica la cual consiste en dos cilindros comunicados entre sí e impulsados por émbolos de distintos diámetros, cuyo objetivo es de conseguir un incremento en la presión como resultado del uso de otra presión relativamente pequeña.

La nomenclatura para el cálculo del cilindro hidráulico se detalla en la tabla 12 de este apartado.

Tabla 12: Nomenclaturas para el cálculo del cilindro hidráulico

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
p1	Presión en el primer embolo en pascal
p2	Presión en el segundo embolo en pascal
A1	Área del cilindro del primer embolo en metros cuadrados
A2	Área del cilindro del segundo embolo en metros cuadrados
F1	Fuerza aplicada al primer embolo en newton
F2	Fuerza aplicada al segundo embolo en newton

Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

A continuación se muestra la relación de la fórmula para el cálculo del gato hidráulico.

En el primer émbolo se tiene:

$$p1 = \frac{F1}{A1} \quad (\text{Ecuación 30.2})$$

En el segundo embolo tenemos:

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2} \quad (\text{Ecuación 31.2})$$

Como la presión del fluido es la misma tanto en el primero como en el segundo embolo, se cumple la siguiente condición:

$$p_1 = p_2$$

Entonces se tiene la relación de:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (\text{Ecuación 32.2})$$

Cuya ecuación queda establecida de la siguiente manera:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad (\text{Ecuación 33.2})$$

Se describe a continuación un esquema de las fuerzas y áreas que actúan en un gato hidráulico.

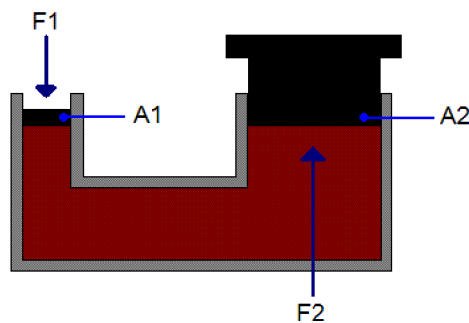


Figura 31: Esquema de las fuerzas y áreas que actúan en un gato hidráulico  
Fuente: Fuente: <http://prepafacil.com/cobach/Main/PrincipioDePascalConcepto>

Para efectos del cálculo es necesario conocer ( $F_2$ ) que es la fuerza necesaria para vencer la deformación plástica, y conseguir una deformación permanente en el material a barolar.

La fuerza necesaria para lograr una deformación permanente en una barra de sección transversal redonda es de 9800N ( $F_2$ ), entonces procedemos a calcular la

fuerza necesaria en el primer émbolo (F1), considerando las siguientes dimensiones.

Para el primer émbolo:

$$d1 = 10 \text{ mm} = 0.01 \text{ m}$$

$$A1 = \pi * r^2 = 7.853 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$F1 = ?$$

Para el segundo émbolo:

$$d2 = 40 \text{ mm} = 0.04 \text{ m}$$

$$A2 = \pi * r^2 = 1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F2 = 9800 \text{ N}$$

Igualando y despejando las fórmulas se tiene:

$$\frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2} \quad (\text{Ecuación 32.2})$$

$$F1 = \frac{F2 * A1}{A2} \quad (\text{Ecuación 34.2})$$

$$F1 = \frac{(9800 \text{ N}) * (7.853 \times 10^{-5} \text{ m}^2)}{1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$F1 = 612.73 \text{ N}$$

Luego procedemos a calcular la presión que genera esta fuerza para así poder seleccionar nuestro manómetro de presión.

$$p1 = \frac{F1}{A1}$$

$$p1 = \frac{612.73 \text{ N}}{7.853 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$p1 = 7802547.7 \text{ pa}$$

Aplicando el factor de conversión se obtiene el siguiente cálculo:

$$1 \text{ pa} = 1.4504 \times 10^{-4} \text{ psi}$$

$$p1 = 7802547.7 \text{ pa} \frac{1.4504 \times 10^{-4} \text{ Psi}}{1 \text{ Pa}} = 1131.6 \text{ psi}$$

## CAPÍTULO III

### 3. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

#### 3.1 Introducción

En este capítulo se detalla el proceso de construcción de la máquina baroladora, la cual requirió de varios agentes como: humano, técnicos, tecnológicos, metálicos y eléctricos. Se describen los materiales y recursos utilizados para la construcción de la máquina baroladora, detallando los elementos que fueron facilitados por la Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Naval, además, de otros talleres particulares, herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo la implementación de este proyecto.

##### 3.1.1 Construcción de placas laterales

Las placas laterales fueron construidas en plancha laminada de 6 mm de espesor, y en la superficie se talló una ranura de 50 mm de ancho x 260 mm de largo, para que en el interior de la misma se deslice el eje superior de la máquina baroladora.

En los extremos superiores de la máquina, se talló un corte a 45 grados para mejorar la estética de la máquina tal como se indica la imagen 2 del marcado de las dimensiones de las placas laterales; para acoplar el manómetro de presión se realizó una perforación en la parte superior izquierda de la vista frontal de la placa en un diámetro de 60mm.

En la parte inferior de las placas se hizo una perforación de 50 mm de diámetro a una separación de 310 mm al centro de los ejes, de igual forma se realizó las respectivas perforaciones para fijar las chumaceras sobre las cuales se montan los ejes inferiores, dichas perforaciones se la realizaron en un diámetro de 16 mm, mecanizando cuatro perforaciones para cada chumacera.

En la imagen 2 se muestra el marcado de las dimensiones de las placas laterales de la máquina en construcción.



**Imagen 2: Marcado de las dimensiones de las placas laterales**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

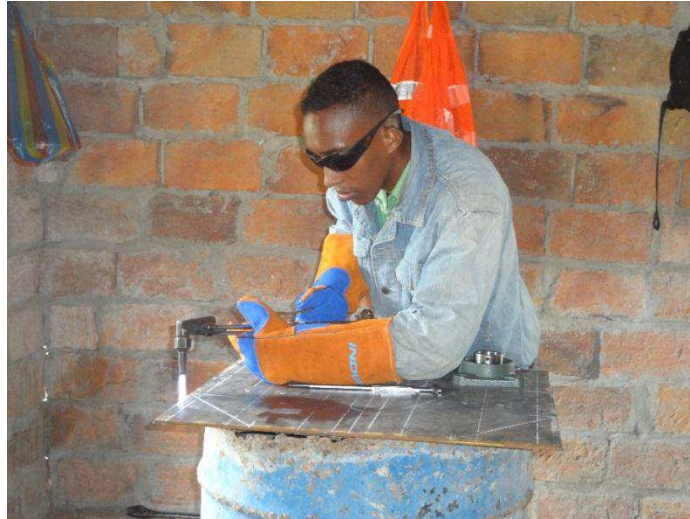
En la imagen 3 se observa el proceso de verificación de las medidas de las placas.



