

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ROSCADORA PARA TUBOS DESDE UN CUARTO HASTA CUATRO PULGADAS DE DIÁMETRO PARA PROASIN”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**AGUAS MOSQUERA KARINA ELIZABETH**

**SALINAS TOLEDO FERNANDO**

**DIRECTOR: ING. FERNANDO MONTENEGRO M.**

**CODIRECTOR: ING. CARLOS NARANJO G.**

**Sangolquí, 2013-06-03**

# **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

## **AUTORIZACIÓN**

Nosotros, Aguas Mosquera Karina Elizabeth y Salinas Toledo Fernando Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ROSCADORA PARA TUBOS DESDE UN CUARTO HASTA CUATRO PULGADAS DE DIÁMETRO PARA PROASIN”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 03 de Junio de 2013

---

Karina E. Aguas M.

---

Fernando Salinas T.

## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

**El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ROSCADORA PARA TUBOS DESDE UN CUARTO HASTA CUATRO PULGADAS DE DIÁMETRO PARA PROASIN” fue realizado en su totalidad por AGUAS MOSQUERA KARINA ELIZABETH Y SALINAS TOLEDO FERNANDO, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

---

**Ing. FERNANDO MONTENEGRO**

**DIRECTOR**

---

**Ing. CARLOS NARANJO**

**CODIRECTOR**

**Sangolquí, 2013-06-03**

## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ROSCADORA PARA TUBOS DESDE UN CUARTO HASTA CUATRO PULGADAS DE DIÁMETRO PARA PROASIN”**

**ELABORADO POR:**

---

**KARINA AGUAS M.**

---

**FERNANDO SALINAS T.**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

*ING. ÁNGELO VILLAVICENCIO*

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Sangolquí, 2013-06-03**

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a Dios, porque durante estos años de estudio me dio la fuerza para seguir adelante y ha guiado mi camino hasta el día de hoy.*

*A mi papito que es mi mayor ejemplo de vida y el hombre que siempre me ha enseñado que lo más importante es la honestidad y la humildad, un gran ser humano que no se rinde ante los obstáculos y quien con su esfuerzo y trabajo ha sabido sacar adelante a esta familia, simplemente mi superhéroe.*

*A mi mamita que siempre nos está empujando para ser mejores personas y se preocupa por el bienestar de cada uno de sus hijos y quien nunca ha permitido que me rinda, aun cuando he sentido que no hay solución ha estado junto a mí dándome fuerza y valor para culminar cada reto y sé que siempre estará ahí siendo mi gran apoyo y la mejor de mis amigas.*

*A Daniel, por ser quien me empuja a ser mejor cada día con su ejemplo, por haberme reprendido cuando lo necesite y por darme su apoyo en todo momento, con mucho cariño para ti hermano.*

*A Mario, la complicidad, apoyo incondicional y generosidad en una sola persona, por ser el hermano con el que siempre se puede contar, por motivarme para seguir adelante y a quien no sabría cómo pagarle todo lo que ha hecho por mí.*

*A Gabby, por enseñarme que la vida te da retos, dificultades y problemas y que solo depende de uno mismo no dejarse vencer, mi admiración hacia tu perseverancia y esfuerzo diario hermanita.*

*A Anita María, por demostrarme que las etapas de la vida las superamos con madurez y que nunca es tarde para cambiar y mejorar, un orgullo para mí formar parte de tu vida y ser tu hermana.*

*A mis sobrinos Sarahí, Mathías, Alex Gabriel y Danielita por alegrar mi vida con sus locuras y darme un motivo más para seguir adelante, con todo mi amor para ustedes.*

*Karina Elizabeth Aguas Mosquera*

## DEDICATORIA

*A mis padres:*

*Fernando, mi papi, por enseñarme que frente a las adversidades, mayor debe ser la fortaleza y el ímpetu, a buscar las respuestas dentro de mí, no conformarme con lo que el mundo me muestra y dar siempre mi propio criterio, por ser un hombre que con su ejemplo ha forjado en mí grandes valores y porque todo el tiempo ha estado presente para desinteresadamente darme su apoyo y sus inagotables enseñanzas y conocimientos.*

*Ana, mi mami, por ser el ejemplo de sacrificio, trabajo y fortaleza inagotable, la mujer que cada día me impulsa a conseguir mis metas, me brinda lo poco o mucho que puede tener y la que junto a mí se regocija con mis éxitos pero sobre todo sufre mis tropiezos, pero me enseña a levantarme de ellos y seguir adelante, con mayor fuerza.*

*A mis abuelitas, Blanca y Martha por ser mis segundas madres, las que se preocupan por mí y me brindan su amor y comprensión, su dulzura y su apoyo total.*

*A la memoria de mis abuelitos, Andrés y Jaime, por ser una luz, la que con toda seguridad ha iluminado e iluminará mi camino y cuidará mis pasos, por ser capaces de brindarme sabios consejos y sobre todo inspiración aun desde la eternidad.*

*A mi tía, Susy, mi querida tía, una persona desinteresada e incondicional, un ejemplo en mi vida y una verdadera amiga, quien siempre me ha apoyado y me ha brindado lo mejor de sí, de quien he aprendido muchas cosas y a quien agradezco infinitamente por todo lo que hace por mí.*

*A mi novia, mi querida Evelin por brindarme su apoyo y comprensión, por aguantarme tal y como soy y por descubrir en mí virtudes y defectos que ha sabido comprender, por ser a su manera mi compañía y complemento.*

*A ellos por ser mi sinergia verdadera.*

*Fernando Salinas Toledo*

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar a Dios, por darme la vida y salud para poder culminar este ciclo de mi vida y por iluminarme para hacer las cosas de la mejor manera.*

*A mi papito quién me ha apoyado siempre y ha sido una parte fundamental en mi vida para poder llegar hasta este momento.*

*A mi mamita por la paciencia que me ha tenido y por nunca dejar que me rinda aun en los momentos más difíciles.*

*A mis hermanos Danny, Mario, Gabby y Anita quienes me han apoyado y han confiado en mí.*

*A mis cuñados Jakita y Paul, quienes también han sido testigos del esfuerzo que he puesto para alcanzar esta meta y a mis sobrinos Sarhy, Mathy, Alex y Danielita por regalarme una sonrisa cada vez que lo necesito.*

*A mi abuelita Manuelita, mis tíos Any, Memito, Elsy, Mipy, Nancy y Mary que han estado al pendiente de mí y siempre deseándome lo mejor.*

*A Cristina, Sebastián y Paola, tres personas muy importantes en mi vida y con quienes compartí grandes momentos en diferentes etapas, sinceramente gracias por su incondicional y desinteresado apoyo y amistad.*

*A Fernando, más que un compañero, un amigo, por haber aceptado tomar este reto conmigo, ayudarme a sacarlo adelante y buscar soluciones cada vez que tuvimos tropiezos.*

*Al Ing. Pérez, Ing. Acosta, Ing. Ojeda y en general a todos los profesionales que se dieron el tiempo para conocer el proyecto y brindarnos su ayuda para desarrollarlo sin tener la obligación de hacerlo.*

*Al Ing. Montenegro e Ing. Naranjo, por encontrar un espacio entre sus actividades para ayudarnos a alcanzar este logro.*

*Karina Elizabeth Aguas Mosquera*

## AGRADECIMIENTOS

*A todas aquellas personas y elementos que despertaron en mí la curiosidad y el interés por descubrir y comprender como funcionan las cosas y el constante razonamiento de ellas, basadas en su fundamento: el maravilloso mundo de la Física y su más representativa expresión y materialización: la Mecánica.*

*Al Lic. Franklin Reinoso, un verdadero maestro quien me incentivo acertadamente a buscar todas las respuestas en las ciencias físicas.*

*Al Lic. Mario García por enseñarme que no basta con enseñar sólo ciencia sino más que eso formar personas y algo mucho más importante: señores.*

*A mis padres, Fernando y Ana, por ayudarme a encontrar todo lo que he buscado y estar a mi lado cada uno de mis días con sus consejos y lecciones de vida.*

*A Liseth, mi hermana por ser a su manera un aliciente para desarrollar mis ideas.*

*A Evelin por ser una compañera incondicional.*

*A Karina, mi compañera, por incentivarme a avanzar sin desmayar, por apoyarme como solo lo hace una verdadera amiga y por ser incondicional, por darme una mano, muchas veces, sin ella todo esto no hubiese sido posible.*

*Y sobre todo a cada una de las personas que en mi camino han buscado, exitosamente, la manera de “enseñarme a pensar”.*

*Fernando Salinas Toledo*



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN .....	ii
CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	iii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvii
ÍNDICE DE PLANOS.....	xviii
RESUMEN .....	xx
NOMENCLATURA .....	xxii
<b>CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.1.1. HISTORIA .....	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.3.1. GENERAL .....	3
1.3.2. ESPECÍFICOS .....	3
1.4. ALCANCE .....	3
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	4
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. GENERALIDADES DE LAS ROSCAS .....	5
2.1.1. DESCRIPCIÓN .....	5
2.1.2. ELEMENTOS DE LA ROSCA .....	6

2.1.3.	NÚMERO DE HILOS POR LONGITUD (PULGADA).....	7
2.1.4.	ROSCA CÓNICA.....	8
2.1.5.	DESIGNACIÓN DE LAS ROSCAS .....	9
2.1.6.	ROSCA AMERICANA CÓNICA PARA TUBOS (NPT).....	10
2.1.7.	TOLERANCIAS PARA TUBERÍA ROSCADA .....	14
2.2.	MECANIZADO DE ROSCAS .....	15
2.2.1.	TORNO .....	15
2.2.2.	FRESADORA.....	16
2.2.3.	ROSCADORA .....	17
 <b>CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....</b>		<b>25</b>
3.1.	SELECCIÓN DE PARÁMETROS.....	25
3.2.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	26
3.2.1.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CORTE.....	26
3.2.2.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PARADA DE EMERGENCIA .....	27
3.2.3.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	29
3.3.	ANÁLISIS PARA REDEFINIR EL PROBLEMA.....	30
3.3.1.	REDEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	30
 <b>CAPÍTULO 4: DISEÑO Y SELECCIÓN DE PARTES .....</b>		<b>33</b>
4.1.	DISEÑO DE PARTES .....	33
4.1.1.	CAJA DE ENGRANES .....	33
4.1.2.	EJE PRINCIPAL.....	40
4.1.3.	DISEÑO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE , TRANSPORTE Y TUBOS GUÍA .....	41
4.1.4.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA..	42
4.1.5.	JUSTIFICACIÓN DE CÁLCULOS .....	42
4.2.	SELECCIÓN DE PARTES MEDIANTE CATÁLOGO.....	43

4.3.	DESCRIPCIÓN DE PLANOS .....	43
<b>CAPÍTULO 5: CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS .....</b>		<b>45</b>
5.1.	DIAGRAMAS DE PROCESO DE FABRICACIÓN.....	46
5.1.1.	BASE.....	46
5.1.2.	COJINETE DELANTERO / COJINETE POSTERIOR .....	47
5.1.3.	ENGRANES .....	48
5.1.4.	EJES DE LA CAJA DE ENGRANES.....	50
5.1.5.	CAJA DE ENGRANES.....	51
5.1.6.	UNIDAD DE ENGRANAJE CON EJE CONJUNTO .....	52
5.1.7.	POLEA MAYOR / DESLIZAMIENTO FRONTAL / DESLIZAMIENTO POSTERIOR / DISCO/ DISCO VOLANTE .....	53
5.1.8.	DISCO DE CENTRADO / DISCO POSTERIOR.....	55
5.1.9.	UNIONES / PLATINA .....	56
5.1.10.	SOPORTE DEL MOTOR.....	57
5.1.11.	TUBO GUÍA DELANTERO.....	58
5.1.12.	TRANSPORTE .....	59
5.1.13.	CONJUNTO DE SUJECIÓN .....	60
5.1.14.	VOLANTE.....	62
5.1.15.	CABEZAL DE ¼" A 2" / CABEZAL DE 2 ½" A 4" .....	63
5.1.16.	MARCO DEL CORTADOR Y ALOJAMIENTO DE RODAMIENTOS DEL CORTATUBO / ESCARIADOR .....	64
5.1.17.	MANGO CON TORNILLO DEL CORTATUBO.....	65
5.1.18.	PLACA LATERAL DELANTERA / PLACA LATERAL POSTERIOR / CUBIERTA INFERIOR / BANDEJA DE RESIDUOS .....	66
5.2.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN (HORAS).....	67
5.3.	MONTAJE .....	69
5.3.1.	MONTAJE DEL SISTEMA MECÁNICO .....	69

5.3.2.	MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....	72
5.4.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	73
5.4.1.	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	73
5.4.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS .....	74
5.4.3.	TOMA DE DATOS.....	76
5.4.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	78
5.5.	MANUALES: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	79
<b>CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO .....</b>		<b>81</b>
6.1.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	81
6.1.1.	COSTOS DIRECTOS.....	81
6.1.2.	COSTOS INDIRECTOS .....	85
6.1.3.	COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA ROSCADORA .....	85
6.2.	ANÁLISIS FINANCIERO .....	86
6.2.1.	VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	87
6.2.2.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) .....	88
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>89</b>
7.1.	CONCLUSIONES.....	89
7.2.	RECOMENDACIONES .....	90
REFERENCIAS.....		92
ANEXOS .....		95

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 2

Tabla 2.1	Transformación del paso en hilos/pulgada a milímetros .....	8
Tabla 2.2	Denominación característica de las roscas .....	9
Tabla 2.3	Dimensiones principales de las roscas NPT .....	13
Tabla 2.4	Medidas importantes de las roscas NPT .....	14
Tabla 2.5	Tolerancias en tubos roscados.....	14
Tabla 2.6	Categorías de Mantenimiento .....	23
Tabla 2.7	Selección de la Categoría de Mantenimiento .....	24

### CAPÍTULO 3

Tabla 3.1	Selección de la herramienta de corte .....	27
Tabla 3.2	Selección del sistema de parada de emergencia.....	28
Tabla 3.3	Selección del sistema de lubricación.....	29

### CAPÍTULO 5

Tabla 5.1	Cronograma para la fabricación de los elementos de la Máquina Roscadora para tubos desde ¼" hasta 4" .....	68
Tabla 5.2	Pruebas en diferentes diámetros.....	77
Tabla 5.3	Tiempo total de operación .....	77
Tabla 5.4	Tiempos de roscado.....	78
Tabla 5.5	Cálculo del ángulo cónico .....	78

### CAPÍTULO 6

Tabla 6.1	Materiales adquiridos mediante catálogo .....	81
Tabla 6.2	Materiales adquiridos a medio uso en buen estado .....	82
Tabla 6.3	Materiales para el diseño .....	82
Tabla 6.4	Total de costos directos .....	85

Tabla 6.5	Total de costos indirectos.....	85
Tabla 6.6	Costo total de la máquina roscadora de tubo .....	86
Tabla 6.7	Beneficio económico de la fabricación .....	86
Tabla 6.8	Costos de producción con la máquina .....	87
Tabla 6.9	Gastos de Proasin en los 3 últimos años .....	87
Tabla 6.10	Proyección de la producción a 5 años.....	88
Tabla 6.11	Cálculo de la tasa interna de retorno.....	88

# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO 2

Figura 2.1	Parámetros para definir una rosca .....	6
Figura 2.2	Rosca y la forma teórica en que se generan los hilos .....	7
Figura 2.3	Rosca cónica.....	8
Figura 2.4	Pareja de roscas NPT a acoplarse (macho- hembra) .....	10
Figura 2.5	Perfil básico de la rosca NPT .....	11
Figura 2.6	Dimensiones básicas de montaje para rosca NPT.....	12
Figura 2.7	Rosca NPT acoplada .....	12
Figura 2.8	Fabricación de roscas en un torno .....	15
Figura 2.9	Fabricación de roscas en una fresadora .....	16
Figura 2.10	Fabricación de roscas en una roscadora .....	17

## CAPÍTULO 4

Figura 4.1	Esquema de los elementos que conforman la caja de engranes .....	33
Figura 4.2	Esquema de la ubicación de las poleas .....	35
Figura 4.3	Selección de la banda.....	37
Figura 4.4	Diagrama de distribución de la potencia en el eje 2.....	37
Figura 4.5	Rodamiento rígido a bolas serie 62..-2Z .....	39
Figura 4.6	Rodamiento de agujas NK .....	40
Figura 4.7	Diagrama de cuerpo libre en la UE y herramienta de corte .....	41

## CAPÍTULO 5

Figura 5.1	Base.....	46
Figura 5.2	Cojinete delantero / Cojinete posterior .....	47
Figura 5.3	Engranes de la caja .....	48
Figura 5.4	Engranes en el transporte.....	49
Figura 5.5	Ejes de la caja de engranes.....	50

Figura 5.6	Caja de engranes.....	51
Figura 5.7	UE con Eje conjunto.....	52
Figura 5.8	Polea mayor.....	53
Figura 5.9	Deslizamiento Frontal/ Deslizamiento Posterior/ Disco/ Disco Volante.....	54
Figura 5.10	Disco de Centrado / Disco Posterior.....	55
Figura 5.11	Uniones / Platina.....	56
Figura 5.12	Soporte del Motor.....	57
Figura 5.13	Tubo Guía Delantero.....	58
Figura 5.14	Transporte.....	59
Figura 5.15	Platinas del Conjunto de Sujeción.....	60
Figura 5.16	Bloque del Conjunto de Sujeción.....	61
Figura 5.17	Volante.....	62
Figura 5.18	Cabezales.....	63
Figura 5.19	Cortatubo y Escariador.....	64
Figura 5.20	Mango del Cortatubo.....	65
Figura 5.21	Cubiertas.....	66
Figura 5.22	Montaje del motor y su soporte.....	69
Figura 5.23	Montaje de la caja, poleas, bomba y banda.....	70
Figura 5.24	Instalación de la bandeja de residuos.....	70
Figura 5.25	Cojinetes, UE con eje conjunto.....	71
Figura 5.26	Conexiones eléctricas.....	71
Figura 5.27	Pedal de freno y placas laterales.....	71
Figura 5.28	Montaje de discos, transporte y malla para viruta.....	72
Figura 5.29	Cortatubo y escariador.....	72
Figura 5.30	Montaje total.....	72
Figura 5.31	Diagrama de Cableado.....	73
Figura 5.32	Instrumentos de medición.....	74



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Memoria de cálculo: Diseño de la transmisión por poleas .....	96
Anexo B: Memoria de cálculo: Diseño de engranajes .....	99
Anexo C: Memoria de cálculo: Diseño de ejes .....	113
Anexo D: Selección de rodamientos .....	139
Anexo E: Memoria de cálculo: Frecuencia de ejes y diseño de chavetas .....	152
Anexo F: Análisis en el eje principal.....	166
Anexo G: Análisis en las herramientas de corte.....	172
Anexo H: Memoria de cálculo: Piñón- cremallera .....	191
Anexo I: Análisis estructural de los elementos de la máquina.....	195
Anexo J: Memoria de cálculo: Justificación de cálculos .....	211
Anexo K: Planos.....	214
Anexo L: Práctica de Laboratorio: Verificación de medidas en las Roscas de 1", 2" y 3" .....	255
Anexo M: Manuales de Operación y Mantenimiento .....	263
Anexo N: Proforma de la máquina Ridgid 1224 .....	280
Anexo O: Carta de conformidad.....	282

## ÍNDICE DE PLANOS

<b>ISOMETRÍAS</b> .....	215
ISOM-01: Componentes principales.....	216
ISOM-02: Soporte.....	217
ISOM-03: Conjunto de sujeción.....	218
ISOM-04: Caja de engranes.....	219
ISOM-05: Cabezales.....	220
ISOM-06: Cortatubo.....	221
ISOM-07: Escariador.....	222
ISOM-08: Ensamble completo.....	223
<b>FUNDICIONES</b> .....	224
FUN-01: Desplazamiento frontal.....	225
FUN-02: Marco del cortador.....	226
FUN-03: Disco.....	227
FUN-04: Alojamiento de rodamientos.....	228
FUN-05: Disco volante.....	229
FUN-06: Desplazamiento posterior.....	230
FUN-07: Cojinetes.....	231
FUN-08: Transporte.....	232
FUN-09: Escariador y pivote.....	233
FUN-10: Polea mayor / bloque.....	234
<b>FABRICADAS</b> .....	235
FAB-01: Volante.....	236
FAB-02: Mango con tornillo.....	237
FAB-03: Uniones (x3) y platina.....	238
FAB-04: Soporte del motor.....	239
FAB-05: Disco posterior.....	240
FAB-06: Disco de centrado.....	241
FAB-07: Unidad de engranaje con eje conjunto y piñón 5.....	242
FAB-08: Tubo guía delantero.....	243
FAB-09: Cubierta superior.....	244

FAB-10: Base delantera.....	245
FAB-11: Base posterior.....	246
FAB-12: Tubo central.....	247
FAB-13: Engrane recto 1a / 2a y ejes.....	248
FAB-14: Cubiertas.....	249
FAB-15: Manija, platinas, soporte de platinas.....	250
FAB-16: Carcaza de la caja de engranes.....	251
FAB-17: Ejes de la caja de engranes y guía de velocidad.....	252
FAB-18: Engranes de la caja (1/2).....	253
FAB-19: Engranes de la caja (2/2).....	254

## RESUMEN

El presente proyecto titulado “Diseño y construcción de una roscadora para tubos desde un cuarto hasta cuatro pulgadas de diámetro para Proasin”, es el estudio e implementación de una máquina que genera roscas NPT en tuberías de diversos materiales siendo el acero inoxidable el más duro para trabajar.

Se realizó un estudio relativo a las roscas y su mecanizado, determinando características y formas de ejecutarlo.

En base a estas condiciones se analizaron parámetros que se acogen de máquinas similares existentes en el mercado, debido a las facilidades que estos generan en el desarrollo del roscado así como en la eficiencia de esta operación. De manera concomitante se seleccionaron alternativas que, sin ser indispensables, pueden optimizar el desempeño de la máquina, su preservación y la seguridad, así fue posible realizar un diseño razonado.

En el diseño se consideró características asociadas a la resistencia de cada elemento y al esfuerzo al que se someterán como parte de todo el conjunto, además se analizó estructuralmente a los mismos. Cabe destacar el diseño desarrollado en la caja de engranes ya que resulta esencial en el desempeño de la roscadora al ser el conjunto de transmisión.

El diseño del presente proyecto se sustentó en la aplicación de paquetes informáticos, entre ellos: *SolidWorks* (modelado mecánico), *Mathcad* (cálculo numérico y simbólico), *MITCalc* (selección de rodamientos), *AutoCAD* (dibujo en dos y tres dimensiones) y *MDSolids* (cálculo de estructuras), todos en versiones estudiantiles.

Para la construcción y ensamble de la máquina ha sido necesario emplear partes y elementos:

- Diseñados (considerando las condiciones más críticas de operación) para fabricar. En la fabricación de los elementos se aplicaron principalmente procedimientos de maquinado (torno y fresadora) y fundición;
- Adquiridos mediante catálogo (el motor, la bomba de aceite y principalmente aquellos que por su desgaste en el uso requieren ser intercambiables);

- Adquiridos de máquinas similares, usados pero en excelente estado, (los mismos se encuentran diseñados y detallados en los planos y pueden ser construidos), estos se adquirieron con el fin de reducir costos.

Luego del montaje se realizaron pruebas para verificar el funcionamiento de la máquina, garantizando su correcto desempeño tanto eléctrica como mecánicamente.

Después de la puesta en marcha de la máquina, se realizó una práctica en el laboratorio de Metrología de la ESPE, con el objetivo de determinar las medidas en las roscas referentes a longitudes, ángulos y número de hilos y así valorar sus tolerancias según la normativa ANSI/ASME B 1.20.1 /1983, se verificó también el correcto acople de las roscas realizadas con los accesorios de tubería que existen en el mercado, concluyendo así que estas cumplen con lo que exige la norma.

Inicialmente se planteó obtener lo expuesto a un costo inferior al de máquinas similares ofertadas en el mercado y con las mismas características funcionales, la roscadora demandó una inversión aproximada de \$ 8000 y resultó ser viable ya que significó un ahorro de alrededor el 30% con relación a dichas máquinas.

El presente proyecto fue desarrollado por dos estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica, como un requisito para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, además de ser un aporte para brindar soluciones de ingeniería en la obra civil, buscando optimizar recursos y no afectar al medio ambiente.

## NOMENCLATURA

SÍMBOLO	VARIABLE	UNIDAD
f	Alimentación equivalente al ancho de corte	mm/rev
t	Ancho de cara	mm
av	Avance	mm
Fr	Carga transmitida en la dirección radial	N
Ft	Carga transmitida en la dirección tangencial	N
D	Diámetro de la polea mayor	mm
d	Diámetro de la polea menor	mm
dp	Diámetro de paso	mm
dpr	Diámetro de paso de la rueda	mm
dpp	Diámetro de paso del piñón	mm
de	Diámetro exterior	mm
di	Diámetro interior	mm
c	Distancia entre centros (engranes)	mm
ce	Distancia entre centros (transmisión por poleas)	mm
Fc	Fuerza de corte	KN
nd	Factor de diseño	s/u
FB	Fuerza de flexión	N
FN	Fuerza neta de impulso	N
I	Intensidad de corriente	amperios
Lp	Longitud de paso	mm
L	Longitud de rosca	mm
Cf	Material de trabajo	s/u
md	Módulo	mm
N	Número de dientes	s/u
Np	Número de pasadas	s/u
n	Número de revoluciones por minuto	rpm
nv	Número de vueltas	s/u
Tr	Par de torsión	N-mm
pr	Paso de la rosca	mm
P	Potencia	kW
Hd	Potencia de diseño	kW

<b>SÍMBOLO</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>UNIDAD</b>
PB	Potencia en la bomba	kW
Ppñ	Potencia en la caja de engranes	kW
PP	Potencia en la polea	kW
Hnom	Potencia nominal	kW
cd	Profundidad de corte	mm
FC	Tensión centrífuga	N
tr	Tiempo de roscado	seg
ne	Velocidad de entrada	rpm
nsa	Velocidad de salida	rpm
Vel	Velocidad periférica	m/s
V	Voltaje	voltios





# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES

#### 1.1.1. HISTORIA

“Unir ha sido uno de los problemas básicos en la ingeniería mecánica de todos los tiempos. Cualquier utensilio, ingenio, artefacto, compuesto de más de un elemento debe solucionar su integración mediante algún tipo de unión. Si, como suele ocurrir, esta unión debe ser reversible, el problema se complica. O, mejor dicho, se complicaría si no fuera por la invención genial de la rosca y de las máquinas y útiles que han permitido su fabricación a lo largo de la historia.”<sup>1</sup>

El avance tecnológico de los procesos en la mecánica se ha basado en la utilización de herramientas y como su desarrollo: el diseño y construcción de máquinas herramientas. Las primeras máquinas herramientas que aparecieron fueron los tornos, para satisfacer la necesidad de dar forma a los elementos de una manera más fácil, rápida y mejorando los acabados.

Los primeros indicios de roscado aparecen en operaciones con movimiento alternativo mediante una cuerda. Al enrollarse y desenrollarse la cuerda en un palo iba generando unas marcas helicoidales en forma de filetes, haciendo las veces de tornillo, en tanto que la cuerda, con sus diferentes vueltas, desempeñaba el papel de tuerca, apareciendo así la idea de unión y acople mediante rosca.

Como alternativa de roscado se encuentra la terraja de roscar, esta es una herramienta manual, que se calibra de acuerdo al tipo de rosca que se desea obtener. La terraja tiene la capacidad de roscar tubos de diferentes materiales, para ello se deberá considerar la dureza del material con que está construida la terraja. En la actualidad se sigue utilizando la terraja como opción de roscado.

