

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CORTADORA DE FOMIX”**

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

**MARCO SANTIAGO FREIRE SANTOS  
TELMO VINICIO GARCÍA NARVÁEZ**

**DIRECTOR: ING. JAIME VARGAS TIPANTA**

**QUITO, OCTUBRE DEL 2007**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Marco Santiago Freire Santos y Telmo Vinicio García Narváez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

---

Marco Santiago Freire Santos

---

Telmo Vinicio García Narváez

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que bajo nuestra supervisión, el presente proyecto de titulación fue realizado en su totalidad por los señores: MARCO SANTIAGO FREIRE SANTOS y TELMO VINICIO GARCÍA NARVÁEZ

---

Ing. JAIME VARGAS T.  
DIRECTOR DEL PROYECTO

---

Ing. JORGE ESCOBAR  
COLABORADOR

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Madre: Maria de Lourdes y a mi Abuelita: Maruja, porque con su paciencia, ejemplo y amor supieron guiarme durante toda mi vida.

Al Ing. Jaime Vargas T. por su apoyo, ayuda y amistad brindados en el desarrollo del presente proyecto y en el transcurso de mi vida estudiantil.

Al personal docente por haberme entregado las herramientas para el desarrollo de mi vida profesional y a todas las personas que de una u otra manera ayudaron para que este proyecto culmine con éxito.

### **Marco Freire S.**

A Dios por darme salud, sabiduría y paciencia.

Al Ing, Jaime Vargas T. por su incondicional colaboración y acertada dirección.

A mis padres por su constante apoyo durante estos años de formación profesional.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica, por sus conocimientos impartidos.

A todos mis compañeros por brindarme su amistad sincera y depositar en mí su confianza.

### **Telmo V. García N.**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico con amor, respeto y cariño a mí querida madre y abuelita por confiar en mí, darme su apoyo y ser el pilar para culminar esta meta.

A Marco Mathias, mí querido hijo, porque con su dulzura y ocurrencias me dió aliento para alcanzar lo que soñé.

A Doris por su apoyo, compañía y amor.

A toda mi familia en especial a mis tíos Gladys y Fabián, por el cariño y enseñanzas que supieron brindarme.

Finalmente a Dios por querer que esté donde estoy.

### **Marco Freire S.**

Dedico este proyecto a mis padres Estuardo y Ligia, por su amor, cariño, comprensión y ser para mí ejemplo de vida y superación personal. Por permitirme alcanzar mi meta y cumplir uno de mis sueños, al estar ahí cuando más lo he necesitado.

A mis hermanos Eduardo y Andrés por su comprensión, apoyo y cariño.

A mi primo Toñito y mi sobrina Noelia por ser símbolo de ternura en mi corazón.

A todos quienes en forma directa o indirecta colaboraron en el desarrollo de este proyecto.

### **Telmo V. García N.**

## ÍNDICE GENERAL.

CAPITULO I. ....	1
ESTUDIO DEL FOMIX. ....	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL FOMIX. ....	1
1.2 COMPOSICIÓN DEL FOMIX. ....	1
1.3 ESPECIFICACIONES ....	2
1.4 PROPIEDADES ....	2
1.5 POSIBILIDAD DE RECICLAR EL FOMIX. ....	3
1.6 DIMENSIONES ....	4
1.7 APLICACIONES. ....	4
1.8 FABRICACIÓN DEL FOMIX ....	6
1.8.1 PROCESO PRODUCTIVO. ....	6
1.9 PRODUCCIÓN DE PLASTICAUCHO INDUSTRIAL. ....	8
1.9.1 PRINCIPALES COMPETIDORES. ....	9
CAPÍTULO II. ....	10
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO ....	10
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA ....	10
2.2 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES ....	10
2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO ....	11
2.4 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES ....	12
2.5 ESTUDIO DE CAMPO. ....	12
2.5.1 CORTE CON GUILLOTINA. ....	12
2.5.2 CORTE CON CUCHILLAS CIRCULARES ....	13
2.5.3 CORTE CON FILAMENTOS CALIENTES. ....	14
2.6 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS. ....	15
2.6.1 FACTORES A ANALIZAR. ....	15
2.6.2 SISTEMAS A ANALIZAR. ....	17
2.7 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA. ....	21
2.8 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO A CONSTRUIR. ....	22
2.9 PROTOCOLO DE PRUEBAS. ....	25
2.9.1 DIMENSIONES GENERALES ....	26
2.9.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO EN VACÍO. ....	26