**Imagen 3: Verificación de medidas previo a los cortes laterales**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

Con las medidas apropiadas se procedió a realizar los cortes respectivos en las placas, a fin de especificar la forma final de las placas en la máquina baroladora, tal como se muestra en la imagen 4.





**Imagen 4: Corte de las placas haciendo uso del oxicorte**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

Una vez realizado el corte, se procede a la rectificación del corte en las placas, tal como se observa en la imagen 5.



**Imagen 5: Limpieza de las impurezas ocasionadas por el oxicorte**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel



**Imagen 6: Presentación de las placas previo a la perforación para los ejes**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

Concluido el proceso de corte, se procedió con las perforaciones para la colocación de las chumaceras.



**Imagen 7: perforación para asegurar las chumaceras**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 3.1.2 Montaje de placas laterales

Realizada la mecanización individual de igual simetría en las placas laterales, se continuó con el ensamblaje, con la finalidad de que al separar las placas laterales las medidas coincidan.

La función de las placas es servir de apoyo a los ejes baroladores, los mismos que fueron montados sobre las chumaceras y a su vez formaron la estructura de la máquina, fueron ensambladas a una distancia de 400mm, y dispuestas a un ángulo de 90° con relación a los ejes, posteriormente se procedió a montar las placas colocando topes soldados para fijar las mismas con electrodos de 60-11 de 1/8 de diámetro, y luego se colocaron las bases definitivas para que las placas sean desmontables.



**Imagen 8: Separación de las placas con topes provisionales**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

Una vez montadas las bases se fijaron las mismas en un extremo mediante pernos de  $\frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2}$  pulgadas de longitud, mientras que en el otro extremo se soldaron quedando fijas a la placa como un solo cuerpo regido. Este proceso de soldadura se realizó con electrodos revestidos de las siguientes características (70-18 de 1/8 de diámetro), procesos que fueron llevados a cabo con los equipos de protección personal adecuados.

Se muestra a continuación en la imagen 9 la verificación de diámetros (chumaceras y ejes).



**Imagen 9: Verificación de medidas**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

Con las medidas adecuadas se continuó con el cordoneado (remate de la soldadura en las piezas)



**Imagen 10: Fijación de las bases separadoras de las placas**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel



**Imagen 11: Aplicación de soldadura sobre las bases separadoras de las placas laterales**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

En la imagen 12 se muestra la presentación de las bases cordoneadas (rematadas) de las placas superiores de la máquina baroladora en construcción.



**Imagen 12: Bases separadoras terminadas**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 3.1.3 Construcción del cajetín para el montaje del eje superior

Para construir el cajetín del eje superior de la máquina baroladora, se utilizó una plancha laminada de 6mm de espesor, con el objeto de brindar la facilidad de desplazamiento vertical.

De acuerdo al diseño propuesto, el cajetín tiene las siguientes dimensiones: 355mm x 155mm x 160mm de ancho. El proceso de construcción del cajetín inició con el corte de las láminas según las medidas establecidas, para unir las partes se inició punteando las piezas con electrodos de 60-11 de 1/8 de diámetro, asegurándose que dicho cajetín quede cuadrado y con las dimensiones especificadas.

Posteriormente se realizó una ranura de 50mm en las placas laterales del cajetín, a fin de permitir el acceso del eje, inmediatamente se realizó las perforaciones de 5/8 para el montaje de las chumaceras donde se acopla el eje; realizando cuatros perforaciones por placas a una separación de 100mm.

El remate del cajetín fue realizado con electrodos revestidos de dos tipos: 60-11 para el cordón base y de 70-18 de 1/8 de diámetro para el acabado, este proceso se desarrolló de forma alternada para que las altas temperaturas no tiendan a arquear el cajetín. El cajetín terminado se muestra en la imagen 13.



Imagen 13: Cajetín del eje superior  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 3.1.4 Montaje de las chumaceras en las placas laterales

Lista la estructura que conforma el cuerpo de la máquina baroladora, se coloraron las chumaceras en los lugares correspondientes, verificando que las perforaciones estén correctas y que el rodamiento de éstas giren adecuadamente. Las chumaceras se aseguraron mediante pernos de características NC x 5/8 x 1 1/2 de longitud, dispuestas en la cara exterior de las placas laterales.



Imagen 14: Montaje de las chumaceras en las placas laterales  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 3.1.5 Montaje del eje superior y ejes inferiores

El montaje de los ejes se realizó luego de haber montado las chumaceras, los ejes fueron contruidos con sombreros o topes que limitaron su posición en las chumaceras. Se diseñaron los ejes para eliminar el recorrido axial de los mismos, con relación a las chumaceras.

La tolerancia aplicada en el diámetro de los ejes, permitió el fácil montaje y desmontaje de los mismos.



**Imagen 15: Montaje de los ejes inferiores y superior**  
**Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel**

### **3.1.6 Construcción de la base pedestal de la máquina baroladora**

Para la construcción de la base pedestal se utilizó un tubo cuadrado de 50mm x 50mm x 2mm de espesor. Además, una pulidora para realizar el corte de los verticales del pedestal a 800mm de largo, posteriormente se cortó los horizontales a 600mm de longitud y finalmente los separadores a 520mm de largo, con todo este material se unieron las partes empezando con los verticales y horizontales, asegurándose que todo esté con las dimensiones establecidas.

Primeramente, se unieron las caras mediante los separadores formando así la estructura del pedestal, todo el proceso de unión en este caso se desarrolló haciendo uso de electrodos revestidos de características 60-11 de 1/8 de diámetro, tanto para el punteo como para el acabado de la estructura.

Con la estructura del pedestal listo se ubicó la protección en forma de cobertor de plancha laminada de 1.2mm de espesor, la misma que protege el mecanismo formado por piñón y cadena, brindando condiciones de seguridad para el buen funcionamiento de la máquina baroladora.





**Imagen 16: Construcción de la base pedestal de la máquina**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel



**Imagen 17: Protecciones laterales en la estructura del pedestal**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### **3.1.7 Montaje de la máquina sobre el pedestal**

Por cuestiones de diseño y mantenimiento se consideró hacer desmontable lo que hace el cuerpo de la máquina y el pedestal, de tal forma que las dos partes se unan mediante pernos formando el cuerpo de la máquina. Listos el pedestal y el cuerpo de la máquina por separado, se procedió a unir estas dos partes mediante cuatro pernos de  $\frac{1}{2}$  x  $1 \frac{1}{2}$  pulgadas de diámetro cuyas perforaciones se las realizó manualmente previo al montaje.