Para proyectos industriales, en donde se realizan gran cantidad de roscas y es importante disminuir los tiempos de operación y mejorar la efectividad de la

---

<sup>1</sup> Por Albert Esteves, tomado de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/11297-A-vueltas-con-el-roscado.html>

misma, se ha visto la necesidad de tecnificar este proceso mediante máquinas, sobre todo eléctricas, las mismas que ayuden a optimizar el trabajo.

Con este propósito, inicialmente se utilizó como máquinas herramientas de roscado a la fresadora y el torno, las cuales realizan mayormente roscas interiores, es decir reemplazando el trabajo manual de roscado con macho y adaptando a las mismas a las labores de roscado, pues cabe mencionar que tanto el torno como la fresadora no son máquinas especializadas en este proceso y por su naturaleza son estacionarias, lo cual no favorece al trabajo en campo en donde es importante la disponibilidad de la máquina en el lugar donde se esté desarrollando la obra civil.

Por éstas razones surgió la necesidad de contar con una máquina especializada en realizar roscas y que sea portátil, dando lugar así a la construcción de máquinas roscadoras de tubos, que a lo largo del tiempo se han ido perfeccionando y buscando cumplir con las operaciones básicas que se requieren realizar en el tubo con el fin de acoplarlo en sistemas diversos.

## **1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La demanda generada para los proyectos que lleva a cabo Proasin, ha ocasionado la necesidad de subcontratar el servicio de roscado, actividad fundamental para acoplar tuberías de diámetro de  $\frac{1}{4}$  a 4 pulgadas, utilizadas para las instalaciones de aire acondicionado, sistemas contra incendios, hidro- sanitarios, entre otros, de manera ágil, efectiva y económica.

El costo de la subcontratación más el lucro cesante generado por el tiempo que toma la misma, así como su movilización hasta la realización del trabajo, valor que bordea los 16000 dólares anuales en promedio<sup>2</sup>, han motivado a analizar el beneficio de disponer de este recurso.

En la actualidad el mercado cuenta con equipos que permiten cumplir este propósito a un costo elevado, por otra parte los trabajos se puede realizar con herramientas que están al alcance del presupuesto sin embargo no permiten realizar una labor de manera oportuna.

---

<sup>2</sup> Valor proporcionado por Proasin.

## **1.3.OBJETIVOS**

### **1.3.1. GENERAL**

Diseñar y construir una máquina roscadora para tubos desde un cuarto hasta cuatro pulgadas de diámetro de mediana producción para PROASIN.

### **1.3.2. ESPECÍFICOS**

- Realizar una descripción generalizada sobre roscas, enfocarse en la Rosca Americana Cónica para tubos (NPT) y establecer los parámetros que se involucran en una máquina roscadora.
- Analizar las mejores opciones de entre varios elementos para llegar a la alternativa óptima en diversos casos planteados.
- Realizar el diseño mecánico de todas las partes a fabricar cumpliendo las normas correspondientes y seleccionar las partes a adquirir mediante catálogo.
- Construir, adquirir y ensamblar las partes de la máquina basándose en el diseño realizado para ponerla en funcionamiento y efectuar las pruebas respectivas que garanticen un adecuado desempeño.
- Justificar la realización del proyecto, efectuando el análisis financiero.
- Demostrar los resultados y el ahorro generado con la construcción de ésta máquina comparándola con las existentes en el mercado.

## **1.4. ALCANCE**

El presente proyecto tiene como alcance el diseño, fabricación de elementos, adquisición de partes nuevas obtenidas mediante catálogo y partes usadas en perfecto estado para la construcción de una máquina roscadora de tubos cuyos diámetros están comprendidos entre un cuarto y cuatro pulgadas, con las características necesarias para maquinar tubería de diferentes materiales, realizando operaciones de roscado, escariado y cortado; basándose en un diseño práctico y económico, para así lograr el máximo rendimiento.

Luego del diseño y la construcción, se pondrá en marcha y se realizarán las pruebas de operación de la máquina además del control de calidad de las roscas obtenidas.

Para ejecutar el presente proyecto se propone como presupuesto inicial la cantidad de \$ 7001,45 esperando un ahorro significativo comparado al costo de su similar en el mercado (\$ 11887,24) y se plantea entregar la máquina funcionando en un lapso no mayor a 18 meses a partir del inicio de este proyecto de grado.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **Justificación:**

Entre sus actividades PROASIN ha incursionado en el área de diseño e instalación de: sistemas de climatización (refrigeración, aire acondicionado, ventilación), sistemas hidráulicos sanitarios, sistemas contra incendios, estructuras metálicas, entre otros. La tecnología que utiliza, proporciona a sus clientes soluciones efectivas de acuerdo a las necesidades que presenten y dentro de normas internacionales de seguridad y confiabilidad.

Para PROASIN la implementación de una máquina roscadora de tubo constituye un avance en el crecimiento periódico que ha venido teniendo en los últimos años, y la pone en un nivel más competitivo con empresas que realizan trabajos similares.

En la actualidad, PROASIN cuenta con proyectos que demandan la utilización de esta máquina, ya que la mayoría de las instalaciones que realiza son con tubería roscada, se ve en la necesidad de alquilar una máquina roscadora lo cual le genera elevados costos de operación, por esta razón han considerado primordial la disponibilidad de una ROSCADORA DE TUBO.

### **Importancia:**

La expectativa con la implementación de esta maquinaria consiste en:

- Optimización del tiempo de roscado, ya que se pretende que la máquina incluyendo el montaje del tubo se demore un lapso máximo de 180 segundos en realizar el roscado, considerando una sola pasada.
- Reducir el valor de la inversión en aproximadamente un 25%, lo cual evidencie un considerable ahorro económico de al menos \$ 3000 en relación a la máquina que oferta el mercado cuyo costo es de alrededor de \$ 12000.
- Crecer a nivel empresarial y mostrar mayor competitividad en el mercado

# CAPÍTULO 2

## MARCO TEÓRICO

### 2.1. GENERALIDADES DE LAS ROSCAS

#### 2.1.1. DESCRIPCIÓN

A lo largo del tiempo en la industria se han utilizado una gran variedad de tipos de roscas. Para evitar confusiones y optimizar recursos se ha procurado en diversos países normalizar las roscas, es decir, asignarles dimensiones definidas y clasificarlas según su forma y aplicaciones, a su vez, dentro de cada uno de esos grupos establecer las proporciones más convenientes y una serie de medidas normadas y convenientemente escalonadas para que puedan cubrir las necesidades más comunes.

Una rosca es una superficie cuyo eje está contenido en el plano y en torno a él describe una trayectoria helicoidal (es el nombre que recibe toda línea curva cuyas tangentes forman un ángulo constante ( $\alpha$ ), siguiendo una dirección fija en el espacio) cilíndrica.

Existen cinco tipos fundamentales de roscas:

1. Métrica
2. Whitworth.
3. NPT
4. UNC: rosca unificada normal (corriente)
5. UNF: Rosca unificada paso fino

Las normas generales son las siguientes:

#### 1. Sistema métrico

BS 3643: ISO Roscas métricas

BS 4827: ISO Roscas miniatura o finas

BS 4846: ISO Roscas trapeciales o trapezoidales

BS 21: Roscas para conexiones y tubos de paredes delgadas

#### 2. Sistema inglés

BS84: Roscas Whitworth

BS93: Roscas de la British Association (BA)

DIN 477

### 3. Rosca Cónica Nacional Americana, o NPT

BS 949/79

ANSI B1.20.1 1983

### 4. Rosca unificada normal (corriente), o UNC

ANSI / ASME B1. 1 1989

### 5. Rosca unificada de paso fino, o UNF

ANSI / ASME B1.1 1989

Las principales diferencias son:

**Métrica:** Los ángulos de las espiras son de  $60^\circ$  (en tornillos se redondea el fondo de la rosca y las puntas son planas. En las roscas métricas el paso se indica por el avance en milímetros por cada vuelta.

**Whitworth:** Los ángulos de las espiras son de  $55^\circ$ . En las roscas Whitworth el paso se indica por número de hilos por pulgada.

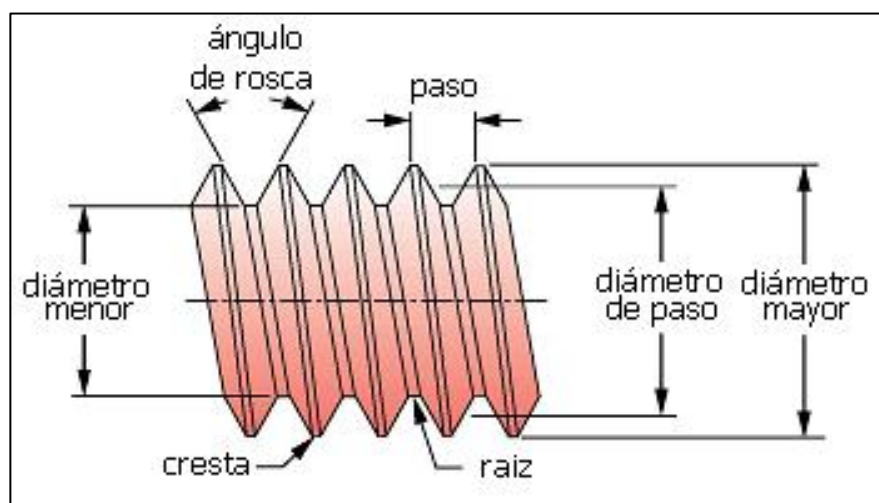
**NPT:** La conexión más conocida y ampliamente utilizada donde la rosca de tubería provee tanto unión mecánica como sello hidráulico. Tiene una rosca cónica macho y hembra que sella con cinta de Teflón o un compuesto para unir.

**UNC:** Rosca de hilo gruesa recomendable para uso general en la ingeniería.

**UNF:** Rosca de hilo fino recomendado para uso general en automóviles, aviones y otras aplicaciones donde el espesor de pared requiere hilo delgado.

## 2.1.2. ELEMENTOS DE LA ROSCA

Figura 2.1 Parámetros para definir una rosca



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/39569215/cap04-02>

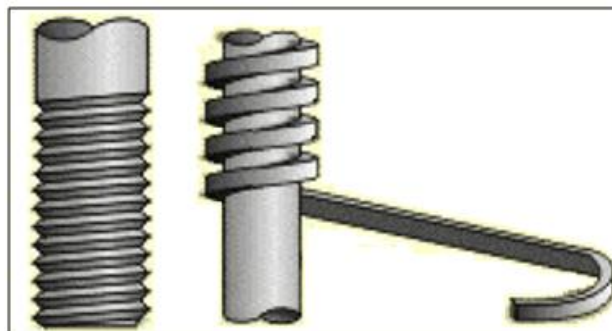
Cada rosca se caracteriza por estar definida bajo los siguientes parámetros:

- Paso.- Distancia existente entre dos dientes consecutivos de la rosca.
- Forma del filete.-Según la forma geométrica de su filete las roscas pueden ser: cuadradas, trapeciales, diente de sierra, triangulares, circulares.
- Ángulo de la rosca.- Las roscas de filete triangular son las que se utilizan con mayor frecuencia en función del ángulo de la rosca, como característica importante, estas suelen presentar truncamientos en la raíz y en la cresta, esto con el fin de evitar rotura (los bordes acumulan tensiones) y optimizar su capacidad de roscar (disminuir el rozamiento).
- Avance.- Distancia longitudinal que avanza un punto referencial de un diente en un giro de la rosca.
- Sentido de giro.- Puede ser dextrógiro o levógiro, es decir en sentido horario o anti horario respectivamente, asumiendo que uno de los acoples se encuentra fijo.

### 2.1.3. NÚMERO DE HILOS POR LONGITUD (PULGADA)

El número de hilos hace referencia a la cantidad de veces que se ve pasar la rosca (vueltas) de manera longitudinal en el eje y esto a su vez relacionándolo con la unidad de medida (pulgadas).

**Figura 2.2 Rosca y la forma teórica en que se generan los hilos**



Fuente: <http://concurso.cnice.mec.es>

Las roscas Unificadas Nacionales Especiales (UNS) pueden estar conformadas por 12, 14 o 18 hilos por pulgada, estas roscas son menos usadas y forman parte de dispositivos especiales.

En tubería los hilos de una rosca sometida a alta presión, son más anchos y más lisos que los de baja presión.

**Tabla 2.1 Transformación del paso en hilos/pulgada a milímetros**

N	mm.	N	mm.	N	mm.	N	mm.
80	0,317	28	0,907	13	1,953	4 1/2	5,644
72	0,352	27	0,940	12	2,116	4	6,349
64	0,396	26	0,976	11 1/2	2,208	3 1/2	7,257
60	0,423	24	1,058	11	2,309	3 1/4	7,815
56	0,453	22	1,154	10	2,540	3	8,466
48	0,529	20	1,270	9	2,822	2 7/8	8,834
44	0,577	19	1,336	8	3,174	2 3/4	9,236
40	0,635	18	1,411	7	3,628	2 5/8	9,676
36	0,705	16	1,587	6	4,233	2 1/2	10,160
32	0,793	14	1,814	5	5,080	---	---

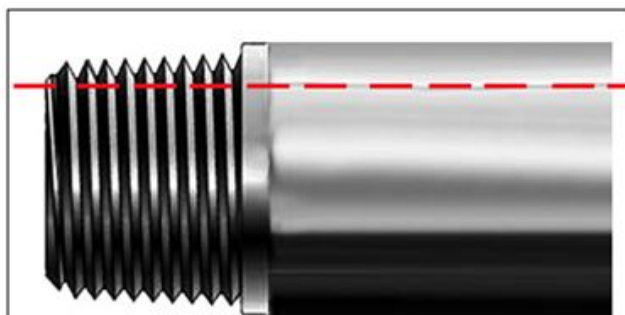
Fuente: <http://www.bluemaster.es>

#### 2.1.4. ROSCA CÓNICA

Las roscas cónicas marcan una gran diferencia entre las roscas de tubería, muchas de éstas no deben únicamente realizar un sello mecánico sino además un sello hidráulico (a prueba de fugas), lo cual se consigue mediante la forma cónica de la rosca del macho que se acopla con la rosca de la hembra, además del uso de sellante para tuberías a fin de llenar cualquier espacio que pudiese existir entre las dos roscas y que causase una fuga en espiral. El diámetro de este tipo de rosca aumenta o disminuye a lo largo de la longitud de la rosca.

En consecuencia las terminales de las roscas se encuentran generadas sobre un cono (no sobre un cilindro), el cual es de 1/16 (3/4 pulgada por pie) o 62,5 mm por metro. Como consecuencia de la conicidad, una rosca de tubería puede únicamente roscar, en una conexión, cierta distancia antes de llegar a trabarse.

**Figura 2.3 Rosca cónica**



Fuente: <http://www.plumbingsupply.com/pipethreadsizing.html>

Los valores de torque de instalación se pueden determinar por aplicación, pero debido a las variaciones existentes tales como diferencia de materiales entre la hembra y el macho, clase de sellantes y cambios internos en el grosor de la pared del tubo, no se puede generalizar o suministrar una especificación de torque estándar.



## 2.1.5. DESIGNACIÓN DE LAS ROSCAS

La designación de la rosca en la identificación de los principales elementos que intervienen en la fabricación de una rosca determinada, se hace por medio de su letra representativa e indicando la dimensión del diámetro exterior y el paso.

La siguiente tabla entrega información para reconocer el tipo de rosca a través de su letra característica, se listan la mayoría de las roscas utilizadas en ingeniería mecánica

**Tabla 2.2 Denominación característica de las roscas**

<b>Símbolos de roscado más comunes</b>	<b>Denominación usual</b>	<b>Otras</b>
<b>American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)</b>	API	
<b>British Association (Asociación Británica)</b>	BA	
<b>International Standards Organization (Organización Internacional de Normalización)</b>	ISO	
<b>Rosca para bicicletas</b>	C	
<b>Rosca Edison</b>	E	
<b>Rosca de filetes redondos</b>	Rd	
<b>Rosca de filetes trapezoidales</b>	Tr	
<b>Rosca para tubos blindados</b>	PG	Pr
<b>Rosca Whitworth de paso normal</b>	BSW	W
<b>Rosca Whitworth de paso fino</b>	BSF	
<b>Rosca Whitworth cilíndrica para tubos</b>	BSPT	KR
<b>Rosca Whitworth</b>	BSP	R
<b>Rosca Métrica paso normal</b>	M	SI
<b>Rosca Métrica paso fino</b>	M	SIF
<b>Rosca Americana Unificada p. normal</b>	UNC	NC, USS
<b>Rosca Americana Unificada p. fino</b>	UNF	NF, SAE
<b>Rosca Americana Unificada p. extrafino</b>	UNEF	NEF
<b>Rosca Americana Cilíndrica para tubos</b>	NPS	
<b>Rosca Americana Cónica para tubos</b>	NPT	ASTP
<b>Rosca Americana paso especial</b>	UNS	NS
<b>Rosca Americana Cilíndrica "dryseal" para tubos</b>	NPSF	
<b>Rosca Americana Cónica "dryseal" para tubos</b>	NPTF	

Fuente: <http://www.gbi-fijaciones.cl/catalogo/tornillos/roscas.htm>

## 2.1.6. ROSCA AMERICANA CÓNICA PARA TUBOS (NPT)

Las normas permiten que exista uniformidad, compatibilidad y funcionamiento adecuado de los sistemas, en base a diferentes pruebas y ensayos así como experiencias extraídas de la práctica y aplicación de la ingeniería de campo, en este caso relacionado a las tuberías, proporcionan dimensiones, ángulos (conicidad) y materiales a utilizar en el desarrollo y montaje de las tuberías en función del servicio que las mismas deban prestar.

NPT (National Pipe Thread), es una norma técnica también conocida como rosca estadounidense cónica que se aplica para la estandarización del roscado de los elementos de conexión empleados en los sistemas e instalaciones de tubería. La rosca NPS y la de NPT es la misma, la diferencia es, que NPT es cónica y NPS paralela.

La norma NPT define el tipo de roscado y cierre, en este caso obtenida por contacto y compresión de una arista con un cono, esto es el roscado cónico.

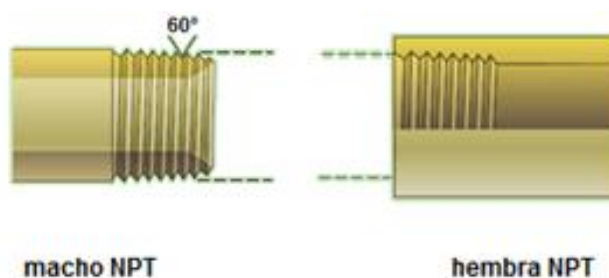
El fileteado NPT va a  $1/16$  ( $3/4$  pulgadas por pie) medido por el cambio de diámetro del fileteado de tubo sobre la distancia.

El roscado dividido por una línea central da un resultado de ángulo  $1^\circ 47' 24''$  o  $1.7899^\circ$  medido desde el centro del eje.

La norma ANSI B1.20.3 define una variante para roscas NPT denominada National Pipe Taper Fuel (NPTF) de sellado en seco que hace innecesario el uso de material de sellado.

Para especificar la conexión NPT macho suele mencionarse como: MPT (Male Pipe Thread), MNPT, o NPT (M); mientras que para la conexión hembra se emplea la denominación: FPT (Female Pipe Thread), FNPT, o NPT (F).

**Figura 2.4 Pareja de roscas NPT a acoplarse (macho- hembra)**



Fuente: propia

### 2.1.6.1. Norma<sup>3</sup> ANSI/ASME B 1.20.1 /1983

Esta norma pertenece a las roscas para tubos NPT, donde se destacan los siguientes parámetros:

**H:** Altura del triángulo básico de 60° (teórica)

$$H=0,8660025P \quad \text{Ecuación 2.1}$$

**h:** Altura del filete de la rosca externa

$$h=0,8P \quad \text{Ecuación 2.2}$$

**P:** Paso de la rosca

$$P=25,4/n \text{ (mm)} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

**n:** Número de hilos / pulgada

**f<sub>c</sub>:** Altura de truncamiento de la cresta

**f<sub>r</sub>:** Altura de truncamiento de la raíz

**F<sub>c</sub>:** Longitud de truncamiento de la cresta

**F<sub>r</sub>:** Longitud de truncamiento de la raíz

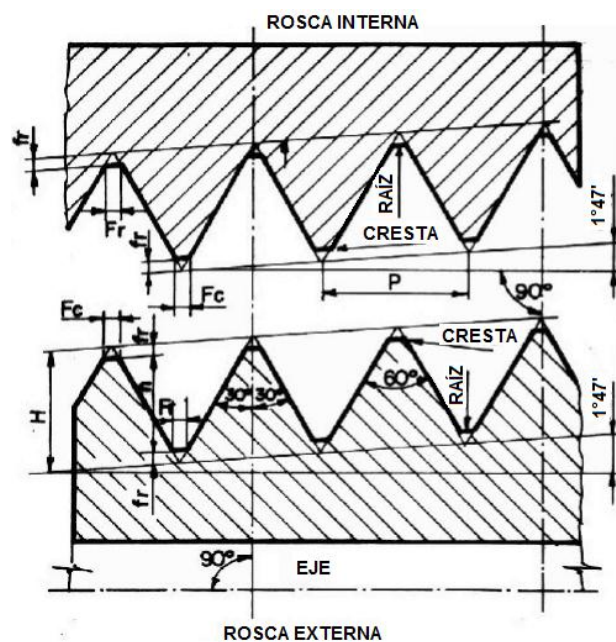
**Designación:** 3/8" – 18 NPT

**Otras designaciones:**

**NPSC:** Rosca cilíndrica para acoplamiento de tuberías supresión cuando se aplican lubricantes o sellantes

**NPTR:** Roscas para tuberías ferroviarias

**Figura 2.5 Perfil básico de la rosca NPT**



<sup>3</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/30143504/Presentacion-Roscas-Tipos-y-Perfil>

Figura 2.6 Dimensiones básicas de montaje para rosca NPT

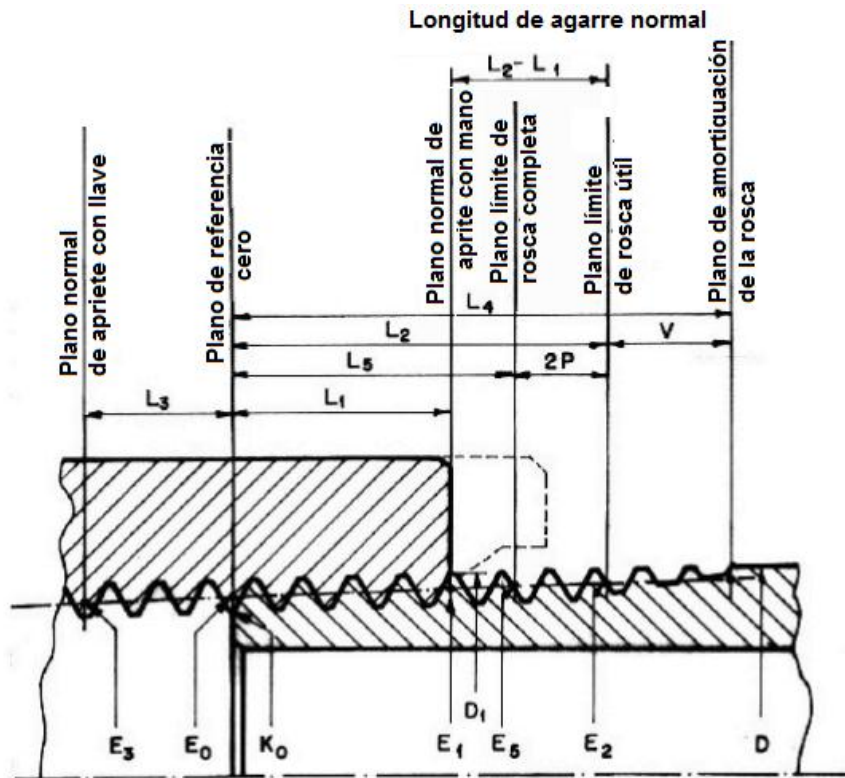
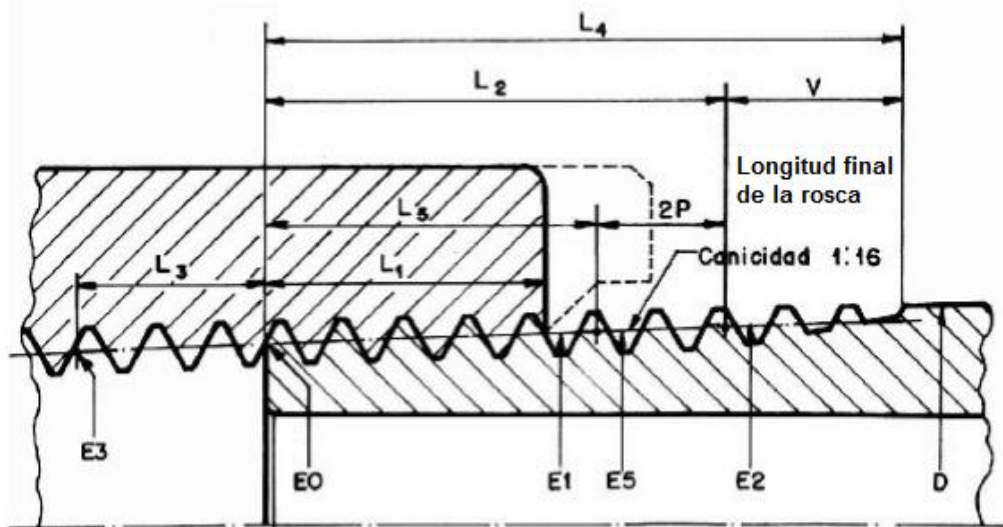


Figura 2.7 Rosca NPT acoplada



**Tabla 2.3 Dimensiones principales de las roscas NPT**

Tamaño nominal	Diámetro externo del tubo	Diámetro de flanco	Apriete Manual		Rosca exterior útil		Longitud de agarre normal $L_2 - L_1$
	D	$E_0$	$L_1^{(A)}$	Diámetro $E_1^{(B)}$	$L_2$	Diámetro $E_2$	
1/16 - 27	7,938	6,888	4,064	7,142	6,632	7,302	2,568
1/8 - 27	10,287	9,233	4,102	9,489	6,703	9,652	2,601
1/4 - 18	13,716	12,126	5,786	12,487	10,206	12,764	4,420
3/8 - 18	17,145	15,545	6,096	15,926	10,358	16,192	4,262
1/2 - 14	21,336	19,264	8,128	19,772	13,556	20,111	5,428
3/4 - 14	26,670	24,579	8,611	25,117	13,861	25,445	5,250
1 - 11,5	33,401	30,826	10,160	31,461	17,343	31,910	7,183
1 1/4 - 11,5	42,164	39,551	10,668	40,218	17,953	40,673	7,285
1 1/2 - 11,5	48,260	45,621	10,668	46,267	18,977	46,769	7,709
2 - 11,5	60,325	57,633	11,074	58,325	19,215	58,834	8,141
2 1/2 - 8	73,025	69,076	17,323	70,159	28,893	70,882	11,570
3 - 8	88,900	84,852	19,456	86,068	30,480	86,757	11,024
3 1/2 - 8	101,600	97,473	20,853	98,776	31,750	99,457	10,897
4 - 8	114,300	110,093	21,438	111,433	33,020	112,157	11,582
5 - 8	141,300	136,925	23,800	138,412	35,720	139,157	11,920
6 - 8	168,275	163,731	24,333	165,252	38,418	166,132	14,084
Tamaño nominal	Longitud de apriete con llave		Rosca Incompleta (3,47 P)	Longitud total $L_1$	Longitud completa de la rosca externa		Diámetro menor básico externo $K_1^{(D)}$
	Rosca Interior $L_3$	Diámetro $E_3$	V		$L_3$	Diámetro $E_2$	
1/16 - 27	2,822	6,711	3,264	9,896	4,750	7,185	6,137
1/8 - 27	2,822	9,058	3,264	9,967	4,821	9,534	8,481
1/4 - 18	4,234	11,862	4,897	15,103	7,384	12,587	10,996
3/8 - 18	4,234	15,281	4,897	15,255	7,536	16,017	14,417
1/2 - 14	5,443	18,926	6,294	19,850	9,929	19,885	17,813
3/4 - 14	5,443	24,239	6,294	20,155	10,234	25,217	23,127
1 - 11,5	6,627	30,411	7,663	25,006	12,926	31,634	29,060
1 1/4 - 11,5	6,627	39,136	7,663	25,616	13,536	40,397	37,785
1 1/2 - 11,5	6,627	45,207	7,663	26,040	13,960	46,493	43,853
2 - 11,5	6,627	57,219	7,663	26,878	14,798	58,558	55,867
2 1/2 - 8	6,350	68,679	11,016	39,908	22,542	70,485	66,535
3 - 8	6,350	84,455	11,016	41,496	24,130	86,360	82,311
3 1/2 - 8	6,350	97,076	11,016	42,766	25,400	99,060	94,932
4 - 8	6,350	109,696	11,016	44,036	26,670	111,760	107,554
5 - 8	6,350	136,528	11,016	46,736	29,370	138,760	134,384
6 - 8	6,350	163,334	11,016	49,433	32,067	165,735	161,191

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/30143504/Presentacion-Roscas-Tipos-y-Perfil>

### 2.1.6.2. Tamaño de las roscas NPT

El tamaño de las roscas se encuentra normalizado y se lo puede identificar considerando varios parámetros, así se tiene:

El diámetro exterior, el número de hilos por longitud, el paso de la rosca y la altura del diente entre los más importantes.