2.9.3	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA.....	26
2.9.4	ALINEACIÓN DE CUCHILLAS.....	26
2.9.5	CAPACIDAD DE CORTE.....	26
CAPÍTULO III.....		29
DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA CORTADORA.....		29
3.1	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL.....	29
3.2	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR.....	31
3.3	CÁLCULO DE LA POTENCIA.....	32
3.4	CÁLCULO DE LA FUERZA.....	33
3.5	CORRECCIÓN DE LA POTENCIA.....	35
3.6	DISEÑO DEL TREN DE ENGRANES.....	36
3.6.1	COMPROBACIÓN POR FATIGA DEL SISTEMA DE ENGRANES.....	37
3.6.2	CÁLCULO DE LOS TORQUES EN LOS ENGRANES.....	40
3.7	SELECCIÓN DE CUCHILLAS DE CORTE.....	41
3.8	CÁLCULO DE EJES.....	42
3.8.1	CÁLCULO DEL EJE PORTA CUCHILLAS.....	43
3.8.2	CÁLCULO DEL EJE DEL RODILLO MOTRIZ.....	47
3.8.3	CÁLCULO DEL EJE DE LA MÁQUINA DE CORTE TRANSVERSAL.....	52
3.9	SELECCIÓN DE BANDAS Y POLEAS.....	55
3.9.1	FACTOR DE SERVICIO.....	55
3.9.2	POTENCIA DE DISEÑO.....	56
3.9.3	TIPO DE BANDA Y DIÁMETRO DE LAS POLEAS.....	56
3.9.4	DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE LA BANDA.....	57
3.10	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	58
3.10.1	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE PORTA CUCHILLAS.....	58
3.10.2	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE DE LOS RODILLOS INFERIORES.....	60
3.10.3	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA LOS RODILLOS SUPERIORES.....	62

3.10.4	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EJE SOPORTE DE LA CORTADORA TRANSVERSAL.....	62
3.11	SELECCIÓN DE LA MÁQUINA PARA EL CORTE TRANSVERSAL....	63
3.12	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	63
CAPÍTULO IV.....		66
CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO.....		66
4.1	CONSTRUCCIÓN DE LA CORTADORA.....	66
4.1.1	REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	67
4.1.2	HOJAS DE PROCESOS.....	69
4.2	MONTAJE DE LA CORTADORA.....	69
4.2.1	SISTEMA DE CORTE.....	69
4.2.2	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y EXTRACCIÓN.....	70
4.2.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.....	71
4.2.4	SISTEMA DE CONTROL.....	71
4.2.5	MONTAJE FINAL.....	71
4.3	PRUEBAS DE CAMPO.....	72
4.3.1	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO.....	73
CAPÍTULO V.....		74
COSTOS.....		74
5.1	INTRODUCCIÓN.....	74
5.2	ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.....	75
5.2.1	COSTOS DE MATERIA PRIMA.....	75
5.2.2	COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS Y ADICIONALES... 76	
5.2.3	COSTOS DE MAQUINADO.....	77
5.2.4	COSTOS DE MONTAJE.....	77
5.2.5	COSTO DIRECTO TOTAL.....	78
5.3	ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.....	79
5.3.1	COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS.....	79
5.3.2	COSTOS DE INGENIERÍA.....	79
5.3.3	COSTOS IMPREVISTOS.....	81
5.3.4	COSTO TOTAL INDIRECTO.....	81
5.4	COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.....	82

CAPITULO VI.....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
6.1 CONCLUSIONES.....	84
6.2 RECOMENDACIONES.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXOS.....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1.1 Aplicaciones del fomix. ....	5
Fig. 1.2 Proceso productivo del fomix. ....	6
Fig. 1.3 Dimensiones de un subensamble .....	7
Fig. 2.1 Guillotina manual. ....	13
Fig. 2.2 Fomix cortado con guillotina manual.....	13
Fig. 2.3 Cortadora de Tela. ....	14
Fig. 2.4 Fomix cortado con el uso de una cortadora de tela. ....	14
Fig. 2.5 Corte por medio de filamentos caliente.....	15
Fig. 2.6 Esquema de la cortadora de fomix. ....	25
Fig. 3.1 Dimensiones de formatos a cortar .....	29
Fig. 3.2 Rodillo vulcanizado. ....	32
Fig. 3.3 Diagrama de fuerzas.....	33
Fig. 3.4 Esquema de sistema de engranes.....	40
Fig. 3.5 Cuchilla Circular.....	42
Fig. 3.6 Esquema del eje porta cuchillas con sus cargas y soportes.....	45
Fig. 3.7 Diagrama de fuerza cortante del eje porta cuchillas .....	45
Fig. 3.8 Diagrama de momento flector (Suma) del eje porta cuchillas.....	46
Fig. 3.9 Diagrama de la forma optima del eje porta cuchillas .....	46
Fig. 3.10 Esquema del eje rodillo motriz con sus cargas y soportes. ....	49
Fig. 3.11. Diagrama de fuerza cortante del eje del rodillo motriz. ....	50
Fig. 3.12 Diagrama de momento flector (Plano XY) del eje del rodillo motriz. ....	50
Fig. 3.13 Diagrama de la forma optima del eje del rodillo motriz. ....	50
Fig. 3.14 Esquema del eje de la máquina de corte transversal con sus cargas.....	54
Fig. 3.15 Diagrama de fuerza cortante del eje de máquina de corte transversal.....	54
Fig. 3.16 Diagrama de momento flector (Plano XY) del eje de máquina de corte transversal.....	55
Fig. 3.17 Diagrama de la forma optima del eje de máquina de corte transversal.....	55
Fig. 3.18 Máquina modificada para corte transversal. ....	63