El proceso se muestra en la imagen 18.



**Imagen 18: Montaje de la máquina sobre el pedestal**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### **3.1.8 Montaje del mecanismo reductor de velocidades**

El mecanismo de velocidad está formado por dos ruedas y dos tornillos dispuestos en forma secuencial, lo cual brinda condiciones de velocidad relativamente bajas. El montaje se lo realizó una vez concluida la construcción de los componentes del mecanismo formando dos tornillos sinfin de una entrada y dos ruedas dentadas de 20 dientes c/u.

El funcionamiento de este mecanismo se basó en reducir los 3500 rpm procedentes del motor de 3hp según lo establecido en el cálculo de la potencia del motor, las mismas que ingresan al mecanismo a través del primer sinfin que transmite este movimiento a la primer rueda dentada la misma que se une mediante un eje de 25mm de diámetro al segundo sinfin, y éste a su vez transmite el movimiento a la segunda rueda dentada la cual entrega 8 rpm de salida que es la velocidad con la que finalmente se trabaja en los rodillos.

Para montar todos estos elementos se construyó una base de sección circular de 75mm x 260mm de longitud, en cuyo interior se acopló el eje formado por el sin fin y la rueda apoyándose en los extremos en rodamientos de 40mm de diámetro exterior y 17mm de diámetro interior. Para fabricar la estructura del reductor se utilizó electrodo 70-18 de 1/8 de diámetro.

Los ejes de entrada y de salida están dispuestos paralelamente, formando un ángulo de 90° con relación al eje de la rueda y el sinfin tal como se ilustra la imagen 19.



Imagen 19: Montaje del reductor de velocidades  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 3.1.9 Construcción de la base para el motor y el reductor

Para la construcción de la base del motor y reductor se usó tubo rectangular de 50mm x 25mm x 2mm de espesor y todo el proceso de soldadura se lo realizó con electrodo 60-11 de 1/8 de diámetro.

La base está dispuesta en forma de (L), lo cual permitió alinear correctamente las poleas tanto del reductor como del motor, para fijar el motor se construyó un anillo de 180mm de diámetro exterior por 130mm de diámetro interior en el torno, el cual se acopló en la parte frontal del motor y se aseguró con cuatro pernos de 3/8 x 1" hilo fino, este anillo fue soldado a la base y reforzado con escuadras laterales para que la misma adquiriera rigidez.

Una vez asegurado el motor se procedió a montar el reductor de velocidades, verificando que las poleas queden alineadas correctamente, el reductor estuvo reforzado por medio de dos pernos de 1/2 x 1" hilo grueso y en cuya base se mecanizó las perforaciones para los mismos en forma de ojo chino, lo cual permitió que el reductor de velocidades se deslice longitudinalmente para garantizar que las bandas encargadas de transmitir el movimiento del motor al reductor operen en buenas condiciones.



**Imagen 20: Base para el motor y reductor**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### **3.1.10 Montaje de la base del motor en el pedestal de la máquina**

Terminada la construcción de la base del motor, se montó en el pedestal de la máquina, considerando que el eje que entrega las revoluciones de salida del reductor, quede dispuesto de forma paralela con relación a los ejes inferiores de la máquina, condición que permitió alinear los 3 piñones de (60 dientes de paso 40) encargados de transmitir el movimiento del reductor a los ejes inferiores de la máquina. La base fue montada en la parte inferior del pedestal y fijada mediante pernos de  $3/8 \times 1''$  de longitud, la base fue colocada de tal forma que se reguló para poder templar la cadena que comunica a los ejes mediante los piñones.



**Imagen 21: Montaje de la base del motor en el pedestal**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

#### **4.1 Introducción**

La máquina baroladora fue elaborada considerando los principios básicos y necesarios para dicho proceso, cuya finalidad fue analizar las resistencias de ciertos materiales a la deformación y fatiga. El proceso de barolado consistió en generar y transmitir cierta cantidad de fuerza a un tubo o perfil de acero, el cual ocasiona que el material experimente cierto pandeo aún en condiciones estáticas, una vez que los rodillos inferiores (fijos en sus ejes mediante chavetas) inician su movimiento circular, ocasionaron que el material adquiera cierto radio de curvatura el cual es directamente proporcional a la fuerza aplicada al rodillo superior e inversamente proporcional a la resistencia del material que le impide ser deformado.

Durante la construcción y pruebas de esta máquina se encontraron diversos problemas de diferente índole, los mismos que fueron superados satisfactoriamente. Posterior a esto se realizaron pruebas de barolado verificando posibles errores y minimizándolos en su totalidad.

A continuación se citan las respectivas pruebas de funcionamiento realizadas para garantizar el buen funcionamiento de la máquina baroladora.

#### **4.2 Funcionamiento del motor eléctrico**

Para conocer el funcionamiento del motor se energizó de forma directa comprobando su correcto funcionamiento.

Posteriormente se armó el circuito de control y de mando, formado por breaker, contactores, relés térmicos, pulsadores, luces piloto, y luego se procedió a energizar el circuito para constatar el enclavamiento de los contactores que provocan el perfecto encendido del motor Cabe destacar que se trata de un motor de 3 hp de 3500 rpm trifásico.

Las pruebas realizadas determinan que el motor fue seleccionado adecuadamente, según los cálculos establecidos, puesto que gira de forma correcta junto con el reductor de velocidad, idóneo para realizar un buen barolado con la carga aplicada.

### **4.3 Funcionamiento del reductor de velocidades**

Durante las pruebas de funcionamiento del reductor de velocidad, se pudo observar que el sin fin de entrada que recibe las 3500 rpm procedentes del motor, presentaba cierta fuga axial provocando una pequeña desalineación de las poleas, al momento de desmontar el reductor para verificar las causas de la falla, se observó que la parte cilíndrica del tornillo sin fin no contaba con topes o sombreros que limiten su recorrido axial, inconveniente que fue superado mecanizando unos topes en el eje del tornillo los mismos que limitaban el recorrido axial tanto del eje como de los rodamientos.

De igual forma, se observó que la estructura del reductor se deslizaba hacia un costado al momento del barolado provocando el desalineamiento del piñón de cadena que conecta al reductor con los ejes inferiores, inconveniente que fue resuelto al colocar una base adicional en la parte superior del reductor que impidió su deslizamiento.