El tamaño de una rosca, se basa en el diámetro nominal así: “1/2–14 NPT” indica una rosca de tubería con un diámetro nominal de 1/2 pulgada y 14 hilos por cada pulgada.

**Tabla 2.4 Medidas importantes de las roscas NPT**

Tamaño nominal	Diámetro exterior plg (mm)	Nº de hilos por plg	Paso de la rosca plg (mm)	Altura del diente (mm)
1/8"	0,405 (10,29)	27	0,03704 (0,94082)	0,753
1/4"	0,540 (13,72)	18	0,05556 (1,41122)	1,129
3/8"	0,675 (17,15)	18	0,05556 (1,41122)	1,129
1/2"	0,840 (21,34)	14	0,07143 (1,81432)	1,451
3/4"	1,050 (26,67)	14	0,07143 (1,81432)	1,451
1"	1,315 (33,4)	11½	0,08696 (2,20878)	1,767
1¼"	1,660 (42,16)	11½	0,08696 (2,20878)	1,767
1½"	1,900 (48,26)	11½	0,08696 (2,20878)	1,767
2"	2,375 (60,33)	11½	0,08696 (2,20878)	1,767
2½"	2,875 (73,03)	8	0,12500 (3,175)	2,54
3"	3,500 (88,9)	8	0,12500 (3,175)	2,54
3½"	4,000 (101,6)	8	0,12500 (3,175)	2,54
4"	4,500 (114,3)	8	0,12500 (3,175)	2,54
5"	5,563 (141,3)	8	0,12500 (3,175)	2,54
6"	6,625 (168,28)	8	0,12500 (3,175)	2,54
8"	8,625 (219,075)	8	0,12500 (3,175)	2,54
10"	10,750 (273,05)	8	0,12500 (3,175)	2,54
12"	12,750 (323,85)	8	0,12500 (3,175)	2,54

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/70704390/Tabla-Rosca-NPT>

### 2.1.7. TOLERANCIAS PARA TUBERÍA ROSCADA

Para que exista un buen acople entre la tubería roscada y su accesorio (macho y hembra), se deben considerar las siguientes tolerancias.

**Tabla 2.5 Tolerancias en tubos roscados**

Diámetro nominal del tubo (plg)	Diámetro del tubo (mm)		T	A	B	
			Espesor de pared mínimo (mm)	Ancho de ranura (mm)	Diámetro de ranura (mm)	
	D.E.	Tolerancia			± 0,381	D.E.
¾"	26,67	± 0,254	2,870	1,814	23,83	-0,381
1"	33,40	± 0,330	3,378	2,208	30,23	-0,381
1¼"	42,16	± 0,406	3,556	2,208	38,99	0,381
1½"	48,26	± 0,482	3,683	2,208	45,09	-0,381
2"	60,33	± 0,609	3,912	2,208	57,15	-0,381
2½"	73,03	± 0,736	4,750	3,175	69,09	-0,457
3"	88,90	0,889	4,775	3,175	84,94	-0,457
		-0,784				
3½"	101,60	1,016	4,775	3,175	97,38	-0,508
		-0,784				
4"	114,30	1,143	5,156	3,175	110,08	-0,508
		-0,784				

Fuente: Catálogo de la Máquina Roscadora No. 1224 de tubos y pernos

## 2.2. MECANIZADO DE ROSCAS

Las roscas pueden fabricarse por medio de diferentes procesos de manufactura, siendo los más eficientes, los realizados con máquinas herramientas.

Una máquina herramienta es aquella que utiliza una fuente de energía distinta del movimiento humano y se usa para dar forma a materiales sólidos, entre ellos metales; el moldeado del elemento se realiza mediante eliminación de una parte del material que lo conforma, el mismo que puede llevarse a cabo con arranque de viruta, corte, entre otros.

Las máquinas herramientas para realizar roscas pueden ser: Torno, Fresadora y Roscadora entre las más importantes.

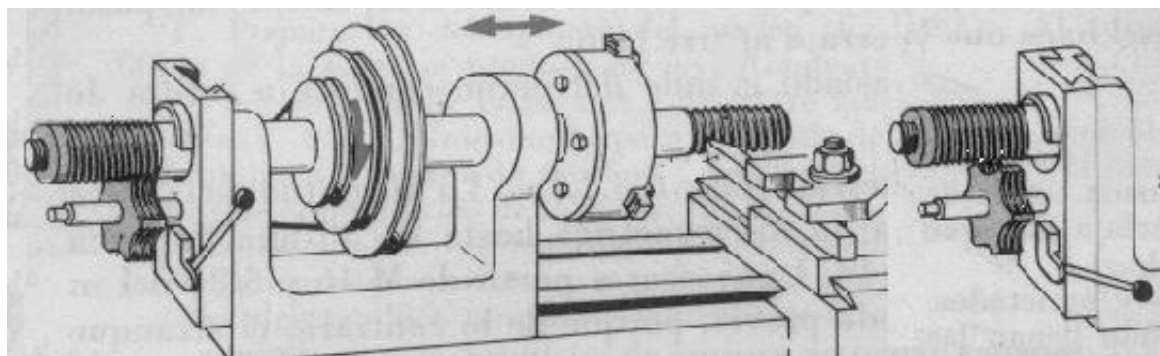
El procedimiento seleccionado depende del número de piezas a fabricar, la exactitud, el tiempo y la calidad de la superficie de las hélices.

### 2.2.1. TORNO

Para el tallado de roscas se pueden utilizar tornos de plantilla con husillo de trabajo móvil o tornos de tipo horizontal con husillo de guía y la tuerca matriz de los tornos horizontales. El husillo de roscar se acopla con el husillo principal por medio de los engranes de velocidades y hace funcionar la tuerca que cierra las mordazas. Esto hace que el carro del torno se mueva de acuerdo al husillo de roscar.

Para lograr la fabricación de una rosca con el paso requerido, es necesario que se guarde la relación de revoluciones adecuada entre el husillo guía o de roscar y las de la pieza. Por lo regular las roscas en los tornos se realizan por medio de varias pasadas y no se recomienda desbastar en reversa.

**Figura 2.8 Fabricación de roscas en un torno**



Fuente: <http://www.deprecision.com/RivettLathe.com/Plain.html>

## 2.2.2. FRESADORA

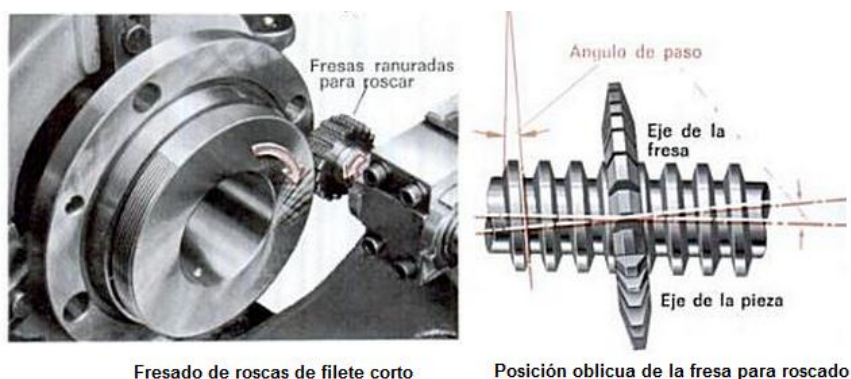
El fresado de roscas es frecuentemente más económico y exacto que los demás procedimientos de fabricación.

Se distingue entre el fresado de roscas de filete corto y el fresado de roscas de filete largo. Pueden fresarse toda clase de perfiles de rosca normalizados. El fresado de roscas puede realizarse en paralelo o contra el avance. En el caso de grandes ángulos de paso y pequeño ángulo de los flancos, se presentan deformaciones del perfil, si estas deformaciones no son admisibles, habrá que trabajar la rosca en el torno.

El fresado de rosca corta se lo realiza con fresas para ranurar (que no tienen paso alguno), roscas cortas triangulares, exteriores e interiores. La forma de las ranuras corresponde al perfil y su distancia (división) al paso de la rosca a fresar, los dientes están torneados o esmerilados con destalonado. La fresa es algo más larga que la rosca que se trata de hacer, ya que todos los filetes de rosca se fresan a un mismo tiempo. La fresa hace el movimiento de corte y la pieza se desplaza en dirección longitudinal, a cada revolución, en una magnitud igual al paso de la rosca. Hasta el final de la fabricación de la rosca, es necesario que se efectúe sólo un poco más que una revolución de la pieza. Hay que procurar que la refrigeración sea abundante.

En el fresado de roscas de filete largo se emplea una fresa destalonada que tiene la forma de los huecos de la rosca. La rosca se fresa en una pasada o cuando se trata de roscas de precisión en varias pasadas. El eje de la fresa ha de estar perpendicular a la línea helicoidal. Por esta razón es necesario un cabezal porta fresa orientable. Se gradúa de acuerdo con el ángulo de paso de la rosca.

**Figura 2.9 Fabricación de roscas en una fresadora**



Fuente <http://books.google.com.ec/books>



### 2.2.3. ROSCADORA

Es una máquina eléctrica accionada por un motor, la misma que en el mandril sujeta al tubo y que haciéndolo girar lo rosca, trabaja adecuadamente mediante el uso de lubricante para facilitar el maquinado del tubo, además para la transmisión del movimiento cuenta con un sistema de engranajes. Posee cubiertas para protección tanto de la máquina como del operario, así como una bandeja de depósito y algunas cuentan con un sistema de parada de emergencia. Las terrajas, encargadas de roscar, se montan en un cabezal, con guías de ubicación en función del diámetro del tubo.

La máquina roscadora permite trabajar en varios materiales y en diámetros diversos, algunas de estas máquinas además del roscado permiten realizar corte y escariado del material.

**Figura 2.10 Fabricación de roscas en una roscadora**



Fuente: <http://www.rems.de/rosca/maquina-roscadora/>

#### 2.2.3.1. Tiempos de roscado

Es el tiempo que la máquina tarda en mecanizar una rosca completa con todas sus pasadas. En este caso se debe considerar el retorno de la herramienta y que el avance de la cuchilla será el paso de la rosca a mecanizar.

En el roscado se debe sumar la distancia de entrada y de salida de rosca a la longitud total del roscado. La entrada y salida de la rosca será 3 veces el paso de la rosca como mínimo. Es importante también tener en cuenta el número de pasadas.

$$tr = \frac{L * Np * 2}{n * pr}$$

Ecuación 2.4

En donde:

tr: Tiempo de roscado [T]

L: Longitud de rosca [L]

Np: Número de pasadas

n: Número de revoluciones por minuto (r.p.m.) [T<sup>-1</sup>]

pr: Paso de la rosca [L]

$$pr = \frac{av}{Nv} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

En donde:

av: Avance [L]

nv: Número de vueltas

El tiempo de roscado dependerá de diversos factores, entre los cuales se destacan variables relacionadas al funcionamiento propio de la máquina: de carácter mecánico, así como físicas asociadas a las características de la tubería, a saber:

- Nivel de calentamiento de la máquina,
- Calidad de las cuchillas y estado del filo de las mismas,
- Propiedades del refrigerante y caudal del mismo,
- Dureza del material (tubería)
- Diámetro de la tubería,
- Longitud a roscar,
- Número de pasadas,

Incluso controlando las variables anteriores, pueden presentarse otros factores que alteren en mayor o menor grado el tiempo final del roscado.

En base al trabajo realizado en campo así como a la experiencia se pueden manejar tiempos estimados a fin de cerciorarse también de que la máquina está funcionando correctamente.

Son importantes una adecuada operación de la máquina así como un oportuno mantenimiento a fin de optimizar los tiempos de roscado.

### **2.2.3.2. Utilización y manejo de aceites lubricantes**

La máquina roscadora, al poseer un motor eléctrico evita la contaminación derivada del accionamiento de este, existente en diversas máquinas que utilizan combustible, en esta gestión lo importante es tomar en cuenta la correcta instalación y conexión eléctrica.

En cuanto al aceite lubricante empleado por este tipo de máquinas, lo utiliza en cantidades relativamente pequeñas, pero a pesar de ello es importante, dosificar adecuadamente la cantidad, evitar el desperdicio del mismo, ya que con el uso el aceite acumula contaminantes, se degrada y pierde sus características y cualidades originales, por ello es necesaria su sustitución por aceite nuevo, generándose así el residuo de aceite usado, entonces es importante cambiarlo cuando ha cumplido su vida útil y no antes y sobre todo eliminarlo adecuadamente.

#### **2.2.3.2.1. RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE ACEITES USADOS**

- Es conveniente que cualquier generador de aceite usado, utilice una guía técnica para generadores de aceites industriales usados del Ministerio de Salud.
- Evitar las mezclas de aceite usado con residuos incompatibles y otros residuos.
- Depositar los aceites usados en contenedores apropiados.

#### **2.2.3.2.2. MINIMIZACIÓN**

Antes de realizar un cambio de aceite usado, se recomienda:

- Verificar que se cuenta con los elementos necesarios para efectuar el cambio (embudo o sistema de drenaje, recipiente de recibo, recipiente para el drenaje de filtros y otros elementos).

- Disponer de elementos de seguridad (material para control de filtraciones y derrames como arena, aserrín u otros).
- Disponer de un sistema de traslado seguro del aceite usado desde la máquina hasta el lugar de almacenamiento evitando derrames, goteos o fugas de aceites usados en la zona de trabajo.
- Utilizar equipo de protección personal (overol o ropa de trabajo y botas o zapatos antideslizantes, guantes impermeables ajustables y lentes de seguridad).
- Drenar los filtros de aceite usados antes de ser almacenados para su posterior reciclaje o disposición final. Los filtros no se consideran residuos peligrosos cuando están exentos de aceite usado.

#### 2.2.3.2.3. ALMACENAMIENTO

- Almacenar los aceites usados por un período máximo de 6 meses.
- Almacenar los aceites usados en contenedores apropiados para ello (espesor adecuado, sin filtraciones, capaces de resistir al aceite usado y su manipulación, rotulados).
- Mantener en buenas condiciones (visibles y legibles) los rótulos y las etiquetas de identificación de los contenedores que contienen aceites usados.
- El lugar de almacenamiento debe estar identificado como lugar de almacenamiento de residuos peligrosos, techado y protegido de condiciones ambientales, alejado de fuentes de calor, tener una base resistente al aceite usado, poder retener cualquier fuga o derrame producido durante el almacenamiento.

#### 2.2.3.2.4. ELIMINACIÓN

Los aceites usados deberán ser eliminados en instalaciones autorizadas para ello por la Autoridad Sanitaria. Pueden ser:

- Reutilizados y/o reciclados internamente.

- Reacondicionado; eliminación parcial de las impurezas a fin de prolongar su vida útil y seguir siendo utilizados.
- Regenerados mediante tratamiento físico-químico que elimina impurezas y aditivos de tal forma de poder utilizarlo como materia prima para producción de nuevos aceites.
- Valorizados energéticamente como combustible alternativo en procesos industriales (principalmente hornos cementeros) o como materia prima para la fabricación de explosivos para actividades mineras.

### **2.2.3.3. Ingeniería de Mantenimiento**

La ingeniería de mantenimiento tiene por objeto analizar y evaluar la gestión, los recursos y el alcance del mantenimiento mecánico y eléctrico, mediante una auditoria de los procedimientos existentes y de los trabajos realizados.

Los trabajos de servicio a la máquina-herramienta sólo deben ser efectuados por personal de reparación calificado. El servicio o mantenimiento practicado por personal no calificado para efectuar reparaciones puede resultar en lesiones

#### **2.2.3.3.1. SISTEMAS DE MANTENIMIENTO PLANEADO / PROGRAMADO**

- **Preventivo.-** Consiste en una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, etc., que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido. El propósito es prever averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.
- **Predictivo.-** Está basado en la determinación del estado de la máquina en operación. El concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones.

Se realizarán ensayos no destructivos, como pueden ser análisis de aceite, análisis de desgaste de partículas, medida de vibraciones, etc. El mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra la falla, cambiar o reparar la máquina en una parada cercana, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos, etc.

- **Correctivo.-** Consiste en intervenir con una acción de reparación o cambio cuando los parámetros de diagnóstico lo indican, o cuando la falla se ha producido, restituyendo la parte de acuerdo con las recomendaciones y exigencias de los fabricantes.
- **TPM.-** En el mantenimiento productivo total, se organiza a los operadores en grupos para realizar por igual labores de operación de la máquina y acciones de mantenimiento de cierto nivel de complejidad acorde con la formación técnica desarrollada en ellos.
- **RCM.-** El mantenimiento centrado en la confiabilidad constituye realmente el fundamento para el establecimiento de las gamas preventivas y predictivas.
- **CMMS.-** El sistema computarizado para la administración del mantenimiento hace la comparación del proceso técnico frente al proceso administrativo

#### 2.2.3.3.2. DETERMINACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LAS PARTES DE LA MÁQUINA

Se basa en establecer una diferencia racional entre las partes, esto se hace con la finalidad de obtener una adecuada relación entre productividad y costo de mantenimiento al nivel de la máquina, dependiendo de las políticas y filosofía de la empresa y para este logro se pueden establecer tres categorías.

##### **a) Categoría A**

- *Objetivo:*
  - Lograr la máxima productividad de la parte.
- *Recomendaciones:*
  - Máxima utilización del mantenimiento predictivo siempre que se cuente con equipos y personal para ello.
  - Amplia utilización del mantenimiento preventivo con periodicidad frecuente para reducir la posibilidad de falla.
  - Uso del mantenimiento Correctivo como vía para reducir el tiempo medio de rotura.

## b) Categoría B

- *Objetivo:*
  - Reducir los costos de mantenimiento sin que esto implique una catástrofe.
- *Recomendaciones:*
  - Poca utilización del mantenimiento Predictivo.
  - Empleo de cálculos técnicos estadísticos para el mantenimiento Preventivo.
  - Empleo del mantenimiento Correctivo sólo en la ocurrencia aleatoria de fallos.

## c) Categoría C

- *Objetivo:*
  - Reducir al mínimo los costos de mantenimiento.
- *Recomendaciones:*
  - Mantenimiento Predictivo anulado.
  - Mantenimiento Preventivo sólo el que indique el fabricante.
  - Mantenimiento Correctivo a la ocurrencia de fallos.

### CRITERIOS PARA CADA CATEGORÍA

Los criterios de selección se pueden establecer para cada categoría atendiendo a las preguntas detalladas en la tabla:

**Tabla 2.6 Categorías de Mantenimiento**

CATEGORÍAS				
Nº	Criterio	A	B	C
1	Intercambiabilidad	Irreemplazable	Reemplazable	Intercambiable
2	Importancia de la parte	Imprescindible	Limitante	Convencional
3	Régimen de operación	Producción continua	Producción de series	Producción alternativa
4	Nivel de utilización	Muy utilizable	Medio utilizable	Esporádico
5	Precisión	Alta	Mediana	Baja
6	Mantenibilidad	Alta complejidad	Media complejidad	Baja complejidad
7	Conservabilidad	Condiciones espec.	Estar protegido	Condiciones normales
8	Automatización	Muy automático	Semiautomático	Mecánico
9	Valor en la máquina	Alto	Medio	Bajo
10	Aprovisionamiento	Malo	Regular	Bueno
11	Seguridad	Muy peligroso	Medio peligroso	Sin peligro

Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com>

La casilla que se acepta toma el valor de: 1, la que se rechaza: 0; de esta forma al valorarse los 11 criterios, la categoría seleccionada será la que alcance mayor puntuación.

**Tabla 2.7 Selección de la Categoría de Mantenimiento**

<b>Nombre de la parte:</b>			<b>Número de parte:</b>			
Nº	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES	CATEGORÍA			
			A	B	C	
1	Intercambiabilidad					
2	Importancia de la parte					
3	Régimen de operación					
4	Nivel de utilización					
5	Precisión					
6	Mantenibilidad					
7	Conservabilidad					
8	Automatización					
9	Valor en la máquina					
10	Aprovisionamiento					
11	Seguridad					
SUMATORIA:						
ORDEN DE PRIORIDAD:						
POLITICA DE MANTENIMIENTO:			<b>M. PRED.</b>	<b>M. PREV.</b>	<b>M. CORR.</b>	

Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com>



## CAPÍTULO 3

### ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Se expondrán varias opciones en cada punto tratado, luego de analizarlas se elegirá la más apropiada para cada caso.

Entonces se podrá redefinir el problema para desarrollar el presente proyecto de la manera más óptima y específica.

#### 3.1. SELECCIÓN DE PARÁMETROS

Considerando que existen características esenciales para el desempeño de la máquina, se han tomado como parámetros algunos que forman parte de la roscadora a optimizar, a saber:

1. Dureza del material, es fundamental realizar el análisis y el diseño considerando el material con mayor dureza a maquinar, el caso más crítico será tubería de acero inoxidable con valores comprendidos entre 175- 200 HB (Dureza Brinell).
2. Velocidad de salida, las velocidades de giro del tubo que se seleccionarán para generar las roscas, según catálogos son 36 rpm para diámetros iguales e inferiores a 2" y 12 rpm para diámetros superiores a 2 1/2", se consideran adecuadas pues en la práctica se ha verificado su validez, pero se añade como deducción comprobada que pueden utilizarse las revoluciones bajas para materiales de mayor dureza y altas para aquellos de menor dureza, inclusive sin tomar en cuenta el diámetro.
3. Tipo de alimentación, la máquina roscadora de tubos trabajará con un motor eléctrico, el mismo que por las condiciones de potencia correspondientes a una máquina herramienta pequeña requerirá entre 1 y 3 hp, el cual se sustentará adecuadamente por un sistema de alimentación de corriente monofásico (110 v)
4. Escariador y cortadora de tubos, las roscas se realizan para unir los tubos con diversos accesorios y por lo tanto es importante retirar las rebabas de los mismos así como generar cortes perfectamente transversales a fin de acoplarlos correctamente, realizar estas operaciones fuera de la máquina demandarían

tiempos extras así como menor precisión, por ello la máquina incluirá escariador y cortadora de tubos.

## **3.2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

### **3.2.1. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CORTE**

La herramienta de corte se colocará en un cabezal que se traslada longitudinalmente, en cuyo interior girará el tubo, se plantea definir el número de útiles de corte que formarán parte del cabezal.

1. Roscando con una herramienta de corte, la máquina realiza una operación similar al trabajo de un torno, para lo cual considerará sus mismos principios, en este caso: avance relacionado al paso de la rosca, desplazamiento a una tasa de revoluciones por pulgada. En esta opción cada vez se intercambiará únicamente una cuchilla convencional para el efecto; se toma en cuenta que la fuerza de corte referida a la potencia necesaria es inferior comparada con la que se requeriría en el caso de existir más cuchillas pero así mismo tanto el tiempo de roscado como el desgaste de la cuchilla serían mayores.

Para este caso la velocidad de avance debe corresponder precisamente con el paso de la rosca. Por ejemplo, en el caso de un paso de 8 hilos por pulgada, la herramienta tiene que desplazarse a una tasa de 8 revoluciones por pulgada, o de 0,125 pulgadas por revolución. Comparando esto con una aplicación normal de torneado, que tiene una velocidad de avance típica de 0,012 pulgadas por revolución, la velocidad de avance en el torneado de roscas es 10 veces más grande. Y las correspondientes fuerzas de corte en la punta del inserto de roscar pueden ser entre 100 y 1.000 veces más grandes.

2. Roscando con tres herramientas de corte, la máquina realizará una operación similar al de cualquier roscadora, donde el cabezal se traslada y el tubo gira. En este caso, con relación a la opción anterior, aumenta la potencia requerida pero disminuye el tiempo de roscado y el desgaste individual de las cuchillas. Para este caso se requeriría un diseño particular de los dados (cuchillas), así como la necesidad de elaborar dichas cuchillas para cada vez que sea necesario cambiarlas, ya que en el mercado no existen juegos de tres dados diseñados para el efecto, lo cual elevaría los costos y generaría dificultades relacionadas al costo y al tiempo.

3. Roscando con cuatro herramientas de corte, la máquina realizará una operación típica de cualquier roscadora convencional, considerando la rotación del tubo y el avance longitudinal del cabezal. En esta opción incrementa la potencia requerida, se comparte el desgaste entre las cuatro cuchillas y disminuye el tiempo de roscado importante considerando las exigencias del trabajo en campo. Al ser el diseño convencional, existe la disponibilidad de las cuchillas en el mercado y la facilidad de adquirirlas cuando el caso así lo amerite.

**Tabla 3.1 Selección de la herramienta de corte**

<b>Criterios</b> <b>Sistema de Corte</b>	<b>Potencia Necesaria</b> (5 es la menor 1 es la mayor)	<b>Tiempo de Roscado</b> (5 es el menor 1 es el mayor)	<b>Desgaste</b> (5 es el menor 1 es el mayor)	<b>Facilidad de Adquisición</b> (5 es la más fácil 1 es la más difícil)	<b>Total</b>
<b>1 cuchilla</b> (por diseñar)	4	1	2	4	<b>11</b>
<b>3 cuchillas</b> (por diseñar)	3	4	3	2	<b>12</b>
<b>4 cuchillas</b>	2	5	4	5	<b>16</b>

Fuente: Propia

Considerando las críticas condiciones expuestas en la primera alternativa sobre todo en los esfuerzos soportados por el útil de corte y comparándolas a las tres opciones en la matriz de decisión se concluye que el juego de 4 cuchillas es el más óptimo y viable, ya que se impone en todos los parámetros excepto en el de la potencia requerida, el cual es fácilmente superable con las características del motor que se deberá seleccionar.

### **3.2.2. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PARADA DE EMERGENCIA**

La operación de la máquina supone riesgo de accidentes cuando no se la manipula siguiendo las recomendaciones de seguridad, sobre todo por el alto par de torsión que posee, generando riesgo al enganchar prendas de vestir o alguna extremidad humana.

El hecho de utilizar un sistema de seguridad supone implementar un accesorio adicional relacionado básicamente a la parte eléctrica, así como generar una inversión extra pero volviendo más segura a la máquina.

Las opciones apuntan a un sistema que esté al alcance del operador en el momento de utilizar la máquina y que sea capaz de detener la máquina

inmediatamente, al ser eléctrica, la alternativa más directa es aquella que cancele la acción del fluido eléctrico al motor.