Fig. 3.19 Circuito de fuerza.....	64
Fig. 3.20 Diagrama de control de la cortadora.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Propiedades del fomix .....	2
Tabla 1.2 Consumo de energía .....	3
Tabla 1.3 Dimensiones Comerciales del Fomix.....	4
Tabla 1.4 Producción de Fomix. ....	8
Tabla 2.1 Alternativas de Sistema de Corte.....	17
Tabla 2.2 Alternativas de Sistema de Transmisión de Potencia.....	18
Tabla 2.3 Alternativas de Sistema de Alimentación y Extracción .....	19
Tabla 2.4 Alternativas de Sistema de Control.....	20
Tabla 2.5. Formato del protocolo de pruebas. ....	27
Tabla 3.1 Resultados del Cálculo de Engranés.....	36
Tabla 3.2 Propiedades de material (Acero): .....	42
Tabla 3.3 Fuerzas que actúan en el eje porta cuchillas.....	43
Tabla 3.4. Cargas sobre el eje porta cuchillas .....	43
Tabla 3.5. Reacciones en los soportes del eje porta cuchillas.....	44
Tabla 3.6 Resultados del eje porta cuchillas.....	44
Tabla 3.7 Fuerzas que actúan en el eje del rodillo motriz.....	47
Tabla 3.8 Cargas en el eje de rodillo motriz.....	48
Tabla 3.9. Reacciones en los soportes del eje del rodillo motriz .....	48
Tabla 3.10. Resultados del eje del rodillo motriz. ....	49
Tabla 3.11 Fuerzas que actúan en el eje de la máquina de corte transversal.....	52
Tabla 3.12 Cargas en el eje de la máquina de corte transversal.....	52
Tabla 3.13. Reacciones en los soportes del eje de la máquina de corte transversal.....	53
Tabla 3.14. Resultados del eje de la máquina de corte transversal.....	53
Tabla 3.15 Cargas del eje porta cuchillas.....	58
Tabla 3.16 Cargas del eje de los rodillos inferiores. ....	60
Tabla 5.1 Costos de materias primas .....	75
Tabla 5.2 Costos de elementos normalizados .....	76
Tabla 5.3 Costos de maquinado .....	77
Tabla 5.4 Costos de montaje .....	78

Tabla 5.5 Costos Directo Total .....	78
Tabla 5.6 Costos de materiales Indirectos.....	79
Tabla 5.7 Tareas y tiempo utilizados en ingeniería.....	80
Tabla 5.8 Costos imprevistos.....	81
Tabla 5.9 Costos Total Indirecto .....	81
Tabla 5.10 Costo Total de la máquina .....	82

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1 Pruebas de Campo.

ANEXO 2 Catalogo de Rodamientos.

ANEXO 3 Hojas de Procesos.

ANEXO 4 Fotos de la Construcción de la Máquina.

ANEXO 5 Manuales de Equipos Utilizados.

ANEXO 6 Planos.

## **RESUMEN**

El presente proyecto de titulación surge de la imposibilidad de cortar fomix a tamaños de formatos INEN A4 de una manera rápida y sencilla, haciendo que esta labor sea fácil para las personas dedicadas a esta actividad. Puesto que, actualmente lo realizan de forma manual con el uso de guillotinas y empleando gran cantidad de operarios.

Por tales razones se decide diseñar y construir un prototipo de cortadora que permita realizar esta actividad de manera semiautomática y con el empleo mínimo de operarios.

El primer capítulo abarca un estudio generalizado del fomix con énfasis en: composición, propiedades, fabricación, proceso productivo.

El segundo capítulo comprende la determinación de las posibles alternativas del prototipo, así como, sus parámetros de diseño y funcionales, la selección de la alternativa mas viable.

El capítulo tres contempla el diseño de los elementos mecánicos constitutivos del prototipo, la selección de elementos normalizados y el dimensionamiento general de la cortadora.

En el cuarto capítulo se presenta la construcción de la máquina con sus respectivas hojas de procesos, además de los planos respectivos, el pertinente proceso de montaje y los resultados de la pruebas de campo.

El capítulo cinco contiene el análisis de costos relacionados con el diseño y construcción de la cortadora de Fomix.

Finalmente en el sexto y último capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones que se debe tener en cuenta para el correcto funcionamiento del prototipo.

## **PRESENTACIÓN**

El presente proyecto contempla, el diseño y construcción de una cortadora de fomix, para obtener formatos INEN A4 a partir de planchas cuyas dimensiones comerciales son 1200mm x 860mm.

En la actualidad, la industria ecuatoriana que está dedicada a procesar y comercializar este tipo de material no cuenta con un equipo capaz de mejorar el proceso, para proporcionar grandes cantidades de producto terminado en el menor tiempo posible, puesto que, actualmente esto se lo realiza de forma manual, existiendo desperdicio de materia prima, defectos en el producto terminado y elevado tiempo de producción. Este proyecto pretende resolver este problema.

En el desarrollo del trabajo se presenta un estudio de alternativas de diseño de acuerdo a los diferentes sistemas que conforman la máquina, seguido de la selección de la alternativa más viable de acuerdo a ciertos factores analizados.

El diseño de la máquina contempla, el dimensionamiento de los elementos mecánicos, sistema de control, sistema de transmisión de potencia y sistema de corte y selección de elementos normalizados.

Cabe indicar que esta máquina facilitará el proceso de corte, puesto que presenta un sistema innovador que optimiza el tiempo de producción y a la vez exige menos esfuerzo humano.