### **4.4 Funcionamiento de los ejes inferiores**

Los ejes inferiores durante las pruebas funcionaron sin inconveniente, lo cual indica que los ejes fueron seleccionados correctamente, se observó que giran a las revoluciones deseadas y soportan las cargas radiales aplicadas al material por medio del rodillo superior, por otra parte los piñones de cadena acoplados funcionaron satisfactoriamente, y la chaveta soportó los efectos del torque producidos durante el proceso del barolado.

#### **4.5 Funcionamiento de la base del eje superior**

La base del eje superior de la máquina baroladora fue en donde se presentó el mayor problema, puesto que al momento de ejercer presión a la base móvil por medio de un gato hidráulico se observó que al aplicar la carga, dicha presión sólo se ejercía en el lado opuesto al del gato hidráulico, por lo que su movimiento no era uniforme, sólo descendía de un lado mientras del otro permanecía estático provocando una inclinación en la base, ocasionando que las placas laterales cedieran.

Se intentó inicialmente solucionar dicho problema colocando otro gato adicional en el otro extremo de la base conectado en serie al gato primario, lo cual no dio resultado debido a que la presión hidráulica se desviaba hacia el gato con menor carga provocando de igual forma la inclinación de la base.

Previo un análisis de los investigadores, se optó por fabricar unas guías laterales las cuales permitieron descender uniformemente la base sin que diera lugar a que ésta se incline.

#### **4.6 Funcionamiento del sistema hidráulico**

Por otra parte el sistema hidráulico presentó una pequeña falla producida por encontrarse burbujas de aire en el sistema, que impedían mantener la presión en el émbolo; para lo cual se procedió a purgar el sistema eliminando así las burbujas de aire, ya que éstas son inaceptables dentro de un sistema hidráulico, porque se comprimen ocasionando una caída de presión.

Con todos los mecanismos funcionando apropiadamente, se realizó la prueba de barolado haciendo uso de un tubo de sección circular de dos pulgadas de diámetro y dos milímetros de espesor, verificando que efectivamente la máquina cumplía con las funciones y condiciones adecuadas; se consideró este material para hacer pruebas debido a que es el que mayor esfuerzo requiere para ser deformado.

#### 4.7 Resultados de las pruebas de funcionamiento

Toda vez que se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento con la máquina baroladora, se obtuvieron las siguientes observaciones:

- Los sistemas que se emplearon en la construcción de la máquina baroladora, funcionan exitosamente y cumplen con las condiciones establecidas en el diseño.
- El movimiento del rodillo barolador ejerce la presión hidráulica a todo el eje, logrando un perfecto ángulo necesario para poder barolar cualquier tipo de material.
- En distintas pruebas se comprobó que no existe ninguna vibración o rozamiento de las partes mecánicas que conforman la máquina baroladora.
- Se logró constatar que a través de la máquina baroladora se logra deformar materiales dúctiles y maleables, por lo tanto la hipótesis es positiva.

El circuito eléctrico se forma por una botonera con los pulsadores para realizar el proceso de barolado marcha adelante, marcha reversa y un botón de paro por alguna emergencia que surja en el proceso; cabe recalcar que la seguridad de los estudiantes y las personas están en primer lugar y tanto se dispuso este funcionamiento. Además de ser de fácil manejo y de rápido aprendizaje, a continuación se ilustran algunas imágenes de las pruebas de ensayo.



Imagen 22: prueba de ensayo para verificar el circuito eléctrico  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel





**Imagen 23: Prueba de ensayo para verificar el comportamiento de los ejes**  
**Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel**



**Imagen 24: prueba de ensayo para verificar el comportamiento del motor**  
**Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel**



**Imagen 25: prueba de ensayo para verificar el comportamiento del gato hidráulico**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel



**Imagen 26: prueba de ensayo constatando el correcto funcionamiento del reductor**  
Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

## CONCLUSIONES

- Se logró fundamentar teóricamente las variables del estudio que respaldan la construcción, (se utilizaron varias fuentes de información como: libros, manuales, catálogos, artículos y tesis, entre otras, que contribuyeron en el desarrollo de esta investigación).
- Se consiguió diseñar y realizar los cálculos necesarios para construir la máquina baroladora, previa definición de parámetros de funcionalidad y requerimientos para que la máquina sea de fácil operación y eficiente funcionamiento.
- Se construyó la máquina baroladora, la cual tiene como dimensiones: 1.40m de alto por 0,6m de ancho y de profundidad 0.45m; para lo cual se utilizó plancha laminada de distintos espesores y tubos cuadrados de 2 mm de espesor, ejes de acero 705 y varios pernos.
- La máquina baroladora fue sometida a varias pruebas de funcionamiento, verificando la debida resistencia de la estructura de la maquina al momento de deformar permanentemente materiales dúctiles y maleables.

## RECOMENDACIONES

- Es importante que antes de realizar trabajos de este tipo, se investigue minuciosamente las temáticas que fundamentan el estudio, con el fin de evitar errores en el diseño y cálculo del producto.
- Es necesario que antes de realizar el diseño de un maquina baroladora, se analice la función que van a cumplir los elementos y de acuerdo a ello, seleccionar el material apropiado para que los resultados que se obtengan en la maquinaria sean óptimos y sin desperfectos.
- Es importante que en la construcción de la parte estructural de la máquina baroladora, se considere unir los componentes mediante electrodos 70/18 o de similares características, con el propósito de garantizar la resistencia del cordón de soldadura.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo a las partes móviles de la máquina baroladora después de un periodo de 600 horas de trabajo, a fin de prolongar su tiempo de vida útil y garantizar el correcto funcionamiento de las partes mecánicas para evitar desgaste del material.
- En el momento del proceso de barolado, ninguna persona debe pasar por delante de la máquina, interrumpiendo o quitando la concentración del operario, ya que pueden suscitarse accidentes graves.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARRIZABALAGA, N. L. (1989). MAQUINAS PRONTUARIO TECNICA, MAQUINAS, HERRAMIENTAS. En N. L. ARRIZABALAGA, *MAQUINAS PRONTUARIO TECNICAS, NAQUINAS, HERRAMIENTAS*. (págs. 388 - 340). MDRID - ESPAÑA : PARANINFO .
- Blanco, J. L., Torres, J. L., & Giménez, A. (2014). *Manual de presentaciones e ilustraciones de teoría de mecanismos para el grado de ingeniero mecánico*. Barcelona: TEXD.
- Cordova, F., & Benavides, J. (11 de 2012). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6190/1/T-ESPE-034933.pdf>
- Diaz, C., & Guerra, F. (2006). *Educación para adultos: Ámbito Científico Tecnológico*. México: Editex.
- Fowler, R. (1994). *Electricidad: principios y aplicaciones*. España: Reverté.
- Francisco, C., & Jonathan, B. (2012). Diseño y construcción de una máquina baroladora de láminas hasta 1200mm de ancho y 3mm de espesor perfiles tipo t y varillas de acero para el laboratorio de proceso de manufactura del departamento de ciencias de la energía mecánica. 61 - 150. Sangolquí: Universidad.
- González, J. (2009). *Energías renovables*. España: Reverté.
- González, T., Del Río, G., Tena, J., & Torres, B. (2011). *Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección*. España: Editex.
- Guamán, E. (Agosto de 2011). Diseño de una máquina baroladora para diferentes perfiles de aluminio empleados en la fabricación de ventanas, mamparas y

puertas , para la empresa Aluminio y vidrio JD. *Tesis de Grado*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

Jiménez, B. (2013). *Montaje y reparación de los sistemas mecánicos*. Barcelona: IC editorial.