1. Parada de emergencia con la mano, se busca que el botón se encuentre al alcance del operador cuando la máquina está en marcha. Se accionaría con la mano y podría colocarse cerca del operador como una extensión del interruptor, su acción se ejercería presionándolo a diferencia del mencionado interruptor que se activa mediante el giro de la perilla, pero se debe considerar que existe la desventaja de que al utilizar la máquina el operador tiene ocupadas sus dos manos.
2. Parada de emergencia con el pie (presionando un pedal), está al alcance del operador y aprovecha que el mismo tiene desocupados sus pies, para que el momento que así lo requiera, presione el pedal, por medio del cual se cortaría el circuito y el motor se detendría.
3. Parada de emergencia con el pie (soltando un pedal), considera que el operador en el roscado no utiliza sus pies, en esta opción el pedal presionado es el que cierra el circuito, es decir el flujo eléctrico se corta al soltar el pedal, deteniendo por este mecanismo al motor.

**Tabla 3.2 Selección del sistema de parada de emergencia**

<b>Parada de Emergencia</b> / <b>Criterios</b>	<b>Facilidad de Implementación</b> (5 es la más fácil 1 es la más difícil)	<b>Facilidad de Accionamiento</b> (5 es el más fácil 1 es el más difícil)	<b>Seguridad</b> (5 es la mayor 1 es la menor)	<b>Total</b>
<b>Accionado con la mano (presionando un botón)</b>	4	2	2	<b>8</b>
<b>Accionado con el pie (presionando el pedal)</b>	2	3	4	<b>9</b>
<b>Accionado con el pie (soltando el pedal)</b>	2	5	5	<b>12</b>

Fuente: Propia

El sistema de pedal se impone debido a que las manos se encuentran ocupadas durante la operación generando el avance de la herramienta de corte a lo largo del tubo. Dentro de las dos opciones de pedal, resulta más fácil soltar un pedal que se encuentra presionado de manera continua que tener que accionar un pedal lo que podría generar pérdida de tiempo en un momento de emergencia y entorpecer la utilidad planteada.

### 3.2.3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Resulta indispensable un sistema de lubricación para la máquina ya que por las condiciones propias del maquinado existe fricción y calentamiento de las cuchillas al contacto con el tubo, operación que al no ser lubricada disminuiría ostensiblemente la vida útil de las cuchillas incluso pudiendo fracturarlas, dificultaría el progreso de la operación, afectaría al buen acabado de las roscas e incluso causaría esfuerzos inadecuados en el motor.

1. Lubricación Manual, se deberá realizar mediante un recipiente de manera dosificada y requerirá rellenar este a fin de no detener la lubricación, al ser manual, el operador utilizaría una mano para este propósito y la otra para realizar el resto de operaciones en el proceso de roscado. No demandaría variaciones en el diseño elemental referente al roscado propiamente dicho ni requeriría la implementación de ningún elemento a más de un drenaje básico para la recolección del fluido.
2. Lubricación Automática, para que la lubricación se realice de esta manera se necesitaría la implementación de una bomba de cebado automático y sus respectivos conductos, en este caso el aceite formaría un ciclo continuo, para lo cual será necesario filtrarlo mediante una malla.

**Tabla 3.3 Selección del sistema de lubricación**

Criterios Sistema de Lubricación	Preservación de la Máquina (5 es la mayor 1 es la menor)	Estética (5 es la mejor 1 es la peor)	Seguridad (Operador) (5 es la mayor 1 es la menor)	Facilidad de Operación (5 es la más fácil 1 es la más difícil)	Facilidad de Implementación (5 es la más fácil 1 es la más difícil)	Costo (5 es el menor 1 es el mayor)	Total
Manual	4	1	2	3	5	5	20
Automático (bomba)	5	5	5	5	2	2	24

Fuente: Propia

Las dos alternativas persiguen exactamente el mismo propósito, pero básicamente por la preservación de la máquina y sus accesorios así como la disponibilidad de las manos del operador para las labores propias del roscado, incluso considerando que podría existir olvido o descuido en la lubricación, y analizando los parámetros expuestos, se concluye que la alternativa de la lubricación automática es la más adecuada alineándose con un diseño de vanguardia.

### **3.3. ANÁLISIS PARA REDEFINIR EL PROBLEMA**

En busca de la solución óptima, en el presente proyecto se ha estudiado y analizado minuciosamente diversas alternativas y conceptos, sustentándolos en la teoría para realizar un diseño viable, económico, práctico y útil a fin de satisfacer en primer plano uno de los requerimientos de Proasin y a su vez mediante Proasin llegar a solventar las necesidades existentes en el mercado y expuestas por los clientes a quienes les interesa cumplir sus expectativas obteniendo un servicio ágil y económico.

Para redefinir el problema se deben diferenciar 2 elementos: los obstáculos y los límites. Los obstáculos van a representar dificultades en el camino, los cuales serán salvados mediante el análisis realizado, a diferencia de los límites los que serán dificultades insalvables, por lo tanto, se asume que estarán presentes durante todo el proyecto.

Se desea poseer una máquina roscadora de tubo para diámetros comprendidos entre  $\frac{1}{4}$  y 4 pulgadas.

Las principales dificultades son el alto costo de la máquina en el mercado y en el desarrollo de este proyecto, el diseño y fabricación de piezas que exigen precisión y por lo tanto materiales, formas y pesos definidos, así como características específicas de maquinado, por último es vital la idea de disminuir costos sin mermar la calidad de los materiales ni las prestaciones de la máquina.

Por estas razones se desea redefinir de una manera precisa y concreta ya que la formulación del problema es más importante que su solución.

#### **3.3.1. REDEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Proasin trabaja brindando soluciones en ingeniería, entre ellas realiza instalaciones de tubería para sistemas contra incendios, aire acondicionado, hidro-sanitarios, entre otros, motivo por el cual necesita contar con una máquina roscadora de tubo propia a fin de exponer una oferta más competitiva.

Para lograr este fin, se requiere diseñar y construir una máquina que brinde las mismas bondades que las existentes en el mercado pero alcanzando un ahorro económico mínimo del 25% en el ensamble de la misma.

Para lo cual se propone diseñar, adquirir y construir las piezas que forman parte del conjunto aplicando criterios de ingeniería y considerando que éstas no afecte al funcionamiento ni a la operación de la máquina pero si generando ahorro en los costos de fabricación.





# CAPÍTULO 4

## DISEÑO Y SELECCIÓN DE PARTES

Este capítulo analizará las partes de la roscadora por separado, para de esta forma abarcar el diseño o selección de cada una, de la manera más adecuada.

### 4.1. DISEÑO DE PARTES

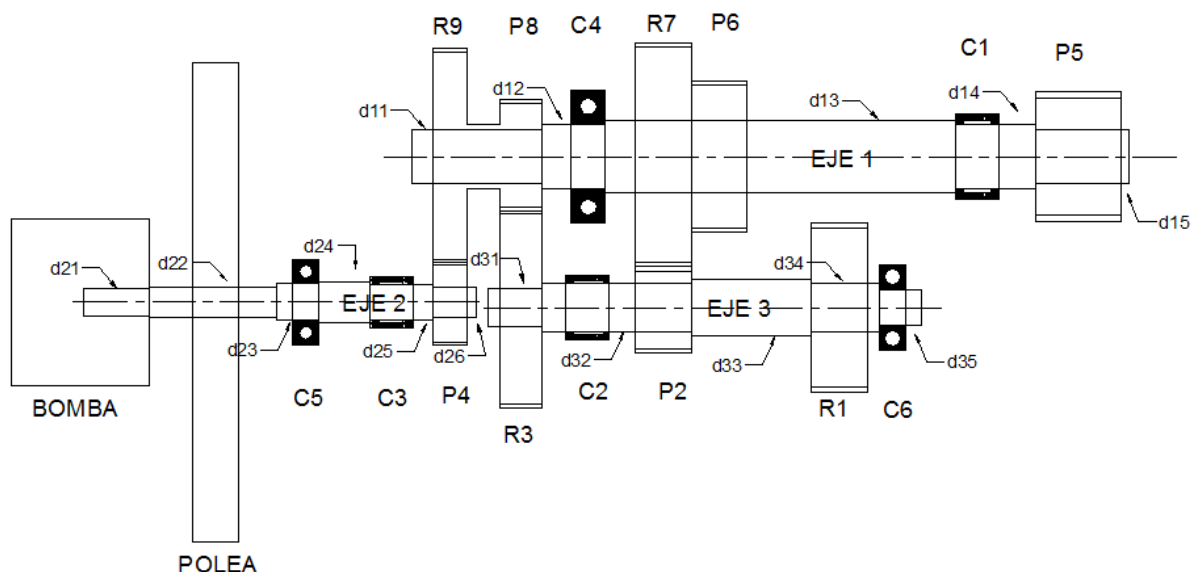
Para realizar el diseño<sup>4</sup> se tomará como referencia los valores que se conocen de la máquina roscadora Ridgid 1224, los cuales son: Potencia del motor: 1.5 Hp (1.12 kW), 3600 rpm y velocidad de salida: 36 rpm y 12 rpm dependiendo el diámetro a roscar, por lo que esta sección parte con diseño del sistema de transmisión.

Se utilizarán los paquetes informáticos: MathCad 14, MdSolid 3.1, MiTCalc, SolidWorks, AutoCAD, con versiones estudiantiles; y el Catálogo Iván Bohman Online para el diseño de cada una de las partes involucradas en este capítulo.

#### 4.1.1. CAJA DE ENGRANES

La caja de engranes es la encargada de regular la velocidad con la que se realiza el corte en los tubos y transportar la potencia que se genera en el motor por medio de la transmisión por poleas.

**Figura 4.1 Esquema de los elementos que conforman la caja de engranes**



Fuente: Propia

<sup>4</sup> En el diseño de las partes se considera que las medidas se presenten en Sistema Internacional.

En donde:

- EJE 1: Eje de Salida
- EJE 2: Eje de Entrada
- EJE 3: Eje Medio
- BOMBA: De cebado automático, tipo gerotor, con reversa automática, de flujo constante
- POLEA: Para banda tipo V
- C4, C5, C6: Rodamiento rígido a bola, protegido contra la corrosión y obturación de labio en ambos lados
- C1, C2, C3: Rodamiento de agujas serie ligera
- d: Diámetros de los ejes donde se montan los elementos de la caja
- P: Piñones
- R: Ruedas

En el diseño de la caja de engranes se considerará que posea una determinada holgura para contrarrestar efectos de la dilatación térmica y preservar los elementos internos, ya que podrían fracturarse.

Los elementos que se encuentran sometidos a revolución, generan vacío por lo que la caja podría absorberse, para ello existen dos agujeros en la parte superior que permitirán el paso de aire.

#### **4.1.1.1. Diseño de la transmisión por poleas**

La banda se empleará para transmitir<sup>5</sup> 1.5 hp bajo condiciones de impacto ligero. Los ejes rotacionales de las poleas son paralelos y se encuentran en el plano horizontal.

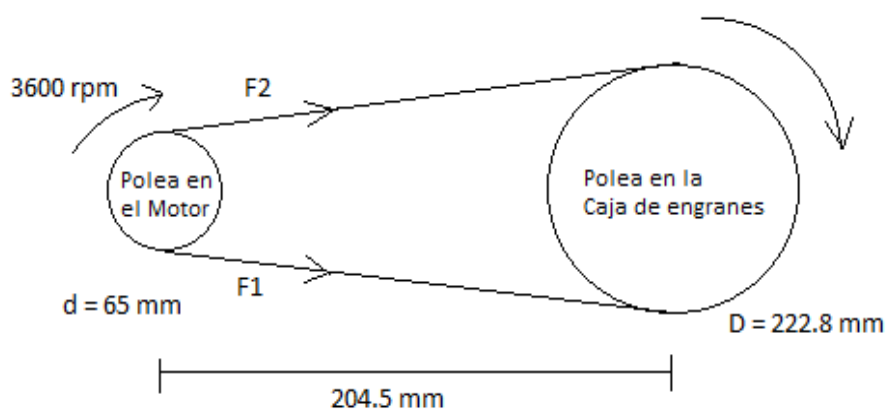
Los ejes tienen una separación de 204.5 mm. La polea de impulsión<sup>6</sup> de 65 mm gira a 3600 rpm, de tal modo que el lado flojo se localiza arriba. La polea impulsada tiene un diámetro de 222.8 mm.

---

<sup>5</sup> Potencia que suministra el motor

<sup>6</sup> Diámetro mínimo recomendado por el Catálogo de Iván Bohman Online "Bandas en V Industriales y Automotrices"

**Figura 4.2 Esquema de la ubicación de las poleas**



Fuente: Propia

Se escoge trabajar con bandas tipo V ya que éstas proporcionan muchas ventajas como:

- Son corrugadas; funcionarán durante mucho tiempo sin ocasionar problemas, incluso en condiciones adversas, siempre que se les preste la inspección necesaria.
- No necesitan lubricación.
- Son eficaces; funcionan con un promedio de eficacia que oscila entre el 94% y el 98%.
- Durante el encendido y el funcionamiento, son uniformes y suaves
- Permiten un amplio rango de velocidades de transmisión, con motores eléctricos estándar.
- Actúan como un “fusible de seguridad” en la transmisión de potencia porque no permiten que se transmita una gran sobrecarga de potencia, excepto por un tiempo muy leve.

Fórmulas empleadas para determinar:

Par de torsión:

$$T_r = \frac{9550P}{n_e}$$

Ecuación 4.1

Longitud de paso:

$$L_p = 2 \cdot ce + \frac{\pi}{2} \cdot (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot ce}$$

Ecuación 4.2

Velocidad de salida:

$$n_{sa} = \frac{d}{D} \cdot n_e$$

Ecuación 4.3

Velocidad periférica:

$$Vel = \frac{d \cdot n_e}{5000} \cdot \frac{\pi}{12}$$

Ecuación 4.4

Potencia de Diseño:

$$H_d = H_{nom} \cdot k_s \cdot n_d$$

Ecuación 4.5

En donde:

$k_s$ : Factor de Servicio<sup>7</sup>

Tensión centrífuga:

$$F_c = k_c \cdot \left( \frac{Vel}{1000} \right)^2 \cdot 17200 \alpha$$

Ecuación 4.6

En donde:

$k_c$ : Parámetro de banda en V<sup>8</sup>

Fuerza Neta de Impulso:

$$F_N = \frac{2 \cdot Tr}{D}$$

Ecuación 4.7

Fuerza de Flexión:

$$F_B = 1.5 \cdot F_N$$

Ecuación 4.8

<sup>7</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley, 8va Ed, Tabla 17-15 pg 882

<sup>8</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley, 8va Ed, Tabla 17-16 pg 883

Se acostumbra considerar que la fuerza de flexión  $FB$ , actúa como una sola fuerza a lo largo de la línea de los centros de las dos poleas acanaladas<sup>9</sup>.

#### 4.1.1.1.1 Selección de la banda

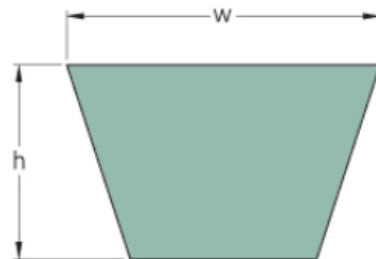
Se toma en cuenta el tipo de sección<sup>10</sup> en A, la longitud de paso y las revoluciones (3600 rpm) a las que se desea que la banda trabaje.

**Figura 4.3 Selección de la banda**



Correas  
Correas trapeciales clásicas 13/A  
PHG A34

Marcaje de la correa	A34
Número de bandas	1
Longitud primitiva (mm)	890
Longitud interna (mm)	864
Longitud interna (pulg.)	34
Anchura (mm)	-
w = Anchura (mm)	13
h = Altura (mm)	8

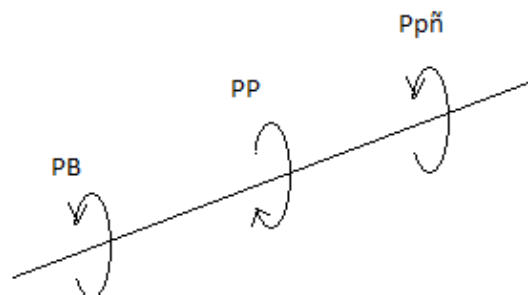


Fuente: Catálogo SKF Power Transmission Online

#### 4.1.1.1.2 Distribución de la potencia

El motor suministra una Potencia de 1.12 kW que se transmite a través de las poleas al eje 2 (EJE DE ENTRADA) y allí se distribuye a la bomba y a la caja de engranes.

**Figura 4.4 Diagrama de distribución de la potencia en el eje 2**



Fuente: Propia

$$PP = PB + Ppñ$$

Ecuación 4.9

<sup>9</sup> Diseño de Elementos de Máquinas, Robert Mott, 2da Ed, pg 291

<sup>10</sup> Tipo de Sección seleccionada de la "Guía de referencia de rodamientos y transmisiones por Banda" de EMERSON, [www.emersonindustrial.com](http://www.emersonindustrial.com), considerando la Potencia 1.12 kW [1.5 hp]

Las hojas de cálculo se muestran en el Anexo A

#### 4.1.1.2. Diseño de engranes

Para el diseño de los engranes que se localizan en el interior de la caja y los dos que se encuentran en el exterior, se utilizará el software de cálculo MathCad 14, con el cual se podrá definir la geometría de cada uno y el análisis respectivo para determinar los materiales adecuados.

Para determinar la geometría del engrane:

Diámetro de Paso:

$$d_p = m \cdot N \quad \text{Ecuación 4.10}$$

Diámetro exterior:

$$d_e = d_p + 2 \cdot a \quad \text{Ecuación 4.11}$$

En donde:

$a$ : Addendum<sup>11</sup>, [mm]

Diámetro Interior:

$$d_i = d_p - 2 \cdot b \quad \text{Ecuación 4.12}$$

En donde:

$b$ : Dedendum<sup>12</sup>, [mm]

Ancho de Cara:

$$9m < t < 13m \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Para determinar la distancia: Se aplica esta ecuación para determinar la distancia entre cada par de engranes que estarán en contacto:

$$c = \frac{d_{pp} + d_{pr}}{2} \quad \text{Ecuación 4.14}$$

---

<sup>11</sup>  $a = m$ , Tabla 11-4, Mott, 2da Ed, pg 388

<sup>12</sup>  $b = 1.25 \cdot m$ , Tabla 11-4, Mott, 2da Ed, pg 388

Para determinar fuerzas: Cada rueda ejerce un par de fuerzas sobre el piñón con el que se acopla y viceversa.

$$F_t = \frac{19100P}{d_p \cdot n} \quad \text{Ecuación 4.15}$$

$$F_r = F_t \cdot \tan(\phi) \quad \text{Ecuación 4.16}$$

En donde:

$\phi$ : Ángulo de Presión [20°]

Las hojas de cálculo se muestran en el Anexo B

#### 4.1.1.3. Diseño de ejes

Los engranes, rodamientos, polea en la caja de engranes y bomba de cebado se encuentran acoplados a tres ejes que serán diseñados con cambios de sección donde sea necesario el montaje de dichos elementos. Para determinar los diámetros adecuados para cada sección se realizará el análisis estático y dinámico de cada eje para evitar que se produzca una falla del elemento.

Las hojas de cálculo se muestran en el Anexo C

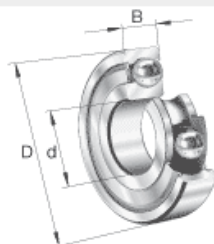
#### 4.1.1.4. Selección de rodamientos

Con la ayuda del programa MITCalc, se obtendrá los valores referenciales sobre las características del rodamiento ingresando parámetros como: carga aplicada, velocidad de rotación y diámetro. Posteriormente el rodamiento se seleccionará mediante el software online de Iván Bohman. Se utilizará dos tipos de rodamientos dependiendo de los requerimientos necesarios en cada punto donde se ubiquen.

**Figura 4.5 Rodamiento rígido a bolas serie 62..-2Z**

**Rodamiento rígido a bolas 62..-2Z**

medidas principales según DIN 625-1, obturación por paso estrecho en ambos lados



Fuente: Software Online de Iván Bohman

**Figura 4.6 Rodamiento de agujas NK**



Fuente: Software Online de Iván Bohman

Las hojas de selección se muestran en el Anexo D

#### **4.1.1.5. Consideraciones adicionales de diseño**

Una vez diseñados y seleccionados cada uno de los elementos que estarán en la caja de engranes, se realizará el cálculo de los pesos y volúmenes de cada componente para saber si la frecuencia cumple con las condiciones necesarias para un adecuado trabajo.

Además se encuentra el diseño de las chavetas dependiendo del lugar en el que se van a ubicar.

Las hojas de cálculo se muestran en el Anexo E

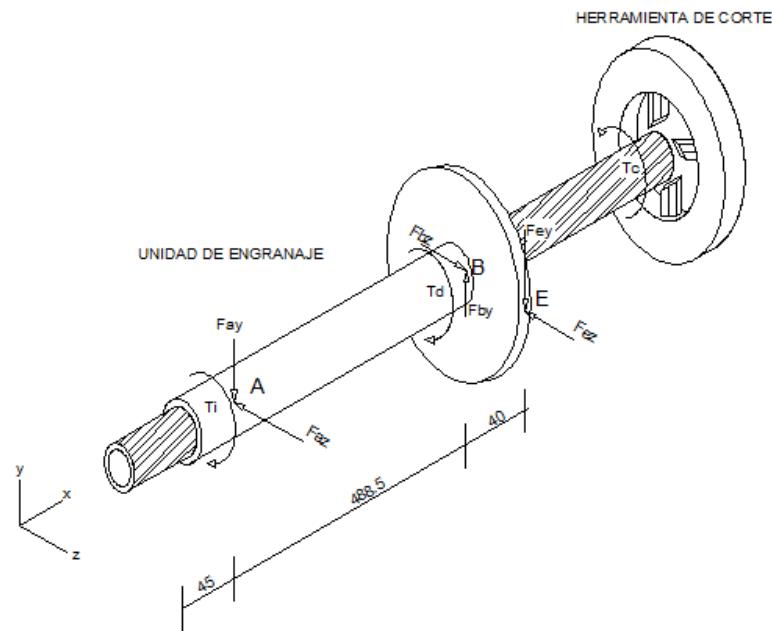
#### **4.1.2. EJE PRINCIPAL**

La Unidad de Engranaje (UE) que esta acoplada al eje principal, se conecta con el piñón 5 de la caja de engranes.

Para realizar el diseño de este elemento se utilizará el programa SolidWorks y mediante la opción de Simulación se determinara el tipo de material para su correcto funcionamiento.



**Figura 4.7 Diagrama de cuerpo libre en la UE y herramienta de corte**



Fuente: Propia

Las hojas de cálculo se muestran en el Anexo F

#### **4.1.3. DISEÑO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE<sup>13</sup>, TRANSPORTE Y TUBOS GUÍA**

La máquina roscadora cuenta con tres herramientas de corte:

- El cortador de tubo
- Dos cabezales de corte (1/4 " – 2" y 2 1/2" – 4")
- El escariador

Estas herramientas están montadas en el transporte, el mismo que se apoya en los tubos guía, que son:

- Tubo guía posterior, el cual se encuentra apoyado en la base de la máquina en dos puntos y sobre el que se encuentran el soporte del motor y el transporte
- Tubo guía delantero, al igual que el posterior se encuentra apoyado en dos puntos de la base y sobre él se apoya el transporte. Aquí se encuentra el sistema piñón-cremallera.

Las hojas de cálculo se muestran en el anexo G

<sup>13</sup> Los cálculos se realizan considerando el estado más crítico

#### **4.1.3.1. Diseño piñón – cremallera**

En el transporte se encuentra un volante, el cual mediante un mecanismo piñón – cremallera de dientes rectos, permite la movilización del transporte hasta que la herramienta de corte se encuentre con el tubo a ser roscado, cortado o escariado.

Las hojas de cálculo se muestran en el Anexo H

#### **4.1.4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA**

Para el diseño de todos los elementos se usará el software de análisis estructural SolidWorks, el cual simulará en base a un diseño preliminar el estado de carga de cada elemento de la máquina, con la finalidad de escoger los materiales adecuados para cada uno.

Los análisis de cada elemento se muestran en el Anexo I

#### **4.1.5. JUSTIFICACIÓN DE CÁLCULOS**

Las hojas de cálculo de todos los elementos se realizaron considerando las posibilidades más extremas para asegurar que la selección del material sea adecuada y su probabilidad de fallar sea mínima.

La fuerza de corte<sup>14</sup> necesaria para roscar es menor a la expuesta inicialmente, con lo que se justifican los valores obtenidos y la elección de los materiales para cada parte de la máquina.

$$Fc = C_f * f^a * c^b \quad \text{Ecuación 4.17}$$

De esta manera se puede saber la fuerza de corte real que se necesita para el roscado de tubos y conocer la potencia con la que en realidad trabaja la máquina.

Las hojas de cálculo se muestran en el Anexo J

---

<sup>14</sup> Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros, Lawrence E. Doyle, pg 556

## 4.2. SELECCIÓN DE PARTES MEDIANTE CATÁLOGO

La selección de las partes necesarias a ser adquiridas se las realizará con las recomendaciones del fabricante de la Roscadora marca Ridgid 1224, las cuales son:

- Motor de inducción, monofásico de 1,5 HP, 60 Hz, 110 V
- Bomba de cebado automático, tipo gerotor, con reversa automática, de flujo constante
- Interruptor tipo rotatorio FOR/OFF/REV (adelante/apagado/reversa)
- Mordazas delanteras (3 unidades)
- Mordazas Posteriores (3 unidades)
- Dados para tubos de 3/8" a 1/2" NPT P/811A-711-815A
- Dados para tubos de 1" a 2" HS NPT P/811A-711-815A
- Dados para tubos de 2 1/2" a 4" HS NPT P/811A-711-815A
- Disco de corte para la Cortadora N 764
- Rodillos para la cortadora N 764
- Cuchilla para la Escariadora N 744

## 4.3. DESCRIPCIÓN DE PLANOS

Lámina	Descripción	N°
ISOM-01	Componentes principales	1/37
ISOM-02	Soporte	2/37
ISOM-03	Conjunto de sujeción	3/37
ISOM-04	Caja de engranes	4/37
ISOM-05	Cabezales	5/37
ISOM-06	Cortatubo	6/37
ISOM-07	Escariador	7/37
ISOM-08	Ensamble completo	8/37
FUN-01	Desplazamiento frontal	9/37
FUN-02	Marco del cortador	10/37
FUN-03	Disco	11/37
FUN-04	Alojamiento de rodamientos	12/37
FUN-05	Disco volante	13/37

<b>Lámina</b>	<b>Descripción</b>	<b>N°</b>
FUN-06	Desplazamiento posterior	14/37
FUN-07	Cojinetes	15/37
FUN-08	Transporte	16/37
FUN-09	Escariador y pivote	17/37
FUN-10	Polea mayor / bloque	18/37
FAB-01	Volante	19/37
FAB-02	Mango con tornillo	20/37
FAB-03	Uniones (x3) y platina	21/37
FAB-04	Soporte del motor	22/37
FAB-05	Disco posterior	23/37
FAB-06	Disco de centrado	24/37
FAB-07	Unidad de engranaje con eje conjunto y piñón 5	25/37
FAB-08	Tubo guía delantero	26/37
FAB-09	Cubierta superior	27/37
FAB-10	Base delantera	28/37
FAB-11	Base posterior	29/37
FAB-12	Tubo central	30/37
FAB-13	Engrane recto 1a / 2a y ejes	31/37
FAB-14	Cubiertas	32/37
FAB-15	Manija, platinas, soporte de platinas	33/37
FAB-16	Carcaza de la caja de engranes	34/37
FAB-17	Ejes de la caja de engranes y guía de velocidad	35/37
FAB-18	Engranes de la caja (1/2)	36/37
FAB-19	Engranes de la caja (2/2)	37/37

Los planos se detallan en el Anexo K

## **CAPÍTULO 5**

### **CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS**

Una vez realizados los planos constructivos de cada elemento que forman parte del conjunto, se plantean los pasos para efectuar la fabricación mediante diagramas de flujo de procesos, en los cuales se deberá considerar inclusive el orden de cada uno de ellos para poder realizar una construcción en secuencia lógica, poniendo énfasis en los procesos que involucran acabados, tales como tratamiento térmico de recocido, el cual es el indicado para las fundiciones de hierro, con el objetivo de mejorar su maquinabilidad y disminuir su dureza (reducir fragilidad) así como la eliminación de costras y sus respectivos pulidos de ser necesario y según instrucciones del diagrama.