## **CAPITULO I.**

### **ESTUDIO DEL FOMIX.**

#### **DESCRIPCIÓN DEL FOMIX.**

Se conoce como FOMIX, al Etileno Acetato de Vinilo o simplemente llamado EVA por sus siglas en inglés (Ethylene Vinyl Acetate). También es conocido por su nombre comercial en inglés, "foamy" ("espumoso"), que es el nombre utilizado en más de 30 países. La goma EVA es un material que combina con cualquier accesorio o producto de aplicación directa o superpuesta.<sup>1</sup>

El Fomix es un material con muy altas prestaciones debido a su variedad en densidad, dureza, espesores, tamaños, presentaciones y color, lo que lleva a su utilización en diversos sectores tanto industriales, comerciales y de entretenimiento.

Todas las planchas se encuentran con presentación lijada por las dos caras para mantener uniformidad en el espesor y mejores características de pegado.<sup>2</sup>

#### **COMPOSICIÓN DEL FOMIX**

El fomix o Goma de EVA, es un Copolímero del etileno y acetato de vinilo con 30% a 50% del acetato y posee propiedades elastoméricas.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> [www.wikipedia.org/wiki/Termoplastico](http://www.wikipedia.org/wiki/Termoplastico)

<sup>2</sup> [www.karey.es/id](http://www.karey.es/id)

<sup>3</sup> [www.wikipedia.org/wiki/Termoplastico](http://www.wikipedia.org/wiki/Termoplastico)

## **ESPECIFICACIONES**

Las especificaciones requeridas a la hora de definir una plancha de Fomix son:

- Formulación específica si es requerida, dependiendo de su utilización.
- Dureza medida en grados SHORE °A.
- Espesor medido en milímetros (mm) siendo el espesor mínimo 2mm.
- Presentación de la superficie de la plancha.
- Color.
- La dimensión de la plancha.

## **PROPIEDADES**

La **Tabla 1.1** informa sobre las características físicas del fomix (Goma de EVA) y de su capacidad de resistencia durante corto tiempo frente a diferentes productos químicos y fluidos.

**Tabla 1.1 Propiedades del fomix**

PROPIEDAD	DESIGNACIÓN
Aspecto	Sólido
Color	Variado
Olor	Débil a amoniaco
Densidad	9,4 Kg/m <sup>3</sup>
Dureza	5-60 Shore A°:
Elongación a la ruptura	750%
Resistencia a la tracción	19 MPa
Modulo de elasticidad	0,07 GPa
Absorción de agua (24Horas. 20 °C)	0,10%
Punto de inflamación	superior a 70 °C
T <sup>a</sup> de fusión:	superior a 100 °C

**Fuente:** [www.espumasesp.com](http://www.espumasesp.com)

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

## POSIBILIDAD DE RECICLAR EL FOMIX

La cantidad de energía consumida para producir las materias primas difiere según el tipo de materia plástica producida. El perfil ecológico define un consumo de energía global característico para la producción de diferentes materias primas, en la práctica este consumo varía según cada fabricante. La energía consumida para transformar las materias primas en productos terminados está en función individual para cada producto y por lo tanto no puede describirse de manera sumaria.

La **Tabla 1.2** se resumen las posibilidades de reutilización así como los resultados de su combustión.

**Tabla 1.2 Consumo de energía**

<b>Consumo de energía en producción típica de materia prima</b>	48.15 MJ/Kg.
<b>Resultado de la combustión en una planta de incineración</b>	Agua (H <sub>2</sub> O), Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )
<b>Posibilidad de reciclaje</b>	Si

**Fuente:** www.espumasesp.com

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

## DIMENSIONES

En el mercado ecuatoriano se pueden encontrar planchas de fomix con dimensiones estandarizadas, las cuales son presentadas en la **Tabla 1.3**.

**Tabla 1.3 Dimensiones Comerciales del Fomix.**

	<b>ANCHO (cm)</b>	<b>LARGO (cm)</b>	<b>ESPESOR</b>
<b>FOMIX</b>	115	120	2mm a 40mm
<b>FOMIX</b>	60	115	2mm a 40mm
<b>FOMIX</b>	21	29,7	2mm a 40mm
<b>FOMIX</b>	90	120	2mm a 40mm
<b>FOMIX</b>	60	120	2mm a 40mm
<b>FOMIX</b>	86	120	2mm a 40mm
<b>FOMIX</b>	120	230	2mm a 40mm
<b>FOMIX</b>	120	270	2mm a 40mm

**Fuente:** Plasticaucho Industrial

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

## APLICACIONES.

El fomix o goma de E.V.A presenta muchas aplicaciones en diferentes campos puesto que, posee ventajas en comparación con otros productos. Además tiene ciertas propiedades únicas que le hacen estar catalogado, actualmente, como uno de los materiales con más demanda en el sector educativo y del calzado.

Por ser un material ultra-liviano, el fomix se utiliza para diseños y trabajos escolares, escenografía de teatros, manualidades didácticas y creativas, parques infantiles, terapia ocupacional para la 3ra edad. Es termoformable, lavable, no tiene bordes filosos, no es tóxico, y se puede pintar con cualquier tipo de pintura conocida.<sup>4</sup>



**Fig. 1.1** Aplicaciones del fomix.

---

<sup>4</sup> [www.espumasesp.com](http://www.espumasesp.com)

## FABRICACIÓN DEL FOMIX

### PROCESO PRODUCTIVO.<sup>5</sup>

El proceso productivo del fomix consiste en una serie de procesos secuenciales los cuales se observan en la **Figura 1.2**.