Jiménez, F., & Lemos, M. d. (2001). *Termodinámica: una guía de clase*. España: Universidad de Sevilla.

Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. (Cuarta ed.). México: Prentice Hall.

López, R. F., & Durán, Á. (2006). *La comunicación corporativa en el ámbito local*. Barcelona: Publicaciones de la Universitat Jaume.

Molina, E., & Rubio, A. (2012). Análisis de funcionamiento, operación y mantenimiento e implementación de una dobladora de tubo para el centro de producción y servicios de la Universidad Técnica de Cotopaxi. *Tesis de Grado*. Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.

monylit. (16 de octubre de 2008). *tipos de aceros y propiedades mecánicas*. Obtenido de tipos de aceros y propiedades mecánicas web site : <https://www.google.com.ec/search?q=tabla+de+esfuerzo+de+fluencia+del+acero>

Morán, M., & Shapiro, H. (2005). *Fundamentos de termodinámica*, (Segunda ed.). España: Reverté.

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). México: Pearson.

Oña, C. M., & Serrano, D. (2014). *Mantenimiento básico de máquinas e instalaciones en industria alimentaria*. España: IC editorial.

PARETO, L. (1985). FORMULARIO DE MECANICA. En L. PARETO, *FORMULARIO DE MECANICA* (págs. 774 - 776). BARCELONA - ESPAÑA: CEAC.

PARETO, L. (1985). FORMULARIO DE MECANICA . En L. PARETO, *FORMULARIO DE MECANICA* (págs. 756 - 761 ). BARCELONA - ESPAÑA: CEAC.

Rodríguez, J., Sánchez, J., Retana, M., & Cledera, M. (2005). *Teoría de máquinas*. España: Visión Net.

Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica*. México: Pearson Prentice - Hall.

Valera, J. P. (2005). *Apuntes de Física General*. México: UNAM.

Viloria, J. R. (2008). *Fuentes de energía*. España: Paraninfo.

## WEBGRAFÍA

(21 de febrero de 2015). Obtenido de

<http://es.wikipedia.org/wiki/Termodin%C3%A1mica>. (24 de 02 de 2015).

Obtenido

de:<https://docs.google.com/document/d/1eMya3CrPpT5FrzdaJOCPBrIFUw4mDO3Cx02qI93lIsQ/edit?pli=1>

*buenas tareas* . (24 de 02 de 2015). Obtenido de

[http://www.buenastareas.com/ensayos/Que-Es-Una-Transmision-De-Potencia/7100294.html?\\_p=5](http://www.buenastareas.com/ensayos/Que-Es-Una-Transmision-De-Potencia/7100294.html?_p=5)

Cordova, F., & Benavides, J. (11 de 2012). Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6190/1/T-ESPE-034933.pdf>

Engineers, S. P. (28 de enero de 2015). *coeficientes de fricción*. Obtenido de

[/search?q=cache:I11OJTOHc0AJ:didactica.fisica.uson.mx/tablas/coefficientes\\_of\\_friction.htm&hl=es-419&gl=ec&strip=1:](/search?q=cache:I11OJTOHc0AJ:didactica.fisica.uson.mx/tablas/coefficientes_of_friction.htm&hl=es-419&gl=ec&strip=1)

[http://didactica.fisica.uson.mx/tablas/coefficients\\_of\\_friction.htm](http://didactica.fisica.uson.mx/tablas/coefficients_of_friction.htm)

Gómez, J. L. (2 de marzo de 2012). <http://es.slideshare.net/>. Obtenido de

<http://es.slideshare.net/>: [http://es.slideshare.net/jolumango/principio-de-pascal-11838505?next\\_slideshow=1](http://es.slideshare.net/jolumango/principio-de-pascal-11838505?next_slideshow=1)

Hans\_Topo1993. (1 de junio de 2013).

<http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Fluencia.jpg&oldid=97409312>. Obtenido de commons.wikimedia.org cite:

<http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Fluencia.jpg&oldid=97409312>

*Wikipedia* . (24 de 02 de 2015). Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Polea>



(24 de 02 de 2015). Obtenido de

<https://docs.google.com/document/d/1eMya3CrPpT5FrzdaJOCPBrIFUw4mDO3Cx02qI93lIsQ/edit?pli=1>

(20 de febrero de 2015). Obtenido de

[http://gybugandofisica.scienceontheweb.net/Materiales/Tema\\_Calor\\_Temperatura%20y%20Primer%20principio%20de%20la%20Termod.pdf](http://gybugandofisica.scienceontheweb.net/Materiales/Tema_Calor_Temperatura%20y%20Primer%20principio%20de%20la%20Termod.pdf)

*buenas tareas* . (24 de 02 de 2015). Obtenido de

[http://www.buenastareas.com/ensayos/Que-Es-Una-Transmision-De-Potencia/7100294.html?\\_p=5](http://www.buenastareas.com/ensayos/Que-Es-Una-Transmision-De-Potencia/7100294.html?_p=5)

McGraw-Hill, 2. (6 de febrero de 2015). Obtenido de

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fluencia>.

*Wikipedia* . (24 de 02 de 2015). Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Polea>

monylit. (16 de octubre de 2008). *tipos de aceros y propiedades mecanicas*.

Obtenido de tipos de aceros y propiedades mecanicas web site :  
<https://www.google.com.ec/search?q=tabla+de+esfuerzo+de+fluencia+del+acero>

Rojas, M. C. (2006). *Metal Actual*. Recuperado el 15 de mayo de 2015, de [www.metalactual.com](http://www.metalactual.com)

Waard, S. d. (11 de Noviembre de 2011). <http://commons.wikimedia.org>.