Con relación a los elementos maquinados, es importante realizar el acabado necesario, el cual puede incluir limado o esmerilado según el caso, para eliminar imperfecciones así como para ajustar medidas y tolerancias.

En la sección de montaje se ha categorizado a toda la máquina en los dos sistemas que la abastecen, mecánico y eléctrico. Se describe las herramientas necesarias para la construcción así como la secuencia de armado, detallando los tipos de acople y las posiciones.

La parte eléctrica se sustenta con un diagrama de conexiones y cableado en la que se diferencia las mismas con varios colores de cable a fin de facilitar el armado, así como de darse el caso la reinstalación de este.

La sección de pruebas se subdivide en dos partes: funcionamiento de la máquina y calidad del producto obtenido.

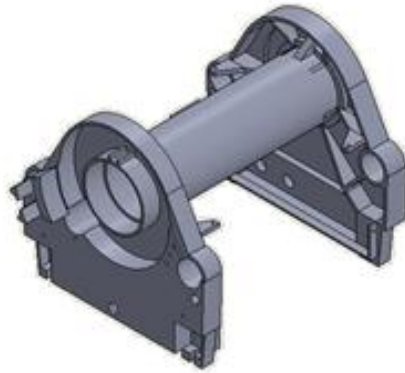
El funcionamiento de la máquina de manera global se puede evaluar según la potencia, tanto en vacío como en operación, calculada en base a la corriente y al amperaje que es medido.

De la misma manera se realizan pruebas midiendo las roscas, para garantizar que estas están dentro de las exigencias de la norma en lo concerniente a diámetros, ángulo cónico, número de hilos y tolerancias.

## 5.1. DIAGRAMAS DE PROCESO DE FABRICACIÓN

### 5.1.1. BASE

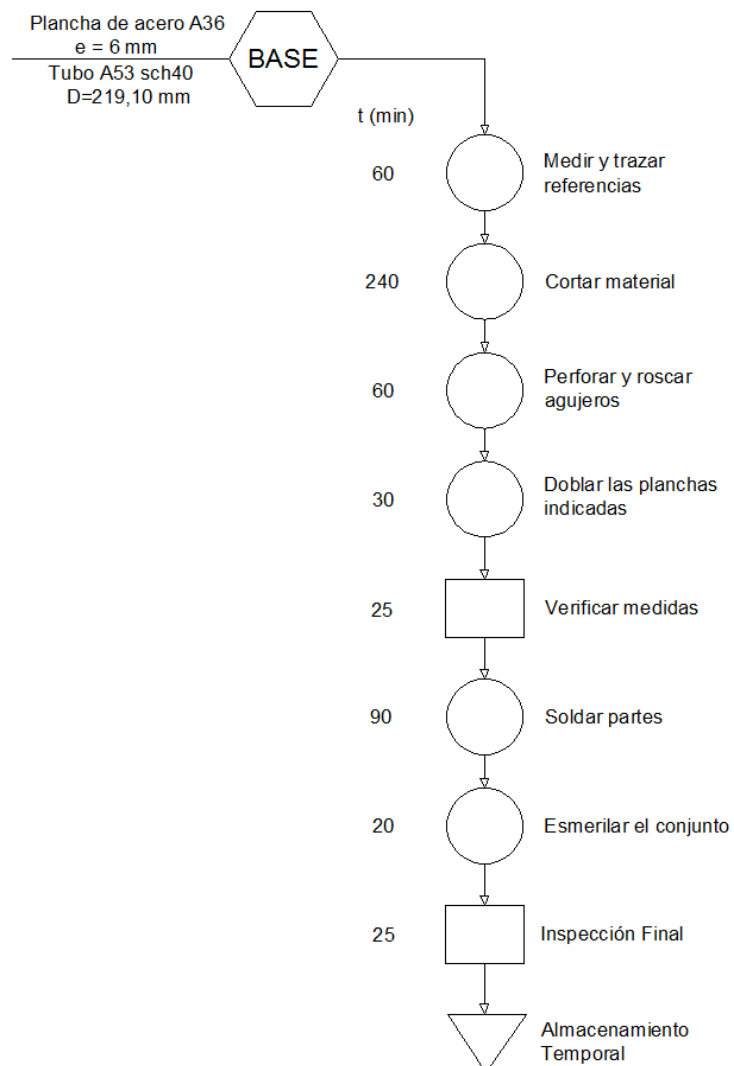
Figura 5.1 Base



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación: 550 min

Planos: 28/29/30



## 5.1.2. COJINETE DELANTERO / COJINETE POSTERIOR

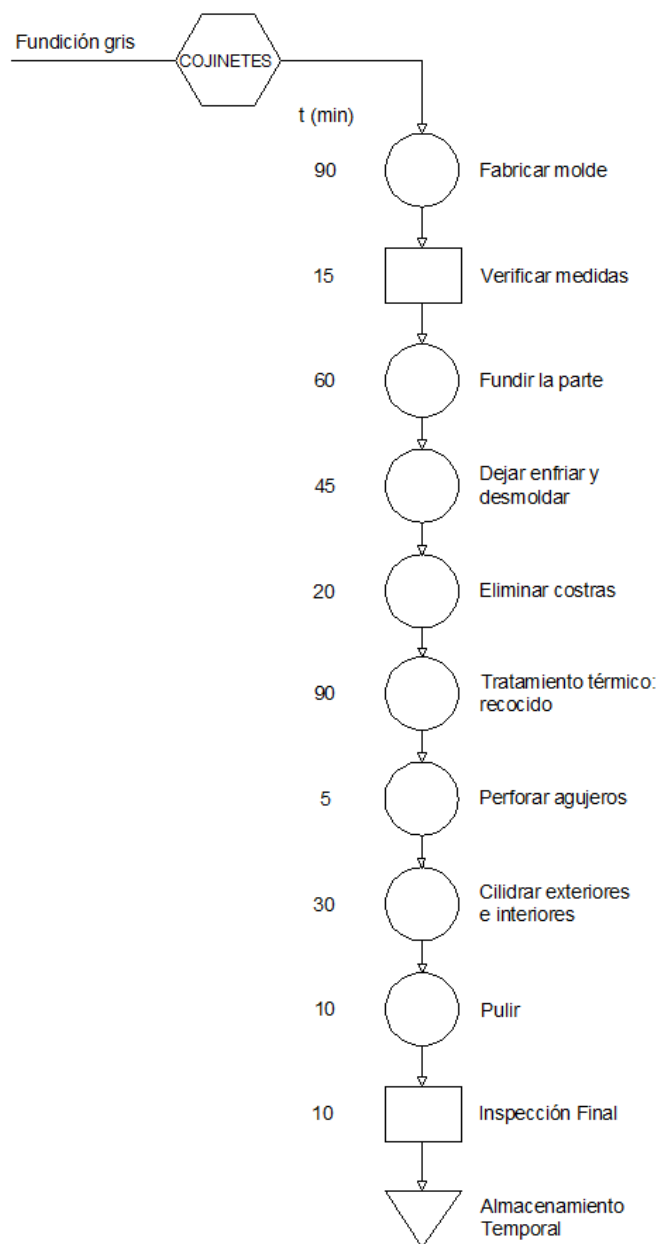
Figura 5.2 Cojinete delantero / Cojinete posterior



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación:  $375 \times 2 = 750$  min

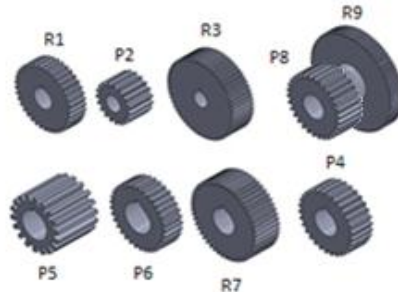
Plano: 15



### 5.1.3. ENGRANES

#### 5.1.3.1. Engranos de la Caja

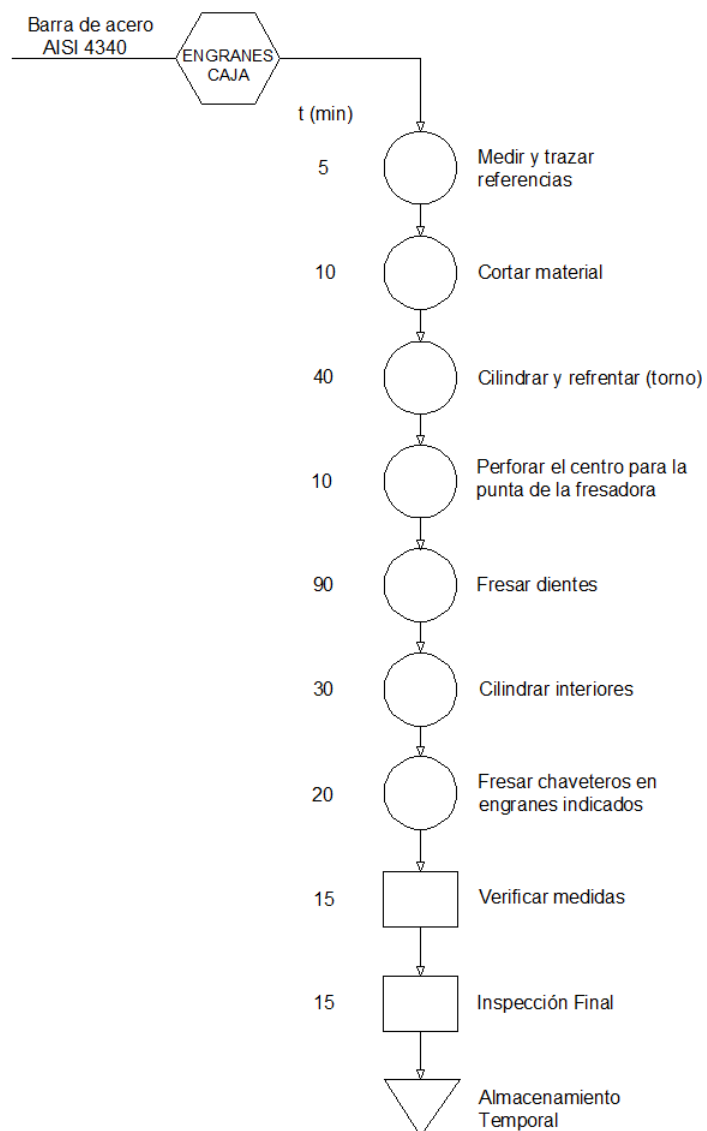
Figura 5.3 Engranos de la caja



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación:  $235 \times 9 = 2115$  min

Planos: 25/36/37





### 5.1.3.2. Engranés en el transporte

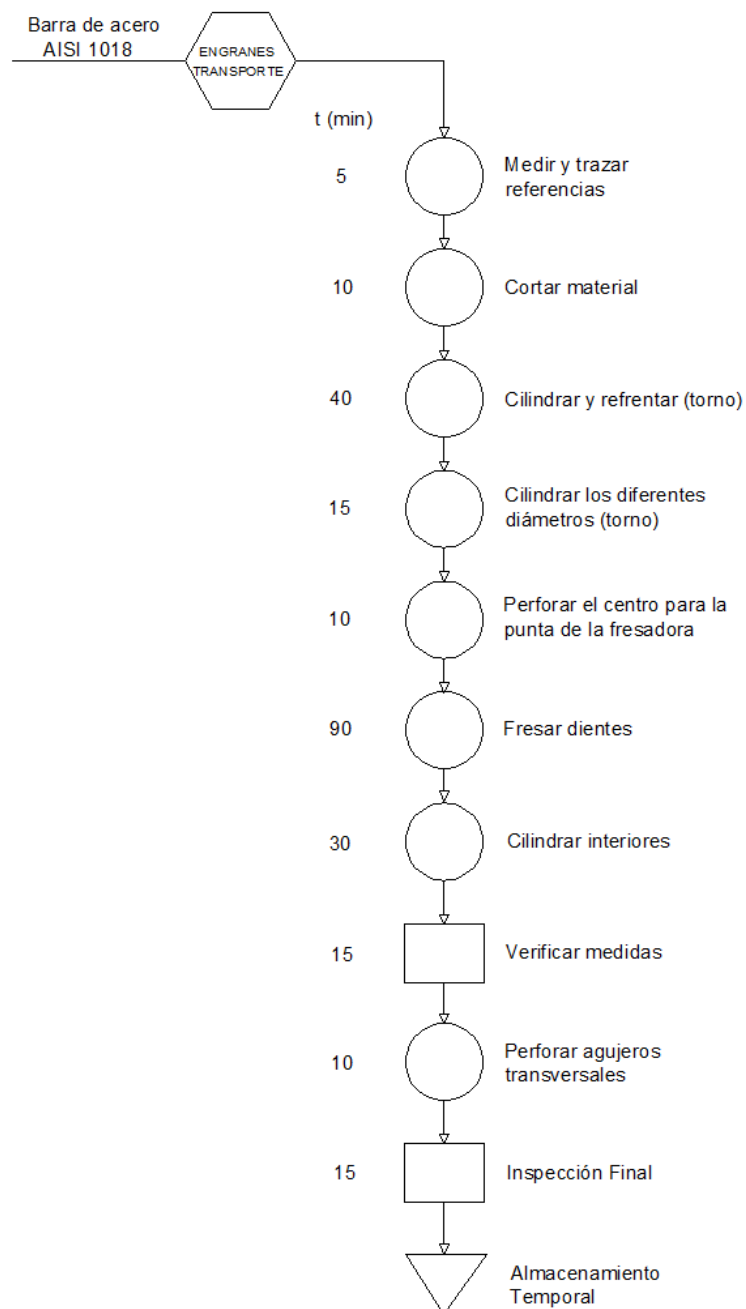
Figura 5.4 Engranés en el transporte



Fuente: Propia

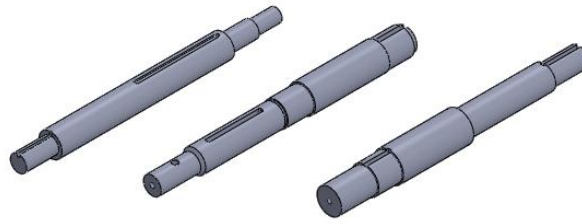
Tiempo total de fabricación:  $240 \times 3 = 720$  min

Plano: 31



#### 5.1.4. EJES DE LA CAJA DE ENGRANES

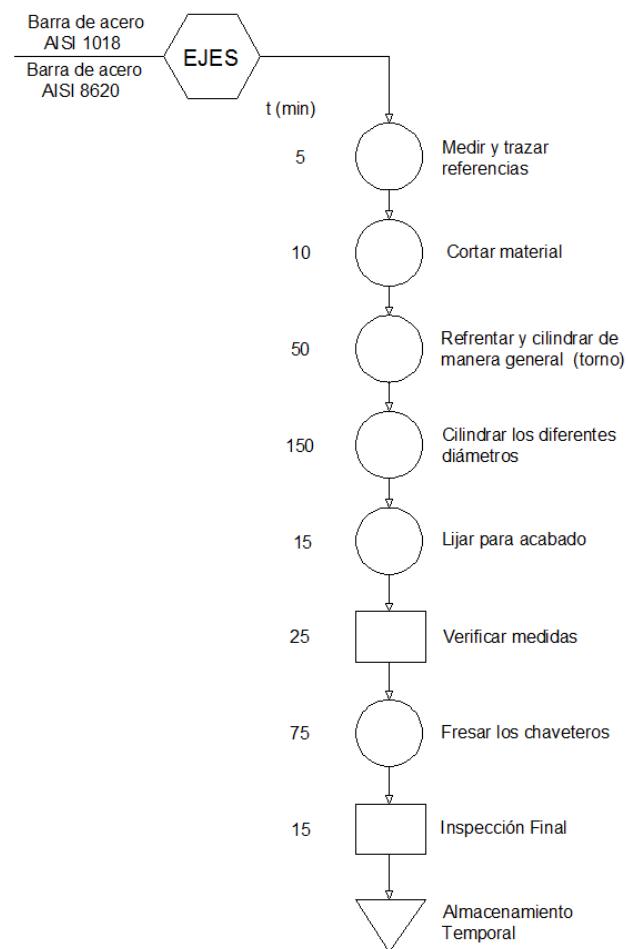
Figura 5.5 Ejes de la caja de engranes



Fuente: Propia

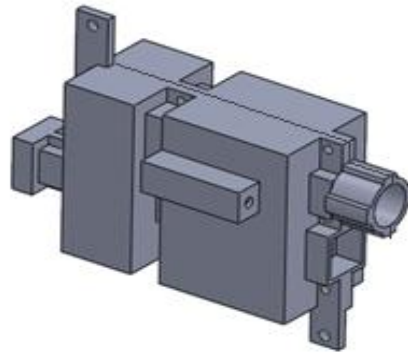
Tiempo total de fabricación:  $330 \times 3 = 990$  min

Plano: 35



### 5.1.5. CAJA DE ENGRANES

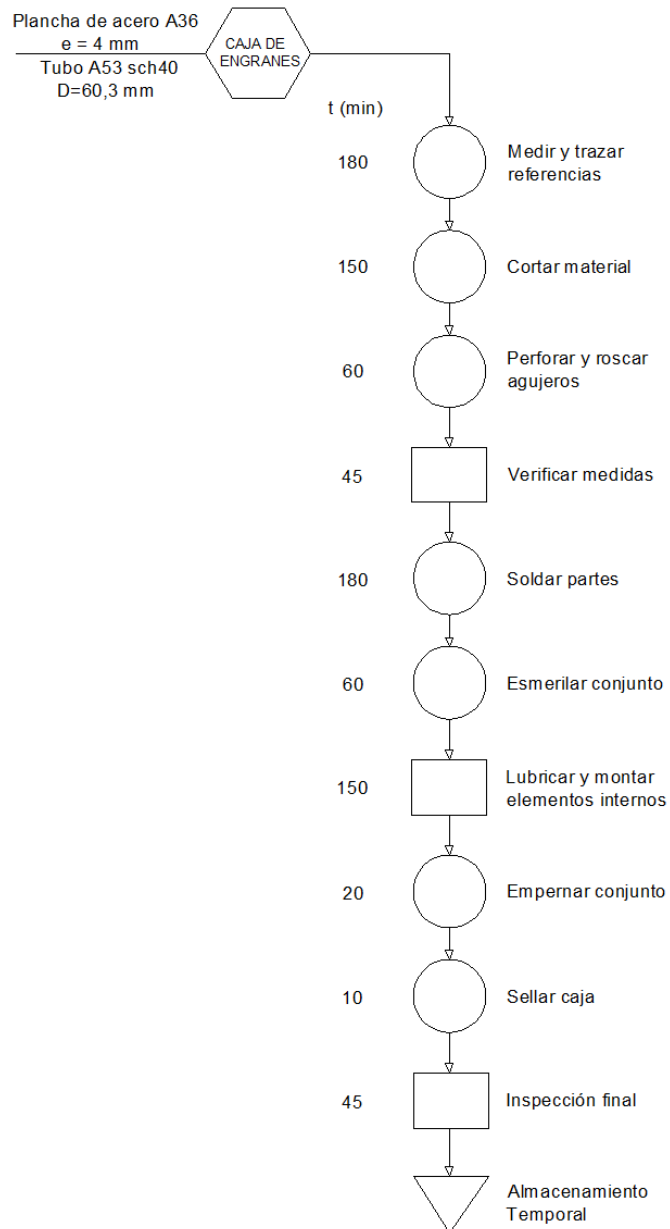
Figura 5.6 Caja de engranes



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación: 900 min

Plano: 34



## 5.1.6. UNIDAD DE ENGRANAJE CON EJE CONJUNTO

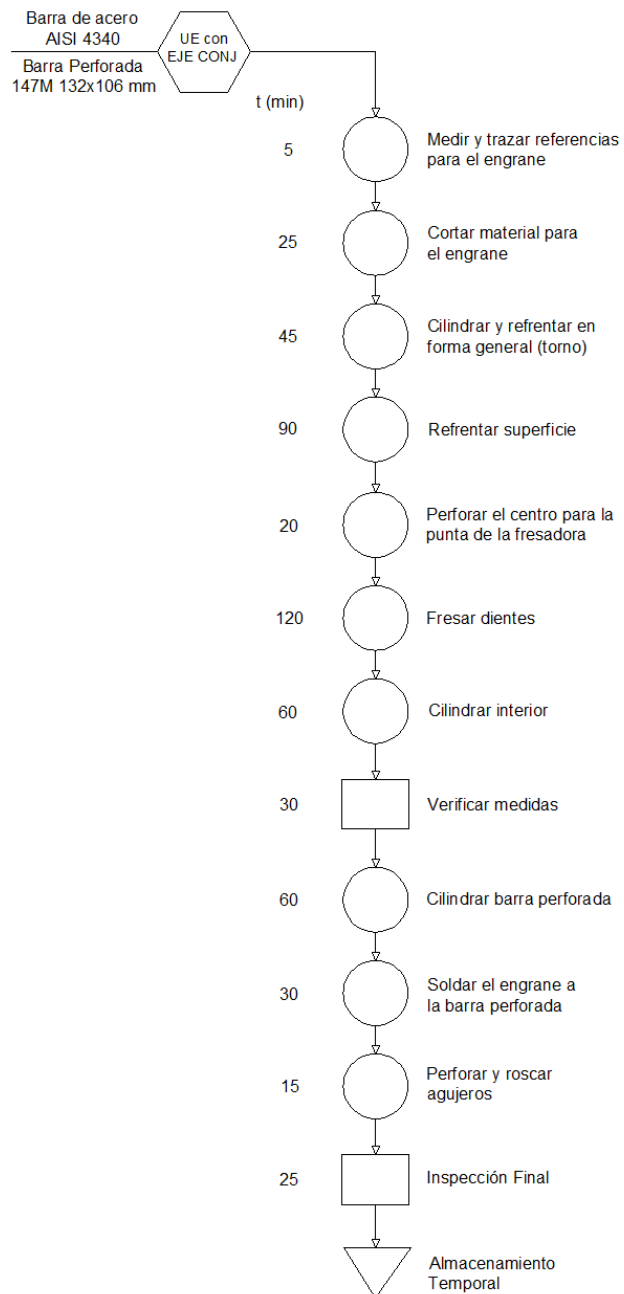
Figura 5.7 UE con Eje conjunto



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación: 525 min

Plano: 25



## 5.1.7. POLEA MAYOR / DESLIZAMIENTO FRONTAL / DESLIZAMIENTO POSTERIOR / DISCO/ DISCO VOLANTE

### 5.1.7.1. Polea Mayor

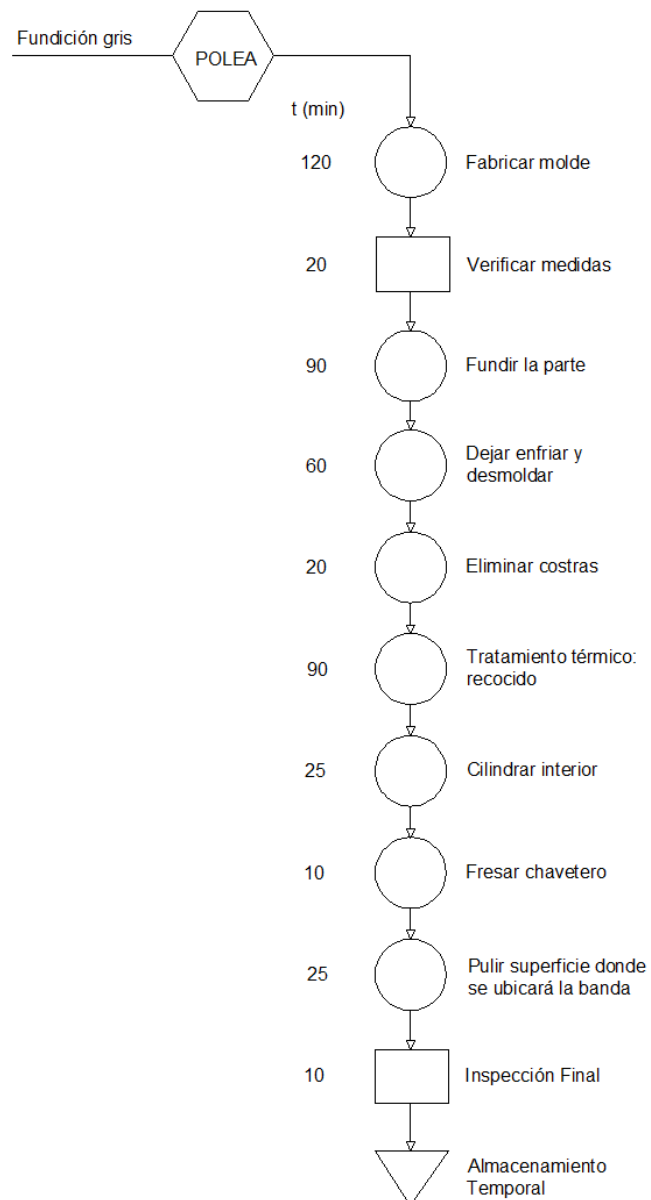
Figura 5.8 Polea mayor



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación: 470 min

Plano: 18



**5.1.7.2. Deslizamiento frontal / deslizamiento posterior / disco / disco volante**

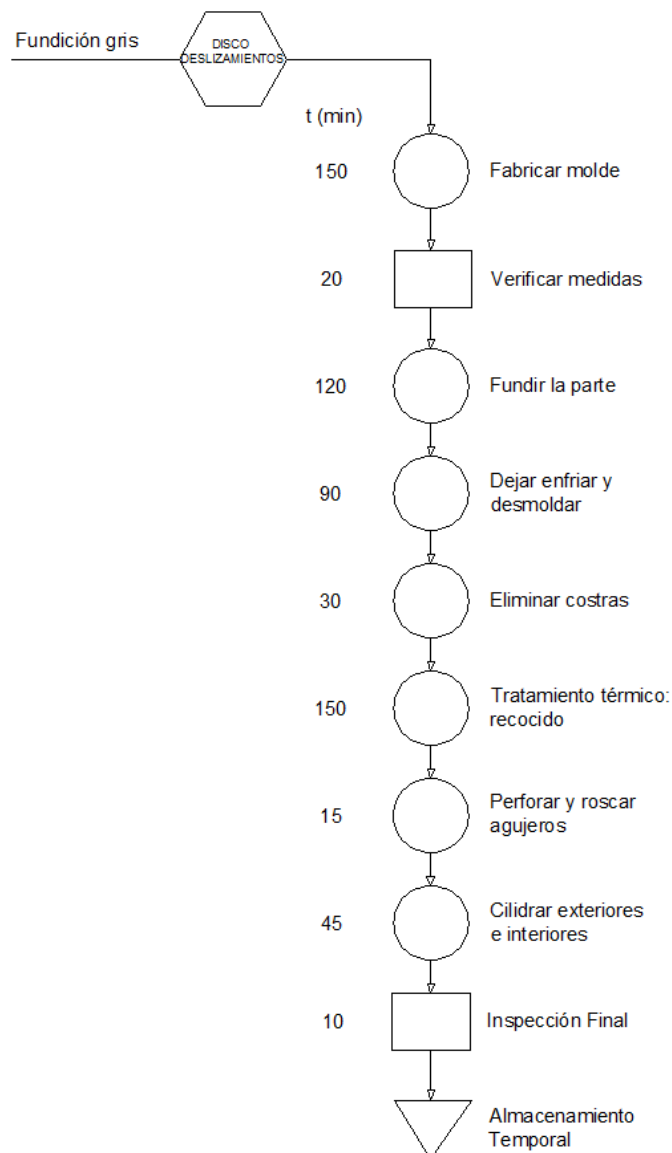
**Figura 5.9 Deslizamiento Frontal/ Deslizamiento Posterior/ Disco/ Disco Volante**