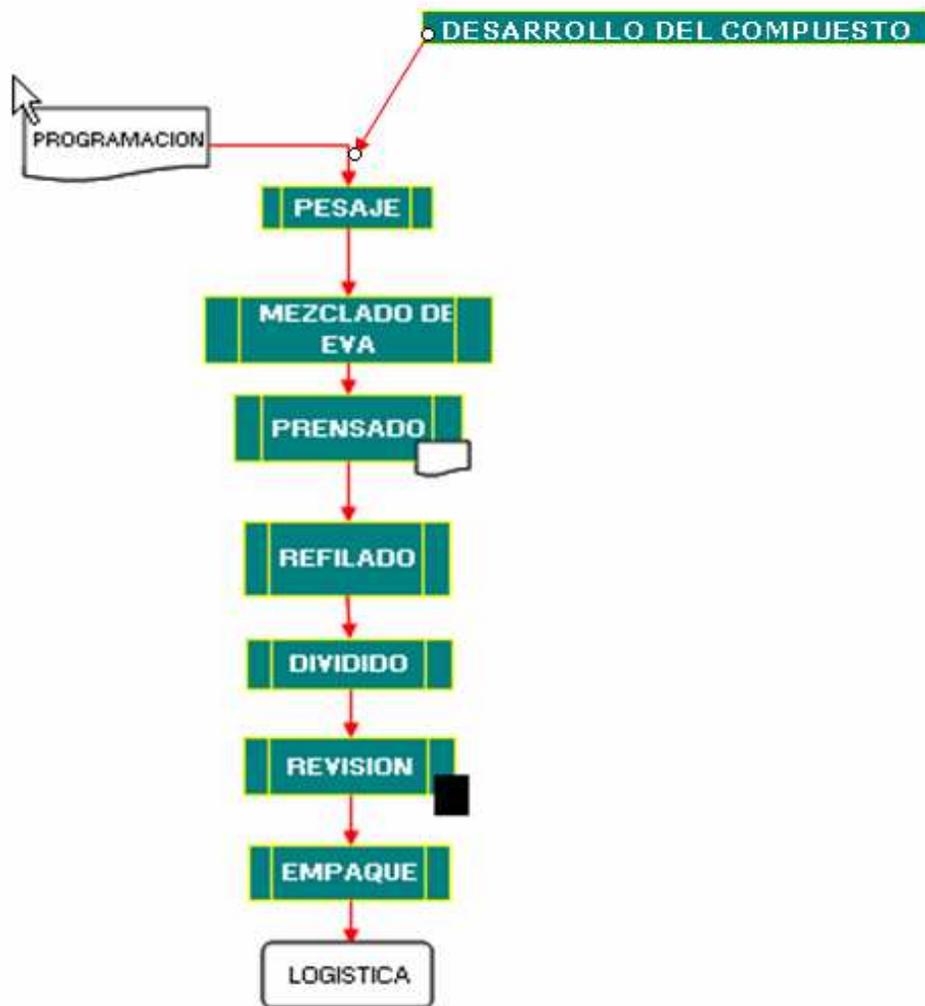


Fig. 1.2 Proceso productivo del fomix.

<sup>5</sup> Plasticaucho industrial.

## **ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.**

### **DESARROLLO DEL COMPUESTO.**

Es la etapa con la cual se inicia el proceso de producción. Aquí existe un fundamento químico, en donde se genera una receta o fórmula, se determinan las cantidades necesarias de cada componente según requerimientos comerciales.

### **PESAJE.**

Proceso en el cual se pesan los componentes de la receta en sus proporciones exactas para el tipo de fomix a producir.

### **MEZCLADO DE EVA.**

Proceso en el cual se mezclan los componentes que conforman la goma de EVA o fomix. Consta de 4 etapas internas o subprocesos que son: Mezclado, Molinado, Calandrado y Enfriamiento.

### **PRENSADO.**

Proceso en el cual se prensa la mezcla para obtener un subensamble. En esta etapa las planchas de fomix salen a las siguientes medidas.



**Fig. 1.3 Dimensiones de un subensamble**

Las organizaciones que producen FOMIX definen el tamaño del subensamble de acuerdo a las necesidades de su entorno comercial.

#### **REFILADO.**

Proceso en el cual se retira el excedente del subensamble denominado rebaba, puesto que, después del prensado las planchas de fomix salen con ciertas imperfecciones

#### **DIVIDIDO.**

Proceso en el cual se divide la plancha proveniente del subensamble original de 40mm a las dimensiones solicitadas por el cliente o de acuerdo a las especificaciones necesarias para el mercado.

#### **REVISIÓN.**

Etapa en la que se distingue el producto de primera clase sin fallas (primeras) y el producto con imperfecciones (segundas) según un criterio de aceptación de calidad de carácter interno.

#### **EMPAQUE.**

Etapa en la cual se empaca el Fomix en fundas y/o cartones de acuerdo a requerimientos comerciales.

#### **PRODUCCIÓN DE PLASTICAUCHO INDUSTRIAL.**

En la **Tabla 1.4** de detalla la producción que tiene la empresa Plasticaucho Industrial.