Obtenido de <http://commons.wikimedia.org/>:  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotterdam\\_Ahoy\\_Europort\\_2011\\_\(14\).JPG?uselang=es](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotterdam_Ahoy_Europort_2011_(14).JPG?uselang=es)

# ANEXOS

### Anexo 1: Secciones transversales de las chavetas

Chavetas de talón, chavetas de cuña ajustadas y de guía para máquinas-herramientas y herramientas $b \times h$ mm	Chavetas encastadas chavetas encastadas con cabeza  $b \times h$ mm	Chavetas planas, chavetas planas de talón  $b \times h$ mm	Para diámetros de árbol  mm	Tolerancias para chavetas de acero <sup>(1)</sup> (DIN 6880)		
				Para la anchura, $h9$  $b$ mm	Para la altura, $h11$  $h$ mm	
2 × 2			más de 6 a 8	-0,025	-	
3 × 3			» 8 a 10			
4 × 4			» 10 a 12			
5 × 5			» 12 a 17	-0,030	-	
6 × 6			» 17 a 22			
8 × 7	8 × 3,5	8 × 5	» 22 a 30			
10 × 8	10 × 4	10 × 6	» 30 a 38	-0,036	-0,090	
12 × 8	12 × 4	12 × 6	» 38 a 44			
14 × 9	14 × 4,5	14 × 6	» 44 a 50	-0,043	-0,036 <sup>(2)</sup>	
16 × 10	16 × 5	16 × 7	» 50 a 58		-0,090	
18 × 11	18 × 5	18 × 7	» 58 a 65		-0,052	-0,110
20 × 12	20 × 6	20 × 8	» 65 a 75			
22 × 14	22 × 7	22 × 9	» 75 a 85			
25 × 14	25 × 7	25 × 9	» 85 a 95			
28 × 16	28 × 7,5	28 × 10	» 95 a 110	-0,062	-0,130	
32 × 18	32 × 8,5	32 × 11	» 110 a 139			
36 × 20	36 × 9	36 × 12	» 130 a 150			
40 × 22		40 × 14	» 150 a 170			
45 × 25		45 × 16	» 170 a 200	-0,062	-0,130	
50 × 28		50 × 18	» 200 a 230			

Anexo 2:

# **MANUAL DE** **OPERACIONES**

## **1. DATOS GENERALES**

En vista a la necesidad del taller de la facultad de ingeniería carrera mecánica naval, de mecanizar el proceso de barolado ya que el mismo era realizado manualmente, obteniendo como resultado procesos deformes y desgaste físico en, se proyectó diseñar, calcular y construir una maquina baroladora de tubos y perfiles que cumpla con las expectativas requeridas para dicho proceso.

En consideración a lo expuesto se presentó el proyecto ante la comisión investigadora de la facultad de ingeniería carrera mecánica naval, para su respectivo análisis y posterior aprobación.

Por tal motivo, a los 18 días del mes de junio del año 2014 la comisión investigadora de la Facultad de Ingeniería Carrera Mecánica Naval, aprobó este proyecto el cual ha sido elaborado por los estudiantes:

- **Ramos Cedeño Justo Gabriel**
- **León Pico Gustavo Alonso**

Considerándonos nosotros los fabricantes de esta máquina que fue construida haciendo uso del taller de la facultad de ingeniería carrera Mecánica Naval.

## **2. DATOS DE LA MAQUINA**

La máquina construida se identifica como una baroladora de tubos y perfiles accionada por un motor eléctrico.

### **2.1. Uso normal de la máquina**

La máquina baroladora de tubos y perfiles es una máquina diseñada para barolar tubos y perfiles de hasta 50mm de ancho y 2mm de espesor.

Está en la capacidad de barolar el material a 360 grados obteniendo circunferencias de distintos diámetros según la necesidad del operario, cuya deformación permanente es simétrica en todo el material a barolarse.

### **2.2. Contraindicaciones de uso**

Todo proceso o actividad que no tenga relación con el barolado de materiales.

Nunca bajo ningún concepto deberán tocarse los rodillos cuando están curvando material por el peligro de aplastamiento de las manos.

### **2.3. Ruido ocasionado por la máquina**

En este caso el ruido es casi nulo en régimen de trabajo normal.

### **2.4. Vibraciones**

Igual que con el ruido, las vibraciones son también casi nulas, ya que se trata de una máquina de estructura rígida y de velocidad de rotación de los rodillos relativamente bajas.

### **2.5. Lugar natural de trabajo del operario**

La baroladora podrá ser usada por un solo operario, el cual se colocará en la parte frontal de la máquina para poder controlar el sentido de giro (horario – anti horario) de los ejes inferiores por medio de la botonera, y de igual forma la presión del rodillo superior por medio del gato hidráulico.

Se recomienda la ubicación del operario en la parte frontal de la máquina para así tener una mejor visibilidad del material y maniobrabilidad de la máquina al momento de realizar el proceso del barolado.

Se deberá destinar el lugar de ubicación de la máquina, teniendo en cuenta el espacio que necesitará la barra de material durante su deformación.

### **2.6. Descripción de la máquina**

La máquina baroladora se diseñó con plancha laminada de distintos espesores, garantizando una estructura rígida que cumpla con los requerimientos para los distintos esfuerzos producidos al barolar. Está equipada con un motor de 3HP de potencia y un reductor de velocidades que recibe las altas revoluciones procedentes del motor, y las reduce a velocidades relativamente bajas, las mismas que se transmiten a los ejes inferiores de la máquina.

Los ejes baroladores fueron construidos en acero 705 ya que tienen características de resistencia requeridas en la construcción de la maquina baroladora, los moldes baroladores fueron construidos en acero de transmisión por su facilidad de mecanizado al momento de tallar la forma del perfil en el torno.

El rodillo superior ejerce presión sobre el material a barolar por medio de un gato hidráulico de 4 toneladas de capacidad, cuyo accionamiento se lo realiza por medio de un pedal dispuesto en la parte frontal inferior de la máquina, de tal forma que el operador cuente con la facilidad al dominar la máquina baroladora.

A continuación se detallan algunas características técnicas de la máquina baroladora.

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>								
<b>Fabricación nacional</b>	<b>Potencia motor</b>	<b>Tensión 3 fases</b>	<b>Velocidad de rodillos</b>	<b>Diámetro ejes</b>	<b>Diámetro rodillos</b>	<b>Longitud de los ejes</b>	<b>Dimensiones de la máquina</b>	<b>Peso</b>
	<b>HP</b>	<b>V</b>	<b>r.p.m</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>Mm</b>	<b>kg</b>
	<b>3</b>	<b>220</b>	<b>7</b>	<b>38</b>	<b>130</b>	<b>700</b>	<b>600x450x1400</b>	<b>150</b>

### **2.7. Accesorios de la maquina baroladora**

Los accesorios básicos que incorpora la máquina son 3 rodillos estándar con tres tuercas de fijación una para cada eje con sus respectivos bocines separadores.