Fuente: Propia

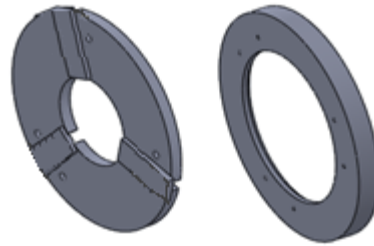
Tiempo total de fabricación:  $630 \times 4 = 2520$  min

Planos: 9/11/13/14



### 5.1.8. DISCO DE CENTRADO / DISCO POSTERIOR

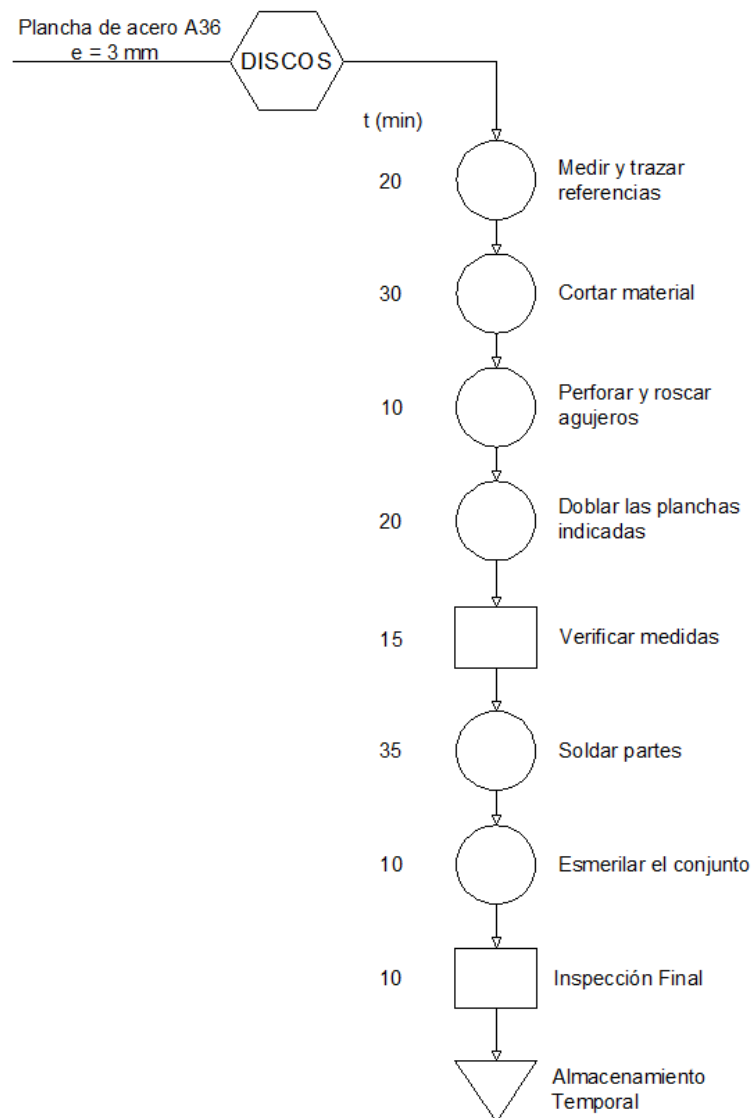
Figura 5.10 Disco de Centrado / Disco Posterior



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación:  $150 \times 2 = 300$  min

Planos: 23/24



### 5.1.9. UNIONES / PLATINA

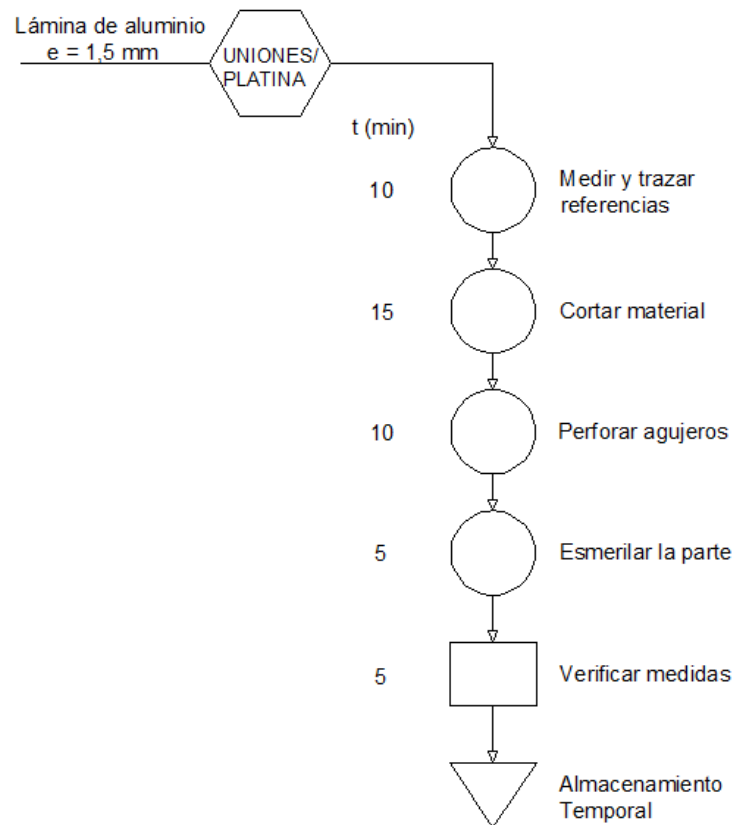
Figura 5.11 Uniones / Platina



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación:  $40 \times 4 = 160$  min

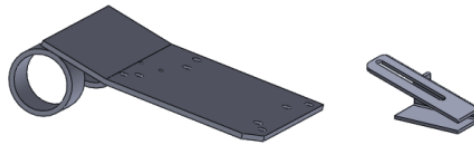
Plano: 21





### 5.1.10. SOPORTE DEL MOTOR

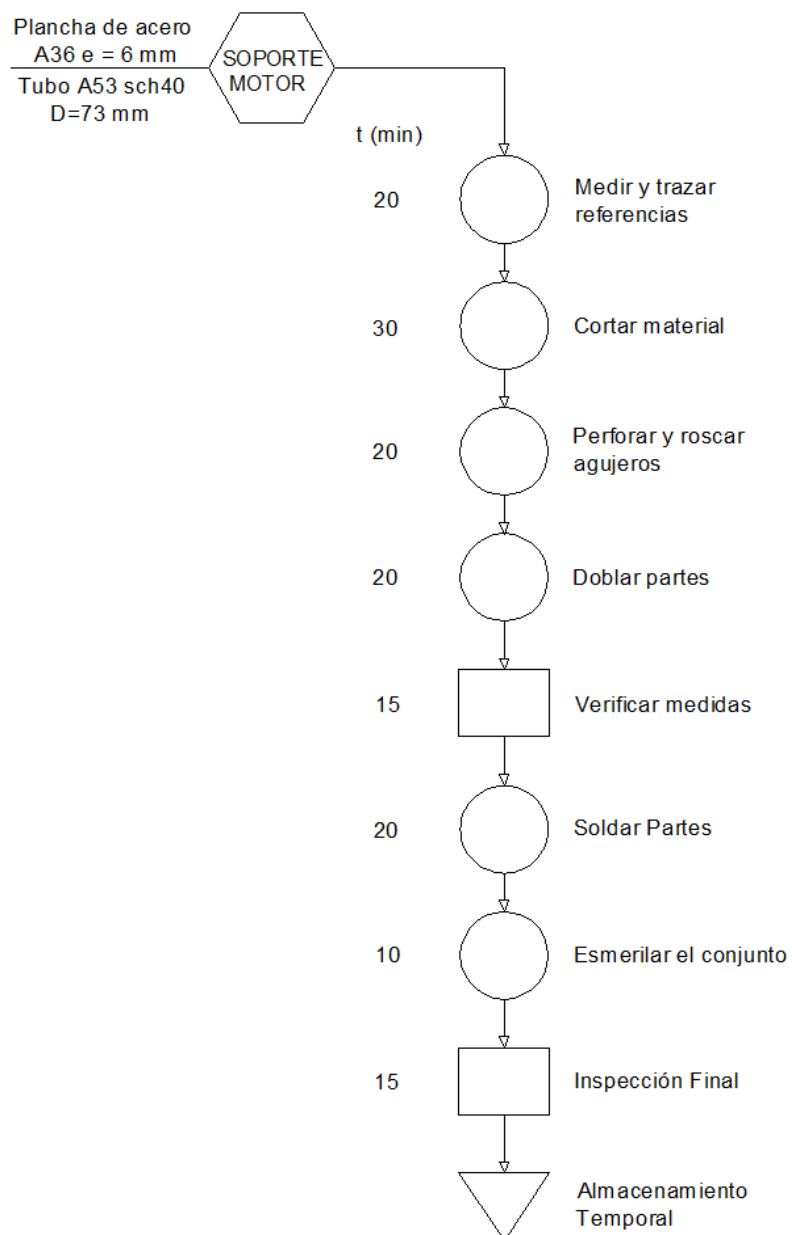
Figura 5.12 Soporte del Motor



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación: 150 min

Plano: 22



### 5.1.11. TUBO GUÍA DELANTERO

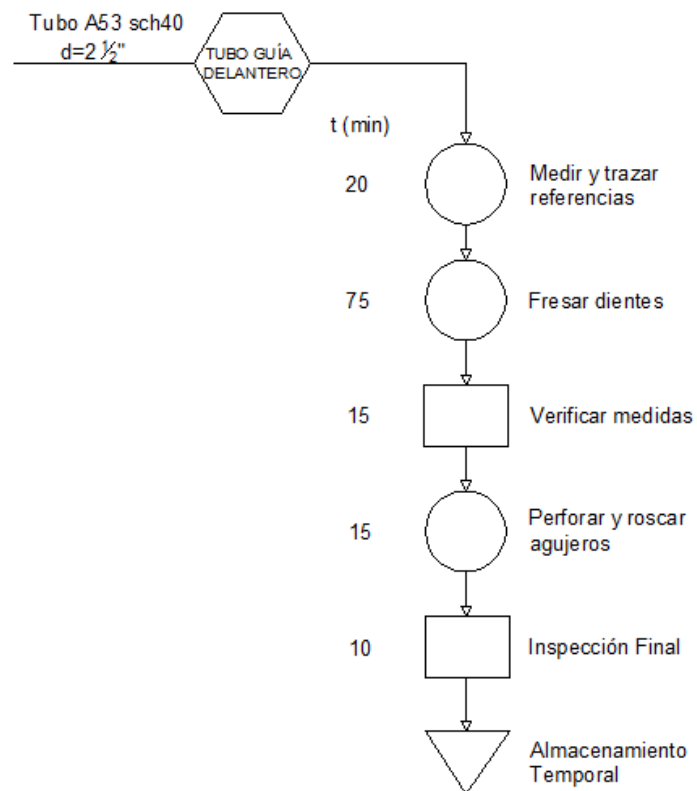
Figura 5.13 Tubo Guía Delantero



Fuente: Propia

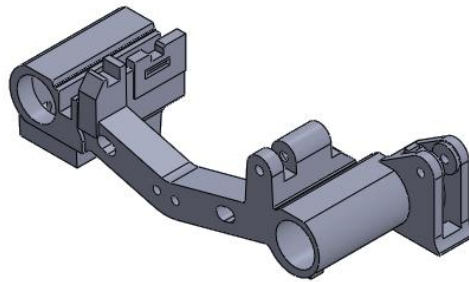
Tiempo total de fabricación: 135 min

Plano: 26



## 5.1.12. TRANSPORTE

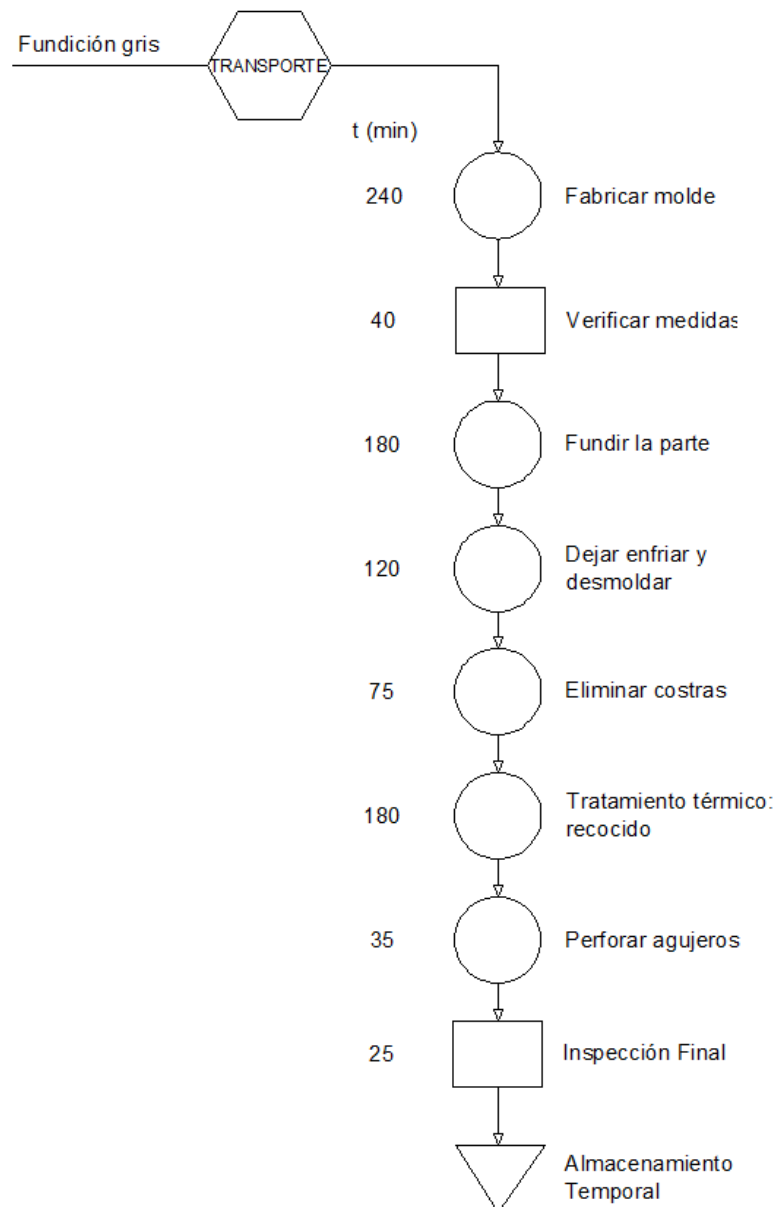
Figura 5.14 Transporte



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación: 895 min

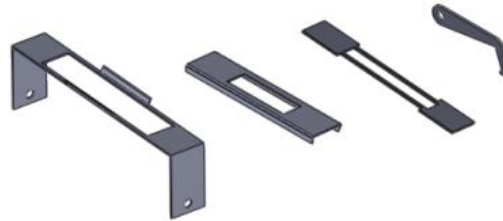
Plano: 16



## 5.1.13. CONJUNTO DE SUJECIÓN

### 5.1.13.1. Platinas

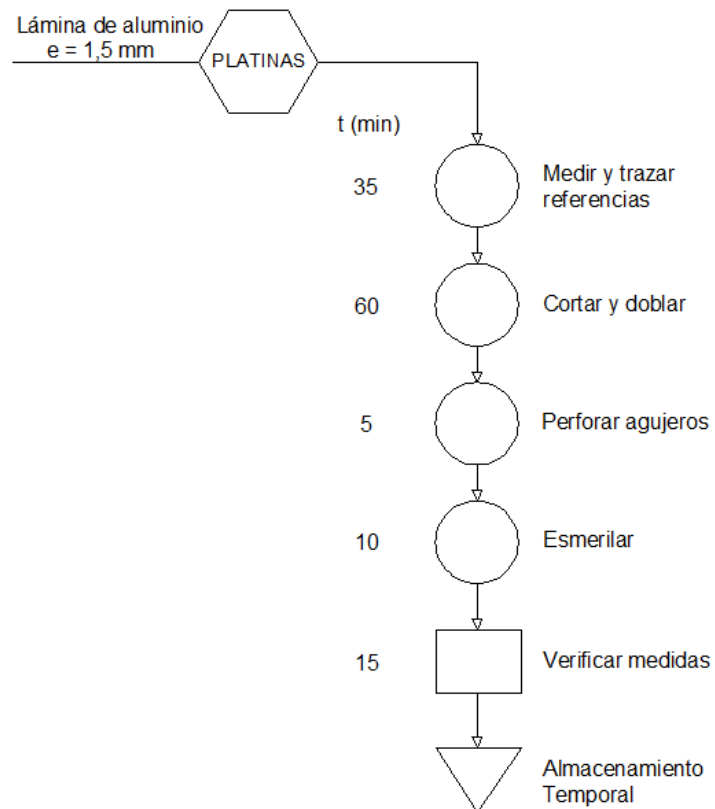
Figura 5.15 Platinas del Conjunto de Sujeción



Fuente: Propia

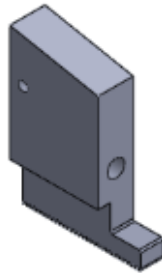
Tiempo total de fabricación: 125 min

Plano: 33



### 5.1.13.2. Bloque

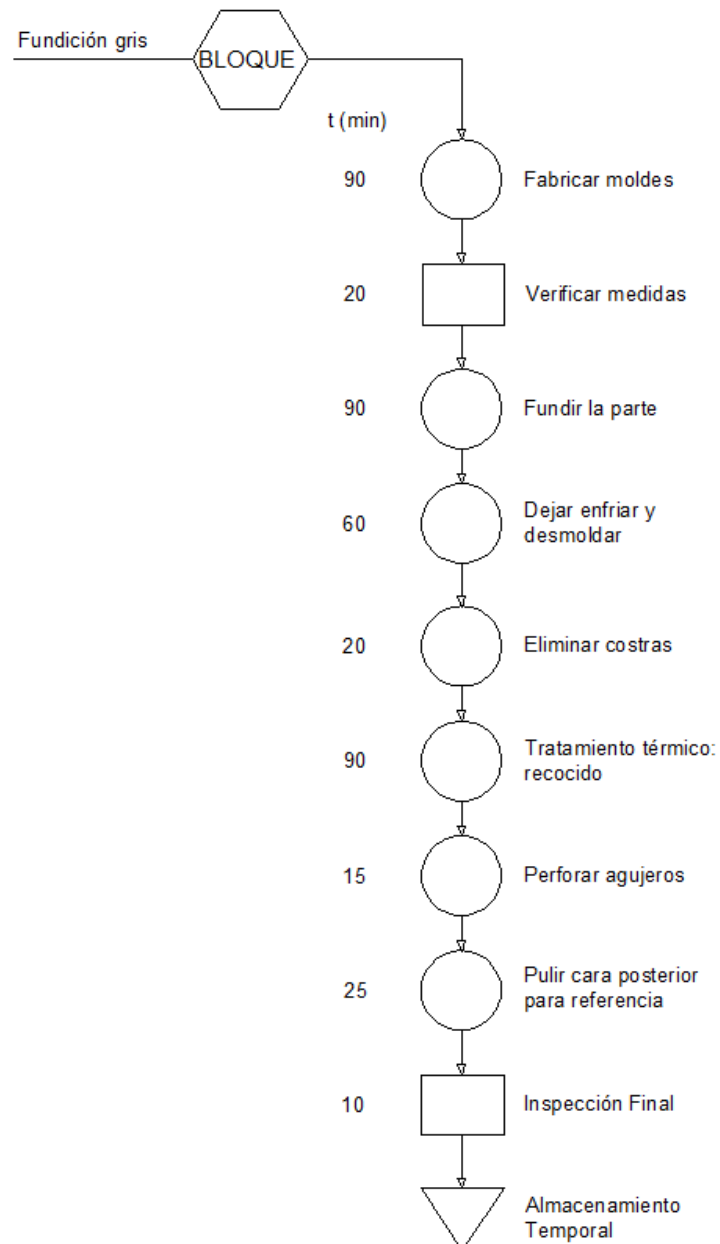
Figura 5.16 Bloque del Conjunto de Sujeción



Fuente: Propia

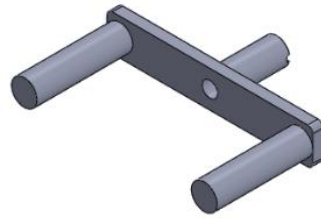
Tiempo total de fabricación: 395 min

Plano: 18



### 5.1.14. VOLANTE

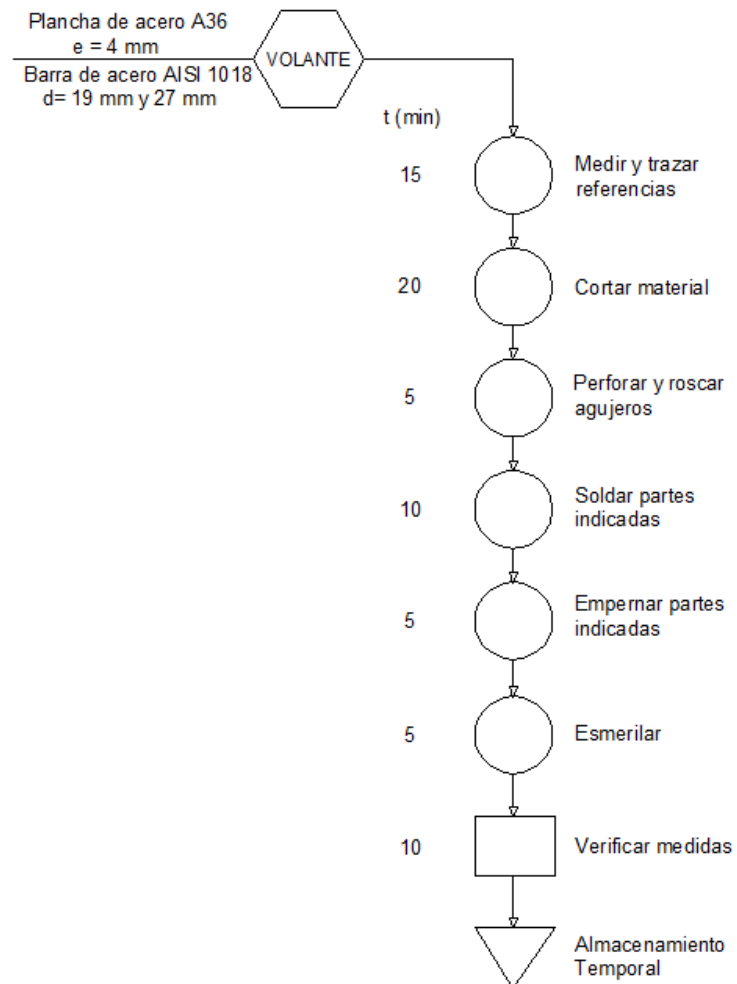
Figura 5.17 Volante



Fuente: Propia

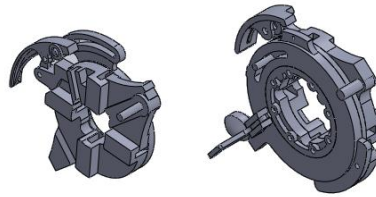
Tiempo total de fabricación: 70 min

Plano: 19



### 5.1.15. CABEZAL DE 1/4" A 2" / CABEZAL DE 2 1/2" A 4"

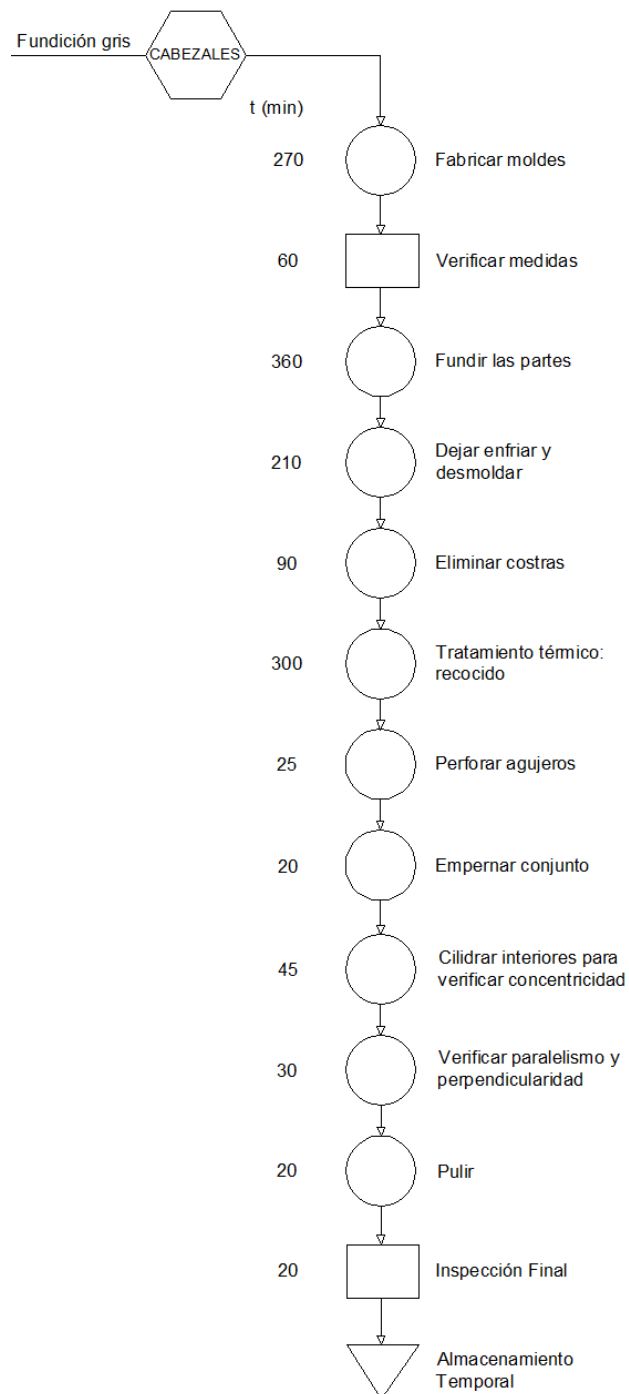
Figura 5.18 Cabezales



Fuente: Propia

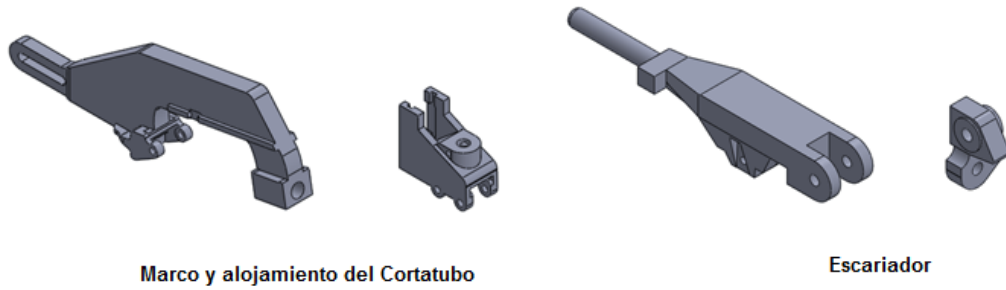
Tiempo total de fabricación:  $1450 \times 2 = 2900$  min