**Tabla 1.4 Producción de Fomix.**

<b>PRODUCCIÓN PLASTICAUCHO</b>			
<b>PRODUCCIÓN DE SUBENSAMBLE DE 40MM</b>			
<b>FOMIX</b>	Turno 8 Horas	Día	Mes
	130	390	8580
<b>PRODUCCIÓN DE PRODUCTO TERMINADO EN 2MM</b>			
<b>FOMIX</b>	Turno 8 Horas	Día	Mes
	3500	10500	231000

**Fuente:** Plasticaucho Industrial

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

### **PRINCIPALES COMPETIDORES.**

Entre los principales países competidores que tiene la empresa son:

- China
- Brasil
- Argentina.
- España.
- México

De los cuales China ocupa actualmente el 60% del mercado mundial.

## CAPÍTULO II.

### ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

#### 2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El presente proyecto contempla, el diseño y construcción de una cortadora de fomix, para obtener formatos INEN A4 a partir de planchas cuyas dimensiones comerciales son 1200mm x 860mm. La industria ecuatoriana dedicada a procesar y comercializar este tipo de material no cuenta con un equipo capaz de proporcionar grandes cantidades de producto terminado, en el menor tiempo posible. Puesto que actualmente, esto se lo realiza de forma manual, existiendo desperdicio de materia prima, defectos en el producto terminado y elevado tiempo de producción.

#### 2.2 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

Se debe tomar en cuenta factores que impiden que un diseño sea óptimo con relación a otro, y estos son:

**ECONÓMICO - FINANCIERAS:** debido a la situación actual del mercado nacional surge una gran problemática al momento de diseñar y construir la cortadora de fomix, esta no debe exceder los costos de producción. En la actualidad esto se lo realiza de forma manual, lo que implica gastos operativos elevados.

**FÍSICAS:** las limitaciones físicas que se tiene para la ubicación de la cortadora corresponden al espacio en el cual va a operar, por lo que, sus dimensiones deben ser menores al espacio disponible para facilitar su operación y mantenimiento.

**HUMANAS:** el grado de dificultad de operación de la cortadora requiere un operario que tenga conocimientos básicos de manejo de maquinaria industrial.

**AMBIENTE DE TRABAJO:** El lugar de trabajo debe ser un espacio cubierto a temperatura ambiente y sin exceso de humedad, para evitar la corrosión de partes constitutivas de la máquina y humedad de la materia prima utilizada. Además para mejorar las condiciones ergonómicas del trabajador, incentivando la producción a gran escala.

## 2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para determinar los parámetros de diseño se parte de los requerimientos entregados por un microempresario de este tipo de material en el país.

Por lo tanto los parámetros de diseño para la cortadora de fomix son los siguientes:

1. Capacidad de diseño de 1500 formatos A4/hora.
2. La longitud de corte máxima es de 1200mm, considerando que el mercado nacional se encuentra formatos cuyas dimensiones varían según la **Tabla 1.3**
3. El espesor máximo de corte es 12mm considerando que cortará seis pliegos a la vez, con un espesor de 2mm cada uno.
4. El costo de la cortadora no debe exceder los 4.300 dólares.

## **2.4 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES**

Para satisfacer los requerimientos funcionales se pretende diseñar y construir una máquina que cumpla a cabalidad las exigencias para las que fue concebida y estos son:

1. La máquina debe trabajar en forma semiautomática.
2. Debe tener la capacidad de realizar cada ciclo en tres minutos.
3. La cortadora de fomix debe ser de fácil operación, montaje y a su vez el mantenimiento de cada una de las partes pueda realizarse con comodidad y rapidez.
4. La velocidad de corte y alimentación de la cortadora sea variable.
5. No deber ser ruidosa por petición del microempresario.
6. Sus dimensiones no deben exceder los 3000mm de longitud, 2500mm de ancho y 1500mm de altura, por el espacio en el cual va ser ubicada la cortadora.

## **2.5 ESTUDIO DE CAMPO.**

Debido a la ausencia de información sobre los métodos de cortar el Fomix, se hizo un estudio con la finalidad de poder determinar el proceso más apropiado para este propósito, con lo cual se estableció tres métodos principales. Los cuales son presentados a continuación.

### **2.5.1 CORTE CON GUILLOTINA.**

Este tipo de corte se lo realiza de forma manual mediante la utilización de dos cuchillas posicionadas colinealmente en forma de tijeras. La una se encuentra fija en la mesa base y la otra funciona en forma de palanca produciendo el corte. En la **Figura 2.1** se muestra la guillotina manual.



**Fig. 2.1 Guillotina manual.**

Con este método se obtiene defectos en la superficie cortada como son: corte irregular, desgarre del material, corte inclinado, no se puede cortar varios pliegos a la vez, el tiempo de corte es elevado, y además, se requiere mayor esfuerzo humano. Esto se debe a que la mayor fuerza aplicada ocurre al inicio del corte, ocurriendo un desgarre de la parte final a cortar. En la **Figura 2.2** se observa el fomix cortado con guillotina.



**Fig. 2.2 Fomix cortado con guillotina manual.**

## **2.5.2 CORTE CON CUCHILLAS CIRCULARES**

Este tipo de corte se lo realiza con la ayuda de máquinas utilizadas en el área textil. El principio de corte se basa en la rotación de una cuchilla circular cuyo espesor es de aproximadamente un milímetro, acoplada a un motor eléctrico de bajas revoluciones. En la **Figura 2.3**, se observa una cortadora de tela.