### **2.8. Datos relativos al sistema eléctrico**

La máquina consta de un motor eléctrico trifásico de 220v de giro reversible. El sistema eléctrico está provisto de un circuito de potencia, y uno de control el cual permite realizar la inversión de giro por medio de una botonera móvil que permite al operario maniobrar la máquina desde la posición más conveniente.

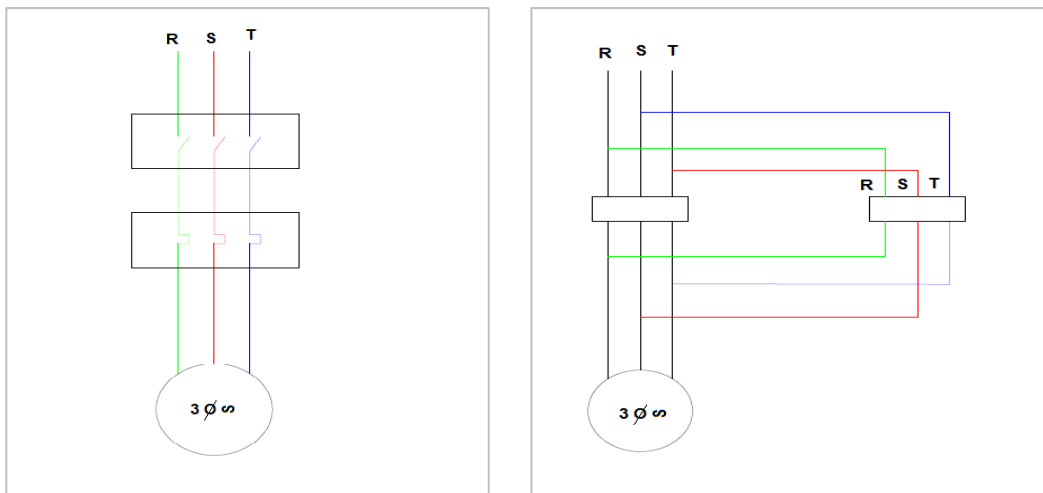
El circuito de control nos permite también parar la operación por medio de un botón de emergencias en caso de que se presente algún inconveniente durante el proceso de barolado, y además cuenta con dos luces pilotos (verde y rojo) que se encienden indicando el correcto funcionamiento del circuito en la siguiente denominación, verde para la marcha y rojo para el paro.

Para cumplir con las condiciones de marcha en ambos sentidos y el paro respectivo en caso de emergencias fue necesario diseñar el circuito con los siguientes dispositivos eléctricos.

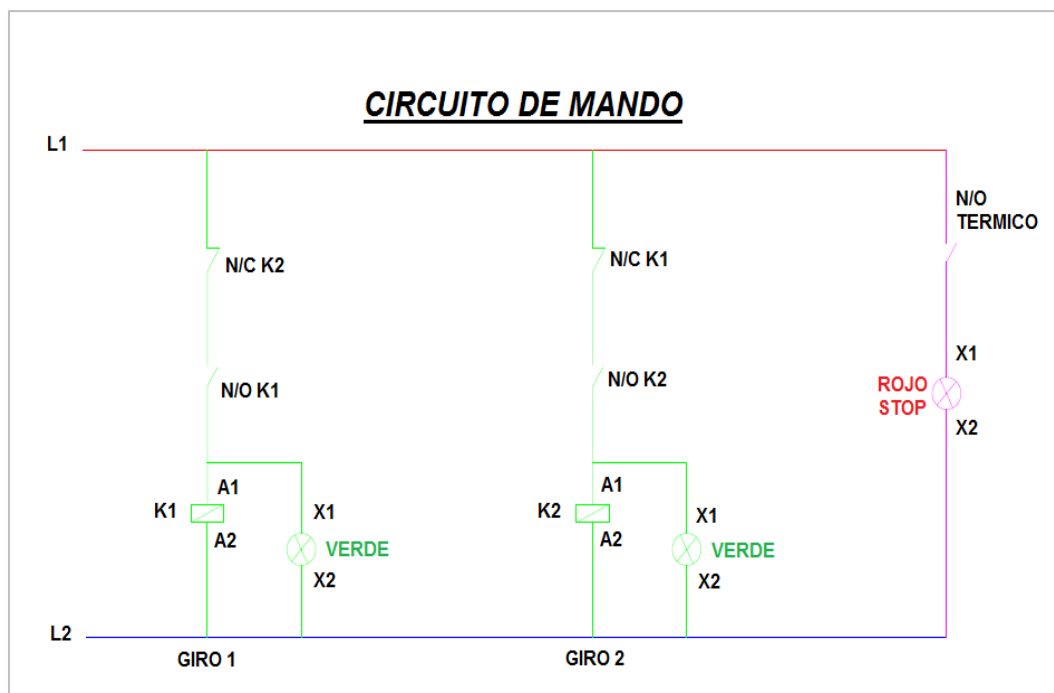
- Dos contactores de 220watt
- Un breaker de tres polos de 15amp
- Un relé térmico de 6 a 9 amp
- Una caja de tres elementos
- Dos pulsadores normalmente abiertos
- Un pulsador normalmente cerrado
- Luz piloto verde
- Luz piloto roja

Se presenta a continuación el esquema respectivo del circuito eléctrico.

### CIRCUITODE POTENCIA



### CIRCUITO DE MANDO





### **3. OPERABILIDAD DE LA MAQUINA Y DESPIECE**

#### **Recomendaciones prácticas**

- En primera instancia se debe ubicar la maquina en un lugar estratégico de tal forma que la disponibilidad de espacio sea la necesaria para maniobrar el material a barolar, considerando que la fuente de energía eléctrica se encuentre cerca para poder realizar la conexión respectiva.
- Conecte la clavija en la fuente de energía verificando que se establezca un buen contacto entre los terminales.
- Accionar el breaker principal de la maquina ya que este permite el paso de la energía al resto de los dispositivos del sistema eléctrico.
- Asegúrese de que ningún individuo manipule la botonera y proceda a ubicar el molde o rodillo según sea su necesidad, verificando que los bocines estén ubicados en su lugar ya que de ello depende la alineación de los moldes tanto inferiores como superior.
- Libere la presión del gato para dar lugar a que el eje superior ascienda y luego monte el material a barolar sobre los rodillos inferiores.
- Accione el gato mediante el pedal ubicado en la parte inferior izquierda, hasta que el manómetro marque 500 psi.
- Aléjese de los rodillos y ponga en marcha el motor mediante el pulsador de color verde que indica el sentido de giro horario.
- Una vez que el material termine su recorrido por los rodillos inferiores, accione el pulsador de color rojo y luego accione el gato hidráulico hasta que la escala en el manómetro se incremente en 500 psi.
- Aléjese de los rodillos y maniobre el pulsador de color verde que indica el sentido de giro anti horario.
- Proceda periódicamente con las dos últimas acciones hasta conseguir el radio de curvatura deseado.
- Ya terminado el proceso se recomienda bajar el breaker principal de la máquina.