Plano: 5



### 5.1.16. MARCO DEL CORTADOR Y ALOJAMIENTO DE RODAMIENTOS DEL CORTATUBO / ESCARIADOR

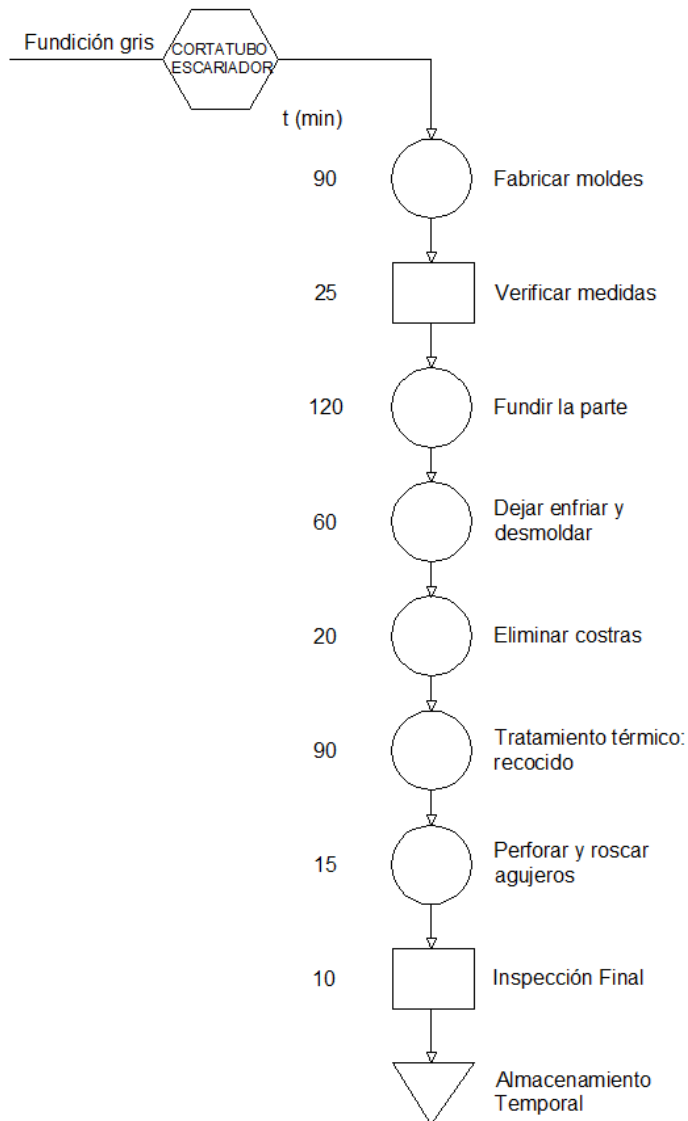
**Figura 5.19 Cortatubo y Escariador**



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación:  $430 \times 4 = 1720$  min

Planos: 10/12/17





### 5.1.17. MANGO CON TORNILLO DEL CORTATUBO

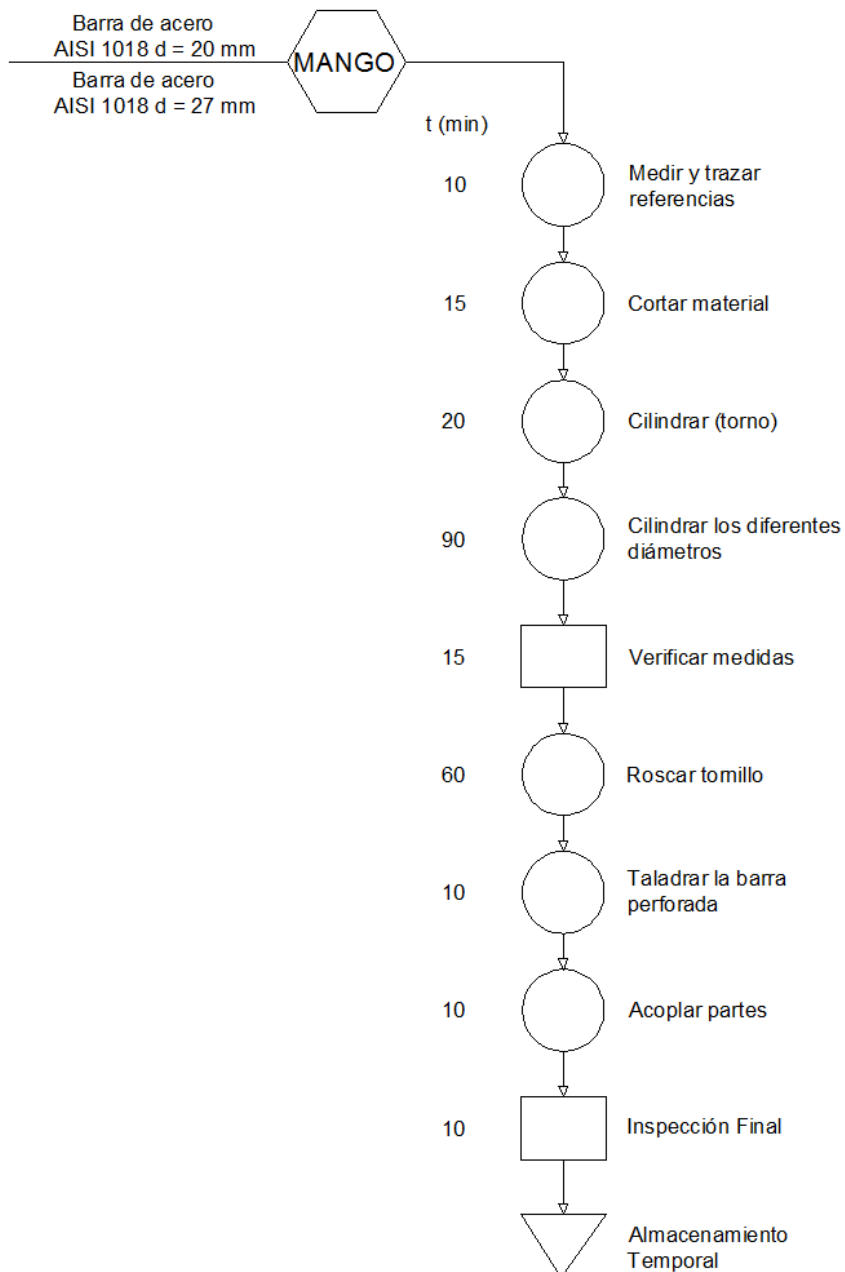
Figura 5.20 Mango del Cortatubo



Fuente: Propia

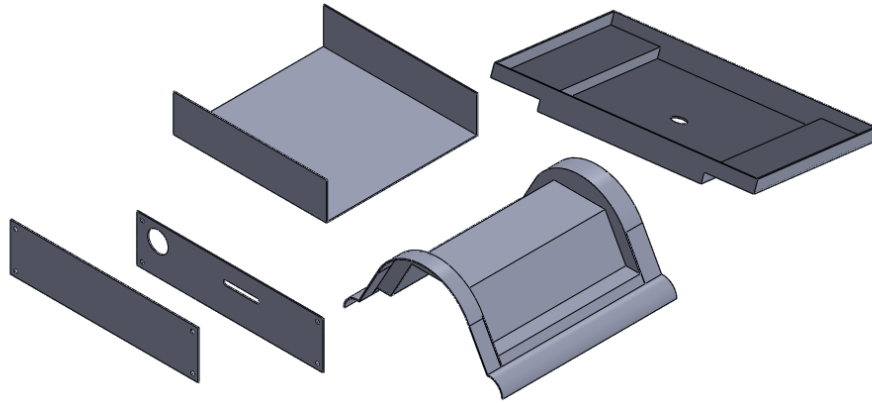
Tiempo total de fabricación: 240 min

Plano: 20



**5.1.18. PLACA LATERAL DELANTERA / PLACA LATERAL POSTERIOR /  
CUBIERTA INFERIOR / BANDEJA DE RESIDUOS**

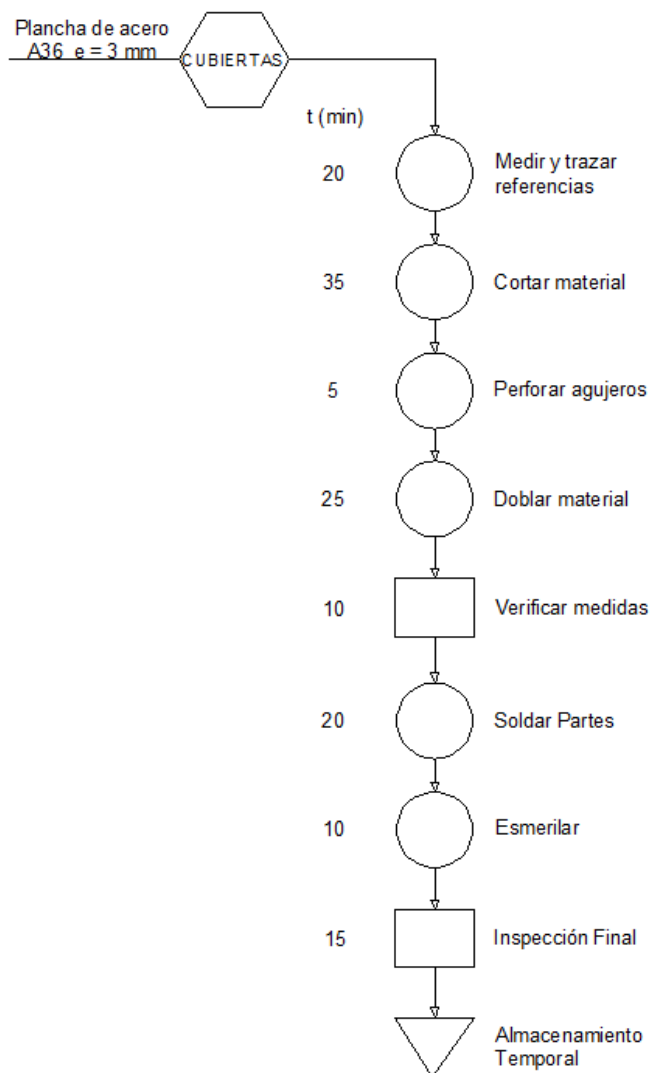
**Figura 5.21 Cubiertas**



Fuente: Propia

Tiempo total de fabricación:  $140 \times 4 = 560$  min

Planos: 27/32



## 5.2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN (HORAS)

Para la construcción de las partes establecidas de la Máquina Roscadora para Tubo desde ¼" hasta 4" de diámetro, se realizaron las actividades que a continuación se detallan:

1. Base<sup>15</sup>
2. Cojinete delantero / cojinete posterior
3. Engranés
4. Ejes de la caja de engranes
5. Caja de engranes
6. Unidad de engranaje con eje conjunto
7. Polea mayor / deslizamiento frontal / deslizamiento posterior / disco / disco volante
8. Disco de centrado / disco posterior
9. Platina / uniones
10. Soporte del motor
11. Tubo guía delantero
12. Transporte<sup>16</sup>
13. Platinas
14. Bloque
15. Volante
16. Cabezal de ¼" a 2" / cabezal de 2 ½" a 4" <sup>17</sup>
17. Marco del cortador y alojamiento de rodamientos del cortatubo / escariador
18. Mango con tornillo del cortatubo
19. Placa lateral delantera / placa lateral posterior / cubierta inferior / bandeja de residuo

Y la distribución del tiempo se muestra en la siguiente tabla:

---

<sup>15</sup> Considerando los factores tiempo y economía se adquirió este elemento en buen estado a medio uso.

<sup>16</sup> Considerando los factores tiempo y economía se adquirió este elemento en buen estado a medio uso.

<sup>17</sup> Al considerar un análisis de costos, se determinó que los cabezales producen más ahorro al ser adquiridos mediante catálogo.



## 5.3. MONTAJE

Una vez que se han fabricado las partes diseñadas y se ha adquirido mediante catálogo las propuestas, se procede a realizar el montaje, considerando que habrá dos sistemas presentes en la máquina, como son el Mecánico y el Eléctrico.

### 5.3.1. MONTAJE DEL SISTEMA MECÁNICO

El montaje del sistema mecánico se lo debe realizar en una superficie lisa y libre de suciedad ya que en varias de las partes se debe utilizar grasa y es importante que no se introduzcan impurezas que provoquen que el sistema falle.

Para realizar el montaje de las diferentes partes de la máquina será necesario contar con las siguientes herramientas:

- Llave hexagonal: 3/16", 1/4", 5/32"
- Llave mixta 1/2", 7/16", 9/16", 11/16"
- Juego de Rachas: 1/4" – 1 1/4"
- Desarmador Plano
- Desarmador de Estrella
- Martillo

#### 5.3.1.1. Montaje de los Elementos

Una vez situada la base en una superficie plana y limpia, se procede al montaje de las partes, empezando por la cubierta inferior y el tubo guía posterior, seguidamente se ubica el motor y a continuación su soporte, sin ajustar aun los pernos que lo estabilizan.

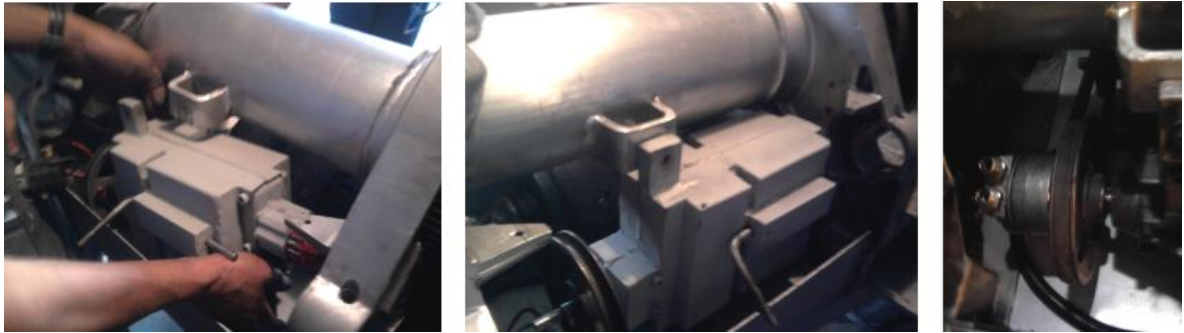
**Figura 5.22 Montaje del motor y su soporte**



Fuente: Propia

Se prosigue con el acople de la caja de engranes que se sujeta en tres partes de la base, en el eje que sobresale de dicha caja se sitúa la polea mayor y la bomba de cebado que tiene manguera 5/16" para la salida del aceite y 1/4" para la entrada, una vez ubicados estos elementos, se instala la banda en "V" y se procede al ajuste de los pernos en el soporte del motor y al prisionero que permite que no se deslice.

**Figura 5.23 Montaje de la caja, poleas, bomba y banda**



Fuente: Propia

Se continúa con la instalación de la bandeja de residuos en la parte delantera de la máquina con su respectivo sumidero y se sitúan las mangueras provenientes de la bomba.

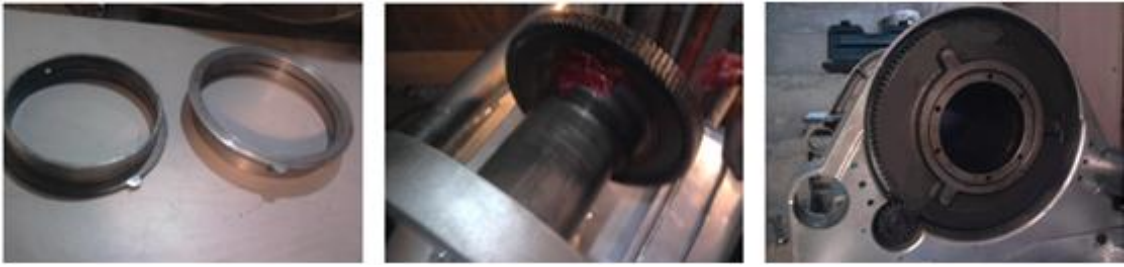
**Figura 5.24 Instalación de la bandeja de residuos**



Fuente: Propia

Uno de los aspectos más importantes en el montaje de las partes es engrasar los elementos necesarios para el buen funcionamiento de la máquina, esta grasa se colocará en las partes de la base donde van ubicados los cojinetes y entre todos los engranes.

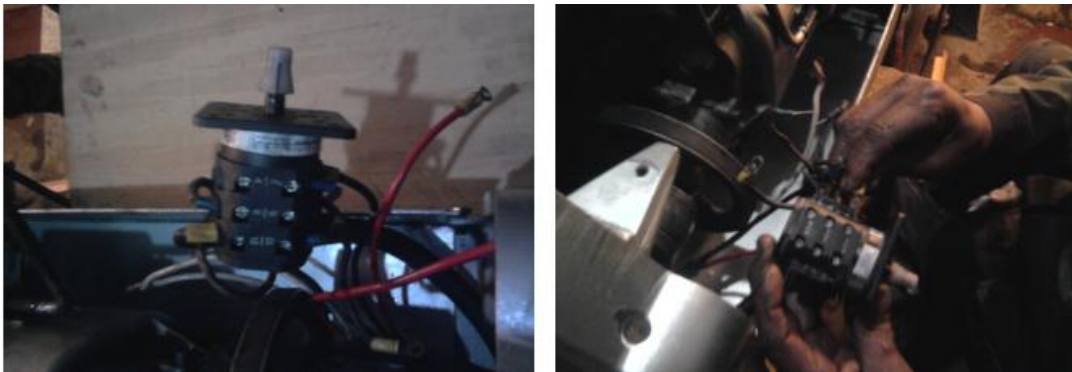
**Figura 5.25 Cojinetes, UE con eje conjunto**



Fuente: Propia

Se coloca la platina en la parte frontal, que cubre al piñón 5, también se ubica el tubo guía delantero y se realiza la conexión eléctrica del motor, pedal de freno y cable para la corriente al switch, para posteriormente situar las placas laterales.

**Figura 5.26 Conexiones eléctricas**



Fuente: Propia

**Figura 5.27 Pedal de freno y placas laterales**



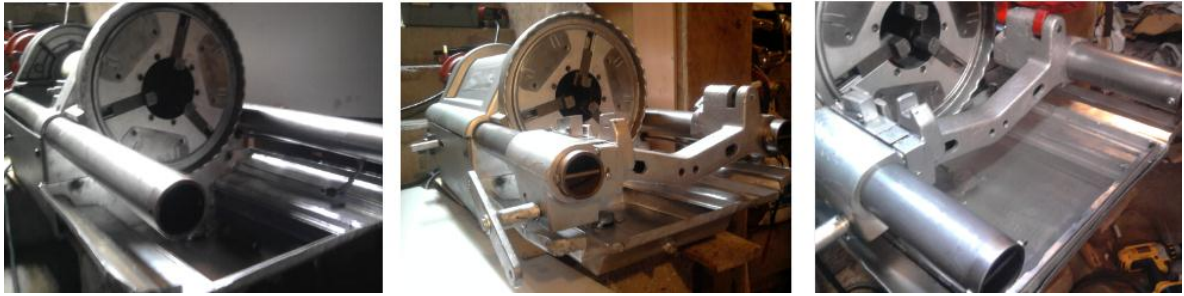
Fuente: Propia

En la base se montan los discos posteriores y los discos delanteros con sus respectivas mordazas para sujetar el tubo.

Previamente en el transporte se coloca el conjunto de sujeción, los engranes y el volante, para luego montarlo sobre los tubos guía.

Se coloca la malla en la bandeja de residuos para evitar que la viruta se mezcle con el aceite y se ubica la tapa superior.

**Figura 5.28 Montaje de discos, transporte y malla para viruta**



Fuente: Propia

Finalmente, se realiza el montaje de las herramientas de corte, considerando que previamente se debe ensamblar de manera individual el escariador y el cortatubo.

**Figura 5.29 Cortatubo y escariador**



Fuente: Propia

El montaje total se lo realiza probando que cada uno de los cabezales calce de la manera adecuada, tanto el de  $\frac{1}{4}$ " hasta 2" como el de 2  $\frac{1}{2}$ " a 4".

**Figura 5.30 Montaje total**



Fuente: Propia

### **5.3.2. MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO**

Para el sistema eléctrico se debe contar con una instalación monofásica 110V. La instalación eléctrica de la máquina será realizada de la misma manera que en la Roscadora Ridgid No. 1224



Las herramientas necesarias para realizar esta instalación son:

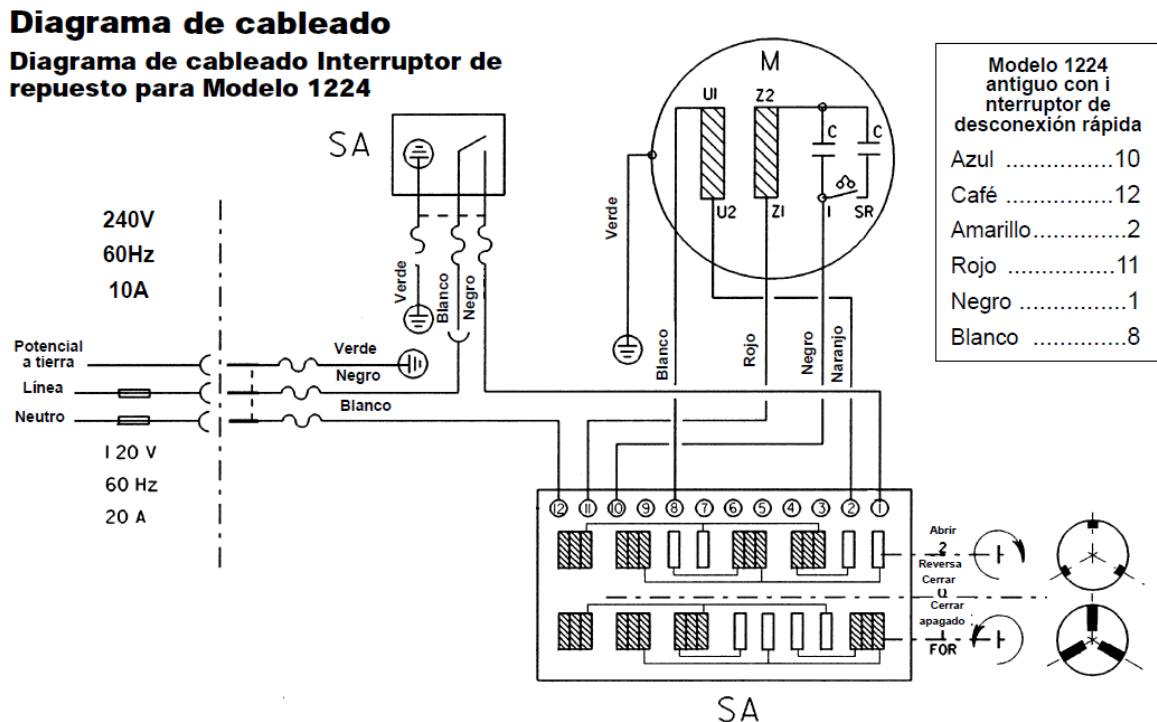
- Alicates
- Terminales
- Cortador de cable
- Taipe negro

Los materiales necesarios para realizar las instalaciones son:

- Cable sucre 3x14 AWG CC
- Manguera flexible ¼"

El diagrama Eléctrico se muestra en la siguiente figura:

**Figura 5.31 Diagrama de Cableado**



Fuente: Catálogo de la Máquina Roscadora No. 1224 de tubos y pernos

## 5.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para certificar el correcto desempeño de la Máquina Roscadora, se hará una secuencia de pruebas hasta conseguir los resultados esperados.

### 5.4.1. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para realizar las pruebas correspondientes, se utilizará los siguientes instrumentos de medición:

- *Calibrador Vernier (Pie de Rey)*: Instrumento utilizado para medir el diámetro mayor roscado y diámetro menor roscado para verificar la conicidad y la longitud de rosca una vez roscado el tubo.
- *Flexómetro*: Se usa para medidas generales que no necesitan tanta precisión y su longitud no está al alcance del Pie de Rey
- *Cronómetro*: Se utiliza para medir el tiempo de roscado de los tubos.
- *Pinza amperimétrica*: Se utiliza para medir el amperaje con el que funciona la máquina y conocer la potencia real con la que trabaja en arranque y en operación.

**Figura 5.32 Instrumentos de medición**



Fuente: Propia

#### **5.4.2. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS**

- Antes de empezar el procedimiento, se debe verificar que la máquina se encuentre en óptimas condiciones, además que no existan conexiones eléctricas peligrosas y que el sitio de trabajo tenga el espacio suficiente.
- Para iniciar<sup>18</sup>, se prenderá la máquina sin un tubo para comprobar que los elementos están bien acoplados, que no produzca sonidos extraños y que funcionen de manera adecuada los cambios de velocidad.
- Una vez encendida, se comprobará visualmente que la vibración de la máquina no sea excesiva, ya que eso significaría que alguno de los elementos están mal acoplados y podría causar daños permanentes.

<sup>18</sup> Se debe considerar que en el encendido inicial presentará una vibración ligeramente alta, lo cual es normal y quiere decir que los elementos se están acoplado por primera vez.

- Posteriormente se verificará con la pinza amperimétrica el amperaje y mediante la fórmula:

$$P = V \times I \quad [W] \quad \text{Ecuación 5.1}$$

se conocerá la potencia real con la que trabaja la máquina en vacío y operación, considerando que el voltaje es 110 V.

- Las pruebas se las realizará con tubos de Acero Galvanizado (H.G.) peso estándar según especificaciones ASTM 120 sch 40 siendo este el material más utilizado por Proasin para roscar.
- Se verificarán las medidas en los siguientes diámetros: a 1", 1 ½", 2", 2 ½", 3".
- En el roscado de cada tubo se verificará: longitud de roscado, tiempo de roscado y conicidad de la rosca.
- El cálculo de los tiempos de roscado teóricos se lo realizará mediante la ecuación 3.1 y se los comparará con los valores experimentales.
- El ángulo cónico teórico<sup>19</sup> es 1° 47' (1,78°) y de manera experimental considerando el diámetro mayor roscado (Dma), el diámetro menor roscado (Dme) y la longitud de la rosca (Lr), puede ser calculado mediante las fórmulas:

*Para la conicidad:*

$$C = \frac{Dma - Dme}{Lr} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

*Para la inclinación:*

$$i = \frac{C}{2} \quad \text{Ecuación 5.3}$$

*Para el ángulo cónico:*

$$\alpha = \tan^{-1} i \quad \text{Ecuación 5.4}$$

---

<sup>19</sup> Figura 2.5 Perfil Básico de la rosca NPT, pg 11

- Se realizará una práctica de laboratorio para verificar las medidas en las roscas obtenidas<sup>20</sup>.
- Finalmente con el análisis de resultados se determinará si la máquina se encuentra adecuada para realizar el trabajo para el cual ha sido diseñada.

### 5.4.3. TOMA DE DATOS

#### a) Cálculo de la potencia real:

De forma teórica<sup>21</sup>

$$P = 0,902 \text{ kW}$$

De forma experimental:

EN VACÍO

Amperaje = 1,85 amp.

Aplicando la ecuación 5.1 se obtiene:

$$P_a = 110 \times 1,85 = 203,5 \text{ W} = 0,204 \text{ kW}$$

EN OPERACIÓN<sup>22</sup>

Amperaje = 8,16 amp

Aplicando la ecuación 5.1 se obtiene:

$$P_{op} = 110 \times 8,16 = 897,6 \text{ W} = 0,898 \text{ kW}$$

#### b) Medidas en los tubos

La longitud experimental de la rosca se comparará con la teórica, para comprobar si es adecuada.

---

<sup>20</sup> La práctica se muestra en el Anexo L

<sup>21</sup> Tomado del Anexo J

<sup>22</sup> Para el caso más crítico, cabezal desde 2 ½" a 4"

**Tabla 5.2 Pruebas en diferentes diámetros**

Diámetro nominal	Profundidad de corte <sup>23</sup>	Longitud de Rosca (mm)		
		experimental	teórica <sup>24</sup>	
plg	mm	mm	L total	L útil
1	1,767	24,50	25,006	17,343
1 1/2	1,767	25,20	26,040	18,337
2	1,767	26,10	26,878	19,215
2 1/2	2,540	38,64	39,908	28,893
3	2,540	40,00	41,496	30,480

Fuente: Propia

c) Tiempo total de roscado

Es la suma de los tiempos de operación de cada herramienta de corte, considerando una sola pasada.