**Fig. 2.3 Cortadora de Tela.**

Las superficies obtenidas mediante este método no presentan irregularidades de corte, las superficies cortadas son planas, no existe la presencia de desgarros en el material, se puede cortar varios espesores en una sola pasada, es un método muy versátil y de fácil utilización. En la **Figura 2.4**, se muestra las superficies cortadas con esta máquina.



**Fig. 2.4 Fomix cortado con el uso de una cortadora de tela.**

### **2.5.3 CORTE CON FILAMENTOS CALIENTES**

Este método de corte utiliza finos filamentos metálicos, los cuales son calentados por medio de una resistencia eléctrica variable.

El tipo de corte obtenido presenta muchas irregularidades, no se tiene mucho control del mismo, el fomix por estar sometido al calor se funde presentado rebabas en el producto terminado, a su vez quedan residuos de material en los filamentos los cuales al solidificarse producen cortes sinuosos en la siguiente pasada. En la **Figura 2.5**, se observa las superficies cortadas con este método.



**Fig. 2.5 Corte por medio de filamentos caliente.**

## **2.6 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.**

Para solucionar el problema del corte del Fomix se plantea distintas alternativas las cuales serán analizadas en base a los sistemas constitutivos de las mismas, considerando los parámetros de diseño, funcionales y económicos.

Se analiza cada una de las propuestas con una escala de ponderación de 0 a 10, siendo 0 el mínimo y 10 el máximo tomando en cuenta la seguridad y funcionalidad de cada uno de los sistemas.

### **2.6.1 FACTORES A ANALIZAR.**

#### **2.6.1.1 DURACIÓN O VIDA ÚTIL.**

Este es un factor importante de analizar, ya que, de este depende el régimen de trabajo al cual va a estar sometida la cortadora, su tiempo de duración y el tipo de mantenimiento que se va a aplicar.

#### **2.6.1.2 MANTENIMIENTO.**

De este factor depende la facilidad y el tipo de mantenimiento que se va a realizar a cada sistema, ya sea preventivo, correctivo; involucrando tiempos muertos que pueden ser perjudiciales para la producción.

#### **2.6.1.3 FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.**

Este factor determina la dificultad que se puede presentar al momento de construir un elemento constitutivo del sistema, ya sea, por su geometría, tipo de material empleado, experiencia por parte del fabricante y tiempo de construcción. Lo cual implica un aumento en los costos.

#### **2.6.1.4 FACILIDAD DE MONTAJE.**

La importancia de analizar este factor, es tomar en cuenta el tipo de elementos utilizados para este proceso, así como también, el tiempo del montaje y puesta a punto de la cortadora.

#### **2.6.1.5 CALIBRACIÓN.**

La importancia de este factor parte de la necesidad de que los sistemas o elementos constitutivos de la máquina queden alineados o balanceados al momento de realizar el montaje para evitar posibles fallas o imperfecciones en el producto terminado.

### **2.6.1.6 SEGURIDAD**

Este factor determina el nivel de confiabilidad al momento de operar la máquina, lo cual proporciona la certeza suficiente al operario de que el trabajo a realizar no conlleva a riesgo de accidentes.

### **2.6.1.7 COSTO**

Este es el factor más importante al momento de realizar el diseño puesto que si los costos de construcción, montaje, diseño superan los niveles presupuestados, no se podrá terminar el proyecto. Para lo cual se debe saber escoger los mejores elementos al menor costo y la mayor calidad.

## **2.6.2 SISTEMAS A ANALIZAR.**

### **2.6.2.1 SISTEMA DE CORTE.**

El sistema de corte es el más importante. Este es la base de la cual se parte para diseñar la cortadora de fomix. Se lo analiza en función del estudio de campo, teniendo las siguientes alternativas.

- A.** Sistema de corte con cuchillas rectas.
- B.** Sistema de corte con cuchillas circulares.
- C.** Sistema de corte con filamentos calientes.

En la **Tabla 2.1** se muestra la ponderación del sistema de corte.

**Tabla 2.1 Alternativas de Sistema de Corte**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
---------------------	----------	----------	----------

FACTORES			
DURACIÓN	8	8	6
MANTENIMIENTO	8	9	7
FAC. DE CONSTRUCCIÓN	8	10	7
FAC. DE MONTAJE	8	8	6
CALIBRACIÓN.	7	9	8
SEGURIDAD	6	9	7
COSTO	8	7	9
<b>TOTAL</b>	53	<b>60</b>	50

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

De la **Tabla 2.1**, se concluye que la alternativa B es la seleccionada para este sistema.

#### 2.6.2.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.

El sistema de transmisión de potencia se caracteriza por proporcionar el movimiento motriz a los sistemas de alimentación y corte. Teniendo como posibles alternativas las siguientes:

- A.** Sistema de transmisión por engranes.
- B.** Sistema de transmisión por poleas y bandas.
- C.** Sistema de transmisión por catalinas y cadenas.

En la **Tabla 2.2** se muestra la ponderación del sistema de transmisión de potencia.