- Ejecute cada una de las acciones antes indicadas con la mayor responsabilidad del caso, reflexionando que la seguridad es lo más indispensable.

### 3.2.- Despiece

Se detalla a continuación la imagen de la máquina y posteriormente su respectivo despiece



**Imagen de anexo 1: Máquina baroladora**  
**Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel**

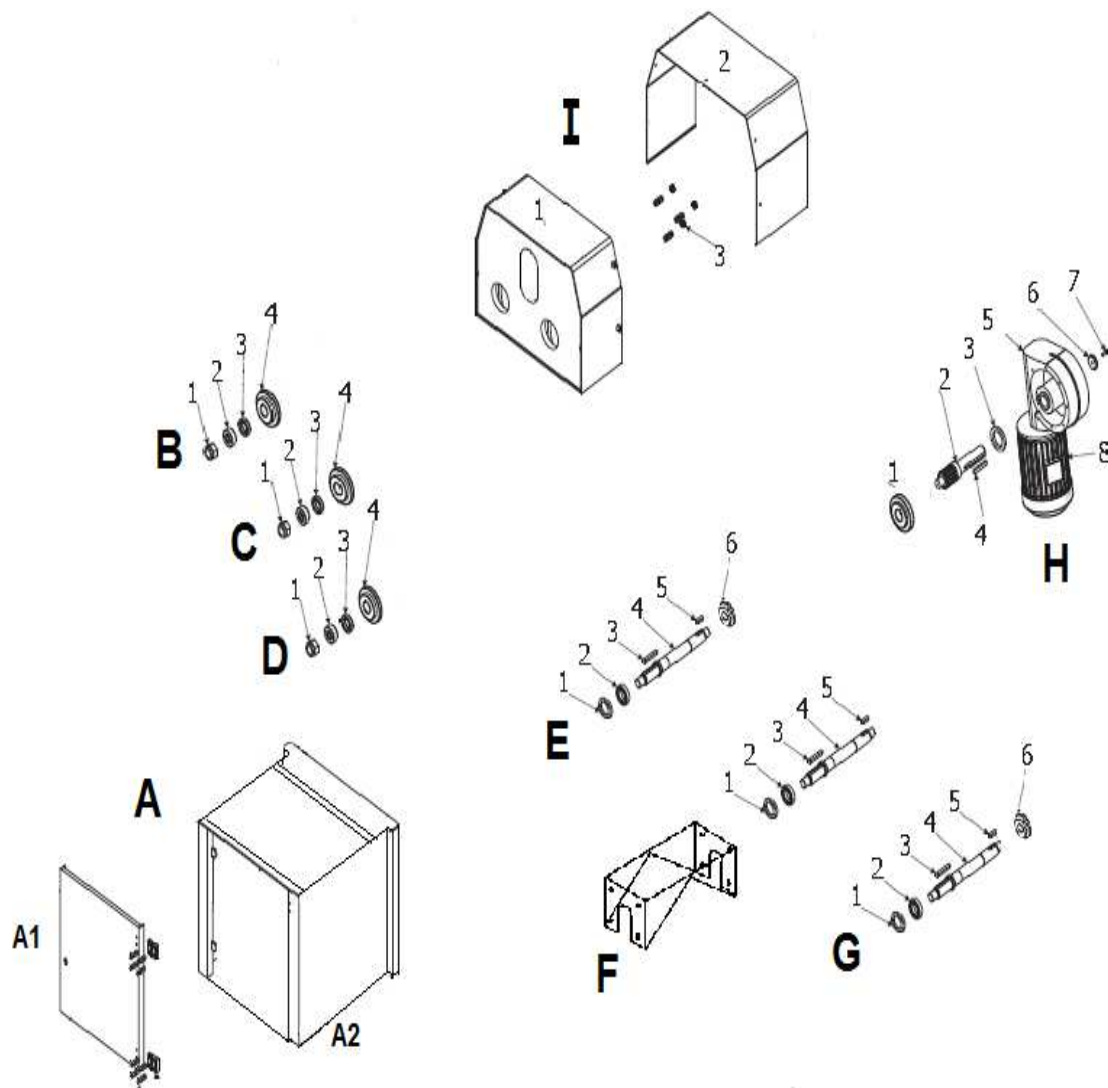


Figura de anexo 1: Despiece de la máquina baroladora  
 Elaborado por: León Pico Gustavo Alonso - Ramos Cedeño Justo Gabriel

### 3.2.1.- Nomenclatura correspondiente al despiece.

Para una mejor identificación de las partes de la máquina se ha optado por agruparlas por medio de las letras del abecedario y se especifican con números de la siguiente manera.

#### A

- 1.- Puerta frontal del pedestal
- 2.- pedestal de la máquina

## **B**

- 1.- terca del eje inferior izquierdo
- 2.- bocín primario
- 3.- bocín secundario
- 4.- molde

## **C**

- 1.- terca del eje superior
- 2.- bocín primario
- 3.- bocín secundario
- 4.- molde

## **D**

- 1.- terca del eje inferior derecho
- 2.- bocín primario
- 3.- bocín secundario
- 4.- molde

## **E**

- 1.- bocín primario
- 2.- bocín secundario
- 3.- chaveta del molde
- 4.- eje inferior izquierdo
- 5.- chaveta del piñón
- 6.- piñón de cadena

## **F**

- 1.- bocín primario
- 2.- bocín secundario
- 3.- chaveta del molde
- 4.- eje superior
- 5.- prisionero
- 6.- base del eje superior

## **G**

- 1.- bocín primario
- 2.- bocín secundario
- 3.- chaveta del molde
- 4.- eje inferior derecho
- 5.- chaveta del piñón
- 6.- piñón de cadena

## **H**

- 1.- polea
- 2.- tornillo sin fin
- 3.- rueda dentada
- 4.- chaveta de la rueda
- 5.- estructura del reductor
- 6.- rodamiento
- 7.- prisionero
- 8.- motor

## **I**

- 1.- cuerpo de la máquina formado por las placas laterales
- 2.- cobertor
- 3.- pernos de sujeción