**Tabla 5.3 Tiempo total de operación**

Diámetro nominal (plg)	TIEMPO (seg)			Tiempo total de roscado (seg)
	Cabezal	Cortatubo	Escariador	
1	16,00	21,43	9,56	<b>46,99</b>
1 1/2	22,87	25,06	10,54	<b>58,47</b>
2	25,66	28,62	11,98	<b>66,26</b>
2 1/2	66,89	33,59	13,00	<b>113,48</b>
3	74,38	35,97	14,02	<b>124,37</b>

Fuente: Propia

Las pruebas se realizaron a 36 rpm para las roscas de 1", 1 ½", 2" y a 12 rpm para las roscas de 2 ½", 3"

d) Comparación de los tiempos de roscado

Se comparará los valores experimentales del cabezal, con los tiempos de roscado teóricos, calculados mediante la ecuación 2.4

<sup>23</sup> Tabla 2.4 Medidas importantes de las roscas NPT, pg 14

<sup>24</sup> Tabla 2.3 Dimensiones principales de las roscas NPT, pg 13

**Tabla 5.4 Tiempos de roscado**

Diámetro nominal	Longitud de rosca (mm)	Número pasadas	Revoluciones por segundo	Paso de la rosca (mm)	Tiempo de roscado (seg)	
plg	Valores teóricos				teórico	experimental
1	25,006	1,00	0,60	2,20878	18,87	16,00
1 1/2	26,040	1,00	0,60	2,20878	19,65	22,87
2	26,878	1,00	0,60	2,20878	20,28	25,66
2 1/2	39,908	1,00	0,20	3,17500	62,85	66,89
3	41,496	1,00	0,20	3,17500	65,35	74,38

Fuente: Propia

e) Cálculo del ángulo cónico

El ángulo cónico teórico es  $1^{\circ} 47'$  ( $1,78^{\circ}$ )

**Tabla 5.5 Cálculo del ángulo cónico**

Diámetro nominal	Lr	Dma	Dme	C	i	$\alpha$ (°)
plg	mm	mm	mm			
1	24,50	33,40	31,94	0,061	0,031	1,75
1 1/2	25,20	48,26	46,70	0,062	0,031	1,77
2	26,10	60,33	58,71	0,062	0,031	1,78
2 1/2	38,64	73,03	70,67	0,061	0,031	1,75
3	40,00	88,90	86,44	0,062	0,031	1,76

Fuente: Propia

**5.4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

a) Cálculo de la Potencia Real:

Se determina mediante los cálculos realizados que el motor utiliza el 82,68% de su capacidad para trabajar.

b) Medidas en los tubos

Se consideran aceptables los datos obtenidos ya que los valores experimentales de la longitud se encuentran entre la longitud teórica total y la útil, lo que significa que están dentro de la tolerancia.

c) Tiempo total de roscado

El mayor tiempo de roscado es de 124,37 segundos, con lo cual se cumpliría la expectativa de que el tiempo máximo de roscado sea menor a 180 segundos, considerando una pasada.

d) Comparación de los tiempos de roscado

La ecuación 2.4 considera condiciones ideales, en donde se desprecia las variaciones en la dureza de los materiales así como la resistencia por rozamiento que se genera entre el tubo y las cuchillas.

El tiempo de roscado experimental con relación al tiempo de roscado teórico presenta una diferencia de  $\pm 20,96\%$  debido a que el material de los tubos roscados en las pruebas realizadas es acero galvanizado, el cual por su alto grado de dureza (comparado con el resto de materiales a roscar), presenta las condiciones rigurosas a las cuales se tendrá que someter la máquina.

Por esto se espera y se acepta que los tiempos de operación reales difieran en cierto rango de los teóricos.

e) Cálculo del ángulo cónico

Después de las pruebas realizadas se encuentra una diferencia del 1,73% en el caso más crítico, (tubería 2 ½") entre el valor teórico del ángulo cónico y los valores experimentales, lo cual indica una diferencia de 0,03 con relación al valor teórico, mismo que es aceptable ya que se encuentra dentro de la tolerancia permitida según la Norma<sup>25</sup> DIN ISO 2768-1.

Después de realizadas las pruebas, se concluye que la máquina se encuentra en buen estado para empezar a trabajar.

## **5.5. MANUALES: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Una vez realizado el montaje y pruebas de la Máquina Roscadora, se considera que está apta para realizar el trabajo para el cual se la ha diseñado y construido. Pero se recomienda considerar algunos parámetros que resultan importantes antes, durante y después de manipularla, para lo cual se presentan los manuales de operación y mantenimiento.

---

<sup>25</sup> Tolerancia para dimensiones angulares [http://www.ramo.se/iso\\_2768\\_english.htm](http://www.ramo.se/iso_2768_english.htm)

En estos manuales se proporciona la información necesaria para poder operar la Máquina de la manera adecuada, así como los riesgos y peligros a los cuales se puede estar expuesto si se la usa de una forma indebida. Además se muestra una serie de recomendaciones para el mantenimiento, buscando evitar daños prematuros en los elementos.

Los manuales se presentan en detalle en el Anexo M.



## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

En esta sección se realiza un desglose de los gastos que involucran el montaje de la máquina roscadora y posteriormente se hace el análisis financiero correspondiente.

#### 6.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se presentan en detalle los gastos que involucra la puesta a punto de la máquina roscadora, para lo cual se divide en varias partes.

##### 6.1.1. COSTOS DIRECTOS

Intervienen de manera directa en la construcción de la máquina, se detallan:

**Tabla 6.1 Materiales adquiridos mediante catálogo**

CANTIDAD	PARTE	PRECIO UNITARIO	IVA 12%	DSCTO 10%	PRECIO
1	Motor de inducción (rebobinado)	800,00	0,00	0,00	800,00
1	Bomba de cebado	527,13	63,26	59,04	531,35
1	Cabezal /Terraaja para Roscadora Eléctrica 811-A	401,80	48,22	45,00	405,01
1	Cabezal /Terraaja para Roscadora Eléctrica 815-A	547,22	65,67	61,29	551,60
1	Interruptor tipo rotatorio	34,15	4,10	3,82	34,42
1	Polea 65 mm (para motor)	16,00	1,92	1,79	16,13
1	Banda tipo V A-34	1,95	0,23	0,22	1,97
1	Juego de Dados 1/2" a 3/4"	107,10	12,85	12,00	107,96
1	Juego de Dados 1" a 2"	147,91	17,75	16,57	149,09
1	Juego de Dados 2 1/2" a 4"	238,63	28,64	26,73	240,54
3	Mordazas Delanteras	312,00	37,44	34,94	943,49
3	Mordazas Posteriores	77,08	9,25	8,63	233,09
1	Disco de corte para cortadora	23,39	2,81	2,62	23,58
2	Rodillos para cortadora	32,97	3,96	3,69	66,47
1	Cuchilla para escariadora	58,47	7,02	6,55	58,94
1	Materiales para conexión eléctrica	10,00	0,00	0,00	10,00
					<b>4173,63</b>

Fuente: Propia

**Tabla 6.2 Materiales adquiridos a medio uso en buen estado**

CANTIDAD	PARTE	PRECIO UNITARIO	PRECIO
1	Base	132,12	132,12
1	Pedal de freno	35,07	35,07
1	Transporte	140,00	140,00
			<b>307,19</b>

Fuente: Propia

**Tabla 6.3 Materiales para el diseño**

<i>Engranajes</i>					
Parte	Material	Diámetro (mm)	Precio (por metro)	Longitud (mm)	Precio (dólares)
Eje 2	AISI 1018	19	7,21	182,50	1,32
Eje 3	AISI 1018	27	16,34	201,00	3,28
Eje 1	AISI 8620	36	32,40	335,00	10,85
P4	AISI 4340	40	60,00	16,25	0,98
R9 y P8	AISI 4340	100	310,34	50,75	15,75
R3	AISI 4340	94	250,00	19,50	4,88
P2	AISI 4340	44	84,00	26,00	2,18
R7	AISI 4340	106	321,92	26,00	8,37
P6	AISI 4340	70	160,00	26,00	4,16
R1	AISI 4340	80	195,00	26,00	5,07
P5	AISI 4340	60	125,00	39,00	4,88
Re	AISI 4340	342	4025,00	39,00	156,98
Transporte E1	AISI 1018	45	32,54	82,00	2,67
Transporte E2	AISI 1018	50	38,65	22,00	0,85
subtotal					<b>222,21</b>

<i>Rodamientos</i>				
Código	Tipo de rodamiento	Ubicación	Nombre	Precio
C5	Rígido a bolas	Eje 2	6203-2Z	5,99
C3	De agujas	Eje 2	NK 16/20	11,26
C2	De agujas	Eje 3	NK 22/20	16,26
C6	Rígido a bolas	Eje 3	6203-2Z	5,99
C4	Rígido a bolas	Eje 1	6206-2Z	10,97
C1	De agujas	Eje 1	NK 30/20 - TV	14,41
subtotal				<b>64,88</b>

**Tabla 6.3 Materiales para el diseño (continuación)**

<i>Varios</i>					
Parte	Material	Diámetro (mm)	Precio (por metro)	Longitud (mm)	Precio (dólares)
Volante	AISI 1018	19,00	7,21	180,00	1,30
Mango con tornillo	AISI 1018	22,00	10,03	330,40	3,31
Volante y mango	AISI 1018	27,00	16,34	230,00	3,76
Tubos Guía	Tubo A53 sch40	73,00	16,67	2040,00	34,00
Caja de engranes	Tubo A53 sch40	60,30	13,67	40,00	0,55
Soporte del motor	Tubo A53 sch40	73,00	16,67	70,00	1,17
subtotal					44,08

<i>Barra Perforada 147 M</i>						
Cantidad	Parte	Longitud (mm)	Precio por kg	Peso aprox kg/m	Longitud (mm)	Precio
1	Eje principal	132x106	5,05	40,5	550	112,49
subtotal						<b>112,49</b>

<i>Planchas</i>							
Parte	Material	Longitud (mm)	Espesor (mm)	Peso kg	Precio al peso	Peso necesario (kg)	Precio
Soporte motor	A36	1220 x 2440	6	140,21	222,02	3,00	4,75
Caja engranes, Volante	A36	1220 x 2440	4	93,50	148,01	7,67	12,14
Cubiertas, discos	A36	1220 x 2440	3	70,10	111,10	61,00	96,68
Uniones / Platinas	Aluminio	1220 x 2440	1,5	12,44	60,04	0,35	1,69
subtotal							<b>115,26</b>

<i>Fundición</i>				
Parte	Tipo de fundición	Precio por kg	Peso necesario (kg)	Precio
Cojinetes, Polea, Deslizamientos, Disco, Bloque, Disco Volante, Cortatubo, Escariador	Gris	15	45,13	676,95
subtotal fundición				676,95
Moldes y TT				1100
subtotal				<b>1776,95</b>

**Tabla 6.3 Materiales para el diseño (continuación)**

<i>Accesorios</i>				
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio</b>
6	Perno hexagonal 1/4" x 1/2" UNC	Cubierta Inferior	0,15	0,90
4	Perno allen 5/16" x 3 1/2" UNC	Tubos Guía	0,35	1,40
4	Perno allen 5/16" x 1" UNC	Soporte Motor	0,18	0,72
1	Perno allen 5/16" x 1 3/4" UNC	Soporte Caja engranes	0,20	0,20
1	Perno hexagonal 5/16" x 1 1/4" UNC	Soporte Caja engranes	0,18	0,18
2	Perno hexagonal 3/8" x 3/4" UNC	Bandeja de Residuos	0,10	0,20
8	Perno 3/8" x 3/4" UNC	Placas laterales	0,08	0,64
1	Perno 1/4" x 1" UNC	Guía para tubo	0,15	0,15
3	Perno prisionero 5/16" x 1/2"	Desplazamiento Posterior	0,75	2,25
6	Perno 1/4" x 1 1/2" UNC	Disco de Centrado	0,20	1,20
6	Perno 3/16" x 1/2" avellanados UNF	Disco	0,05	0,30
6	Perno allen 5/16" x 2 1/4"	Disco y UE	0,65	3,90
2	Perno hexagonal 1/2" x 2 1/4"	Escariador, Cortatubo	0,70	1,40
4	Perno 1/4" x 1/2" UNC	Cubierta Superior	0,35	1,40
4	Arandela de Presión	Soporte Motor	0,08	0,32
8	Arandela Plana	Varios	0,10	0,80
10	Tuerca	Varios	0,35	3,50
			subtotal	<b>19,46</b>

<i>Construcción</i>				
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO</b>	
4	Alquiler de Máquinas	80	320	
4	Alquiler de herramientas	20	80	
4	Mano de obra	50	200	
1	Montaje	100	100	
1	Pruebas y validación	150	150	
			subtotal	<b>850</b>

Fuente: Propia

**Tabla 6.4 Total de costos directos**

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Materiales adquiridos de Catálogo	4173,63
Materiales adquiridos a medio uso	307,19
Para Engranés	222,21
Rodamientos	64,88
Varios	44,08
Barra Perforada 147 M	112,49
Planchas	115,26
Fundición	1776,95
Accesorios	19,46
Construcción	850
	<b>7686,14</b>

Fuente: Propia

### **6.1.2. COSTOS INDIRECTOS**

No forman parte de la máquina directamente, pero fueron necesarios para la elaboración del proyecto en sí.

**Tabla 6.5 Total de costos indirectos**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Energía Eléctrica Construcción	120
Energía Eléctrica Diseño	50
Impresiones	60
Movilización	100
Internet	40
Imprevistos	100
	<b>470</b>

Fuente: Propia

### **6.1.3. COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA ROSCADORA**

Es la suma de los costos directos más los costos indirectos, para conocer el valor total que involucra la realización del proyecto.

**Tabla 6.6 Costo total de la máquina roscadora de tubo**

Descripción	Costo (\$)
Costos Directos	7686,14
Costos Indirectos	470
<b>TOTAL</b>	<b>8156,14</b>

Fuente: Propia

## 6.2. ANÁLISIS FINANCIERO

Se lo realiza para saber si el proyecto es rentable al conocer la inversión del mismo. Se considera como aspecto importante realizar la comparación de la inversión de la máquina con el costo en el mercado de la Roscadora Ridgid<sup>26</sup> 1224 en la cual está basada.

**Tabla 6.7 Beneficio económico de la fabricación**

Descripción	Costo (\$)
Máquina Roscadora Ridgid 1224	11887,24
Roscadora construida	8156,14
<b>beneficio</b>	<b>3731,10</b>

Fuente: Propia

Lo cual representa un ahorro económico del 31,38% en relación a la ofertada en el mercado.

En estos cálculos no se considera que la máquina será alquilada a otras empresas durante su tiempo de para, por lo cual los ingresos serán mayores a los mostrados en el presente análisis.

Mediante el cálculo del valor actual neto y la tasa interna de retorno, se conocerá el tiempo para recuperar la inversión y las ganancias que presentará el uso de la máquina roscadora para Proasin.

Los costos de producción de la máquina para el presente año serán:

<sup>26</sup> La proforma de la Máquina Ridgid 1224 se muestra en el Anexo N

**Tabla 6.8 Costos de producción con la máquina**

Denominación	Costo (\$)	Productividad (unidades)	Valor Unitario
Herramienta de corte	240,54	60	4,01
Mano de obra <sup>27</sup>	8100	4000	2,03
Mantenimiento	800	4000	0,20
Depreciación (10%)	815,61	4000	0,20
Gastos Generales	650	4000	0,16
<i>costo de producción</i>			<b>6,60</b>

Fuente: Propia

### 6.2.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Consiste en encontrar el valor presente de los *flujos netos de efectivo* esperados de una inversión, descontando a una tasa de interés apropiada y, restándole el costo inicial del proyecto.

El VAN toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{Ecuación 7.1}$$

En donde:

BN = Beneficio Neto del flujo del periodo t

Io= Inversión Inicial

n = número de años

i = tasa de descuento (15%)

Se considera una tabla de los gastos de Proasin al alquilar una máquina para realizar la rosca de tubos considerando los últimos tres años:

**Tabla 6.9 Gastos de Proasin en los 3 últimos años<sup>28</sup>**

	Año 2010	Año 2011	Año 2012
Unidades producidas	3100	3400	3700
Valor Unitario	4,50	5,60	6,75
Costo Total	<b>13.950,00</b>	<b>19.040,00</b>	<b>24.975,00</b>

Fuente: Propia

<sup>27</sup> Un operador y un ayudante a 500 y 400 dólares al mes por 9 meses (tiempo promedio del uso de la máquina ya que no trabaja todo el año)

<sup>28</sup> Datos proporcionados por Proasin

Para conocer la proyección de la producción para los próximos 5 años, se prevé un aumento del 10% en el costo de alquiler y el costo de producir y un aumento de 300 unidades por año, como se ha venido dando en los últimos años.

**Tabla 6.10 Proyección de la producción a 5 años**

	<b>Año 2013</b>	<b>Año 2014</b>	<b>Año 2015</b>	<b>Año 2016</b>	<b>Año 2017</b>
<i>Unidades a producir</i>	4000	4300	4600	4900	5200
<i>Costo al alquilar</i>	7,43	8,17	8,98	9,88	10,87
<i>Costo al producir</i>	6,60	7,26	7,99	8,78	9,66
<i>Diferencia</i>	0,82	0,91	1,00	1,10	1,21
<b>Ingreso / año</b>	<b>3298,45</b>	<b>3900,42</b>	<b>4589,79</b>	<b>5378,04</b>	<b>6278,04</b>

<b>VAN</b>	\$ 11.505,44
------------	--------------

Fuente: Propia

Al ser el VAN mayor al valor de inversión, el proyecto producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida.

La inversión será recuperada a mediados del tercer año.

### 6.2.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno es la evaluación del proyecto en función de una tasa única de rendimiento por periodo, es decir es el cálculo del VAN igualado a cero.

$$\sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \quad \text{Ecuación 7.2}$$

La tasa calculada debe ser mayor que la tasa de descuento (15%), para considerar que el proyecto es rentable.

**Tabla 6.11 Cálculo de la tasa interna de retorno**

<b>Año</b>	<b>Inversión</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<i>Ingreso / año</i>		3298,45	3900,42	4589,79	5378,04	6278,04	
	-8156,14	2310,57	1913,95	1577,69	1294,98	1058,95	<b>0,00</b>

<b>TIR</b>	0,427546
------------	----------

Fuente: Propia

La tasa interna de retorno es mayor que la tasa de descuento, lo que demuestra que el proyecto es rentable.



# CAPÍTULO 7

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó una máquina roscadora para tubos desde un cuarto hasta cuatro pulgadas de diámetro para Proasin aplicando un diseño efectivo y cumpliendo con las expectativas económicas.
- Se describió de manera general las roscas y se realizó un estudio más amplio sobre las roscas NPT, estableciendo su aplicación para el roscado mediante la máquina.
- Mediante un análisis de decisión, se seleccionó de entre varias opciones a la que constituiría la alternativa óptima en cada ítem, éstas fueron verificadas y aplicadas.
- Basándose en las normas que se aplican para cada caso, se realizó el diseño mecánico de todas las partes a fabricar y seleccionar aquellas que se adquirieron mediante catálogo.
- Respaldándose en el diseño realizado, se fabricaron determinadas partes, posterior a un análisis de costos, se adquirió otras a medio uso en excelente estado, finalmente se compraron mediante catálogo las propuestas y al contar con todos los elementos se ensambló la máquina, luego de lo cual fue puesta en marcha para efectuar las pruebas respectivas que garanticen un adecuado desempeño, así como un correcto maquinado de la tubería.
- La potencia requerida del motor tiene relación directa con el número de cuchillas de corte que posee el cabezal, la máquina tiene 4 cuchillas, mientras más cuchillas existan más potencia se exigirá del motor.
- El número de revoluciones que se selecciona para la operación de la máquina no altera la forma de la rosca, podría afectar la calidad de la misma y el esfuerzo de la máquina en general, aparte de lo que se especifica, puede tomarse como criterio la dureza del tubo a roscar, es decir si el material es duro tomar el menor número de rpm y viceversa.

- Para ejecutar este proyecto ha sido necesario aplicar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la formación universitaria, requiriendo mayormente los relacionados al Diseño de Elementos de Máquinas, Procesos de Manufactura, Dibujo Mecánico, Ingeniería en Mantenimiento y Mecánica de Materiales.
- Se logró justificar la viabilidad del presente proyecto mediante el análisis económico.
- Ya con la máquina en marcha y sin novedades en su desempeño se demostró que el proyecto cumplió con los objetivos planteados tanto en la parte operativa como financiera.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

- Para la realización de proyectos en los cuales se aplica construcción, resulta fundamental un detallado cálculo y proyección de los recursos económicos que se requerirán, incluyendo un fondo para imprevistos a fin de llegar a la exitosa consecución de los objetivos.
- En el proyecto, de la mano del diseño, puede resultar importante realizar esbozos que ayuden a conceptualizar de mejor manera las ideas.
- Para la adquisición de elementos, accesorios así como contratación de mano de obra, es fundamental tener varias opciones y proformas, sobre todo cuando la parte económica es parte de los objetivos que se persigue.
- En la aplicación de normas cerciorarse de aplicar la última versión de cada una de ellas así como de remitirse a la que corresponde dependiendo del servicio para el cual se diseña.
- Aplicar un diseño confiable, sin exceder en los factores ya que estos incrementan costos y podrían aumentar dimensiones y peso al conjunto pero siempre tomando en cuenta las condiciones más críticas a las cuales podrían someterse los elementos.

- Verificar el correcto acople de todos los elementos a fin de conseguir un buen desempeño del conjunto y eliminar la posible existencia de fallas como vibraciones excesivas o errores de maquinado que perjudiquen las tolerancias.
- Realizar todas las pruebas necesarias para ratificar lo planteado en el diseño en lo referente al desempeño mecánico y eléctrico de la máquina; además de comprobar que el producto (rosca) se encuentre dentro de las tolerancias que la norma estipula.
- Implementar un sistema de seguridad a fin de preservar la salud del operario, sin escatimar en ello, así como asegurarse de que sea fácil de aplicar.
- Respetar las indicaciones que se dan en los diferentes manuales, ya que se los ha elaborado tomando en cuenta varios aspectos que buscan el buen uso de la roscadora y un mantenimiento adecuado para que esta cumpla su vida útil de una manera óptima.

## REFERENCIAS

### BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] Budynas, R. y Nisbett, J.K. (2006) *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill.
- [2] Casillas, A.L. (1986). *Máquinas cálculos de taller*. Madrid: Ediciones Máquinas.
- [3] Deutschman, A.D., Michels, W., Wilson C. (1991). *Diseño de máquinas: teoría y práctica*. (1a. ed.). México: Editorial Continental.
- [4] Doyle, L.E., Keyser, C.A., Leach, J.L., Schrader, G.F. y Singer, M.B. (1988). *Materiales y procesos de manufactura para ingenieros*. México: Prentice Hall Hispanoamericana
- [5] Gerling, H. (2006). *Alrededor de las máquinas- herramienta*. Editorial Reverte.
- [6] Juvinal, R. (1996). *Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica*. Editorial Limusa.
- [7] Marks, L.S. (1967). *Manual del ingeniero mecánico de Marks*. México.
- [8] Mott, R.L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.
- [9] Norton, R. (1999) *Diseño de máquinas*. México: Pearson Educación.
- [10] Zeleny, J.R. y González C. (1998). *Metrología dimensional*. México: McGraw-Hill.

### PUBLICACIONES NO PERIÓDICAS:

- [1] Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1989). *Código de dibujo técnico mecánico CPE INEN 003:89*. Ecuador.
- [2] Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1976). *Roscas Definiciones y simbología INEN 137 1976-03*. Ecuador.

- [3] Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1976). *Sistema ISO de tolerancias y ajustes definiciones, tolerancias y desviaciones fundamentales INEN 59 1976-06*. Ecuador.
- [4] Ridgid. (2005). Catálogo: Máquina roscadora No. 1224 de tubos y pernos. Elyria, Ohio: Ridge Tool Company

#### **DIRECCIONES INTERNET:**

- [1] *Clasificación de las roscas*. (agosto 2011). [en línea].  
<http://es.scribd.com/doc/30143504/Presentacion-Roscas-Tipos-y-Perfil>
- [2] *Definiciones de interés de la rosca*. (diciembre 2010). [en línea].  
<http://www.tosuga.com/index.php?page=info&page3=def>
- [3] *Designación y tipo de roscas de tubería*. (enero 2012). [en línea].  
[http://www.colder.com/Portals/0/Library/Resources/Literature/Catalogs/Documents/international/Spanish\\_NPT.pdf](http://www.colder.com/Portals/0/Library/Resources/Literature/Catalogs/Documents/international/Spanish_NPT.pdf)
- [4] *Diferencia entre una máquina para roscar y la roscadora común*. (diciembre 2011). [en línea]. <http://scienceshareware.com/articles/threads/machine-threads-and-standard-thread.htm>
- [5] *Elementos de sujeción, anclaje y cierre*. (noviembre 2011). [en línea].  
<http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/materias/elementosdemaquinas/cap04-02.pdf>
- [6] *Estándares y especificaciones*. (marzo 2012). [en línea].  
[http://www.pipelinesupply.com/tablecalculators/Standards\\_and\\_Specifications.pdf](http://www.pipelinesupply.com/tablecalculators/Standards_and_Specifications.pdf)
- [7] *Expresión Gráfica en la Ingeniería*. (julio 2012). [en línea].  
<http://ocw.upm.es/expresion-grafica-en-la-ingenieria/ingenieria-grafica-metodologias-de-diseno-para-proyectos>
- [8] *Guía de referencia de rodamientos y transmisiones por Banda*. (mayo 2012). [en línea]. [www.emersonindustrial.com](http://www.emersonindustrial.com)
- [9] *Herramientas profesionales*. (noviembre 2012). [en línea].  
<http://www.ridgid.com/>

- [10] *Las máquinas eléctricas*. (febrero 2012). [en línea].  
<http://maquinasmayab.blogspot.com/2008/08/materiales-utilizados-en-mquinas.html>
- [11] *Los orígenes del roscado*. (agosto 2012). [en línea].  
<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/11297-A-vueltas-con-el-roscado.html>
- [12] *Normas en función de los hilos de paso por pulgada*. (abril 2007). [en línea].  
<http://www.bluemaster.es/uploads/descargas/Machos1.pdf>
- [13] *Racor americano cónico según ANSI/ASME B 1.20.1 – 1983*. (marzo 2012). [en línea]. <http://www.pressol.com> [4] *Roscas*. (noviembre 2012). [en línea]. <http://www.taringa.net/posts/info/4554772/Roscas.html>
- [14] *Roscas*. (noviembre 2012). [en línea].  
<http://www.egamaster.com/es/tornillos-tuercas-y-roscas/roscas.html>
- [15] *Rosca NPT: Dimensiones según ANSI / ASME B1.20.1*. (febrero 2011). [en línea]. [http://www.engineeringtoolbox.com/npt-national-pipe-taper-threads-d\\_750.html](http://www.engineeringtoolbox.com/npt-national-pipe-taper-threads-d_750.html)
- [16] *Rosca redonda*. (julio 2007). [en línea].  
<http://www.tenaris.com/shared/documents/files/cb290.pdf>
- [17] *Selección de la categoría de mantenimiento*. (octubre 2010). [en línea].  
<http://www.mantenimientomundial.com>
- [18] *Tabla de roscas NPT*. (julio 2012). [en línea].  
<http://es.scribd.com/doc/70704390/Tabla-Rosca-NPT>
- [19] *Tolerancia para dimensiones angulares*. (abril 2011). [en línea].  
[http://www.ramo.se/iso\\_2768\\_english.htm](http://www.ramo.se/iso_2768_english.htm)
- [20] *Transformación del paso de hilos pulgada a milímetros*. (septiembre 2012). [en línea]. <http://www.bluemaster.es>