**Tabla 2.2 Alternativas de Sistema de Transmisión de Potencia**

ALTERNATIVAS	A	B	C
--------------	---	---	---

FACTORES			
DURACIÓN	9	8	9
MANTENIMIENTO	9	7	8
FAC. DE CONSTRUCCIÓN	9	8	10
FAC. DE MONTAJE	9	7	7
CALIBRACIÓN.	8	6	7
SEGURIDAD	10	7	8
COSTO	6	8	7
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	51	54

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

De la **Tabla 2.2**, se concluye que la alternativa A es la seleccionada para este sistema.

### 2.6.2.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y EXTRACCIÓN

El sistema permite que se ingrese materia prima de manera uniforme, con velocidad controlada y cantidades variables y a su vez, facilite la extracción del material con seguridad.

Las posibles alternativas son:

- Sistema de alimentación por rodillos.
- Sistema de alimentación por bandas transportadoras.

En la **Tabla 2.3**, se muestra la ponderación del sistema de alimentación y extracción.

**Tabla 2.3 Alternativas de Sistema de Alimentación y Extracción**

ALTERNATIVAS	A	B
--------------	---	---

<b>FACTORES</b>		
<b>DURACIÓN</b>	10	9
<b>MANTENIMIENTO</b>	9	8
<b>FAC. DE CONSTRUCCIÓN</b>	8	9
<b>FAC. DE MONTAJE</b>	8	6
<b>CALIBRACIÓN.</b>	9	7
<b>SEGURIDAD</b>	9	9
<b>COSTO</b>	7	8
<b>TOTAL</b>	<b>61</b>	56

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

De la **Tabla 2.3**, se concluye que la alternativa A es la seleccionada para este sistema.

#### **2.6.2.4 SISTEMA DE CONTROL**

Este sistema es el encargado del control global de la maquina, lo cual implica el encendido, la alimentación, el corte, la extracción del producto terminado, también proporciona la seguridad necesaria para la operación de la cortadora.

Los posibles tipos de sistemas de control son:

- Sistema de control semiautomático.
- Sistema de control automático.

En la **Tabla 2.4**, se muestra la ponderación del sistema de control.

**Tabla 2.4 Alternativas de Sistema de Control**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
---------------------	----------	----------

FACTORES		
DURACIÓN	9	9
MANTENIMIENTO	9	7
FAC. DE CONSTRUCCIÓN	9	8
FAC. DE MONTAJE	9	7
CALIBRACIÓN.	8	9
SEGURIDAD	8	9
COSTO	8	6
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	55

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

De la **Tabla 2.4**, se concluye que la alternativa A es la seleccionada para este sistema.

## 2.7 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Partiendo del análisis realizado mediante la ponderación de cada sistema con sus respectivas alternativas, se concluye que, la cortadora estará constituida por los siguientes sistemas principales:

**Sistema de corte.-** para este sistema la mejor alternativa es la utilización de cuchillas circulares, puesto que en el estudio de campo se observa que presenta mayor facilidad al momento de cortar varios pliegos de fomix, así como, no causa imperfecciones en el producto final.

**Sistema de transmisión de potencia.-** la alternativa escogida para este sistema es mediante un tren de engranes, puesto que, este permite un adecuado control del avance de la materia a cortar, se requiere menos tiempo de mantenimiento, evita pérdidas de potencia y aumenta la seguridad al momento de operar la cortadora. Todas son condiciones a las que la cortadora está sometida.

**Sistema de alimentación y extracción.-** la alternativa óptima es la utilización de rodillos, puesto que éste sistema proporciona sujeción del fomix durante la alimentación, corte y descarga.

**Sistema de control.-** la alternativa de control óptima es la que se realiza de forma semiautomática, debido a que esta presenta menor costo, el cual es un factor predominante en la construcción de la cortadora.

## **2.8 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO A CONSTRUIR.**

Luego de seleccionar cada uno de los sistemas que forman parte del prototipo, es importante plantear las características de funcionamiento y su respectiva ubicación dentro del proyecto a diseñarse.

El prototipo está dividido en tres partes principales, cuya finalidad es facilitar el desmontaje y traslado, en caso de transportar la máquina a otro lugar de trabajo.

La primera parte es la mesa de alimentación. Esta es la de mayor longitud, ya que, está destinada a alojar las planchas de fomix. Consta de una estructura rígida, para soportar el peso de la tabla ubicada en su parte superior. Además está dotada de guías de aluminio, las cuales permiten el deslizamiento del fomix hacia los rodillos de alimentación, para así evitar que los cortes salgan sinuosos.

La segunda parte del prototipo es la más importante, ya que en esta se encuentran ubicados los sistemas de corte, transmisión de potencia y de alimentación - descarga. Esta formada por una estructura rígida que sirve de soporte para los sistemas antes mencionados.

El sistema de corte esta dividido en dos: corte longitudinal y corte transversal.

El corte longitudinal está constituido por tres cuchillas circulares con sus respectivos soportes montados sobre un eje, el cual, a su vez está soportado sobre dos chumaceras de piso para facilitar su giro.

El movimiento de la cortadora se lo consigue con la ayuda de un motor ubicado en la parte inferior de la estructura central, éste trasmite la potencia al eje porta cuchillas con la ayuda de una banda y poleas. En este eje va montado el engrane motriz, el cual permite transmitir potencia a los engranes conducidos, montados a su vez, sobre los ejes de los rodillos inferiores de alimentación y descarga.

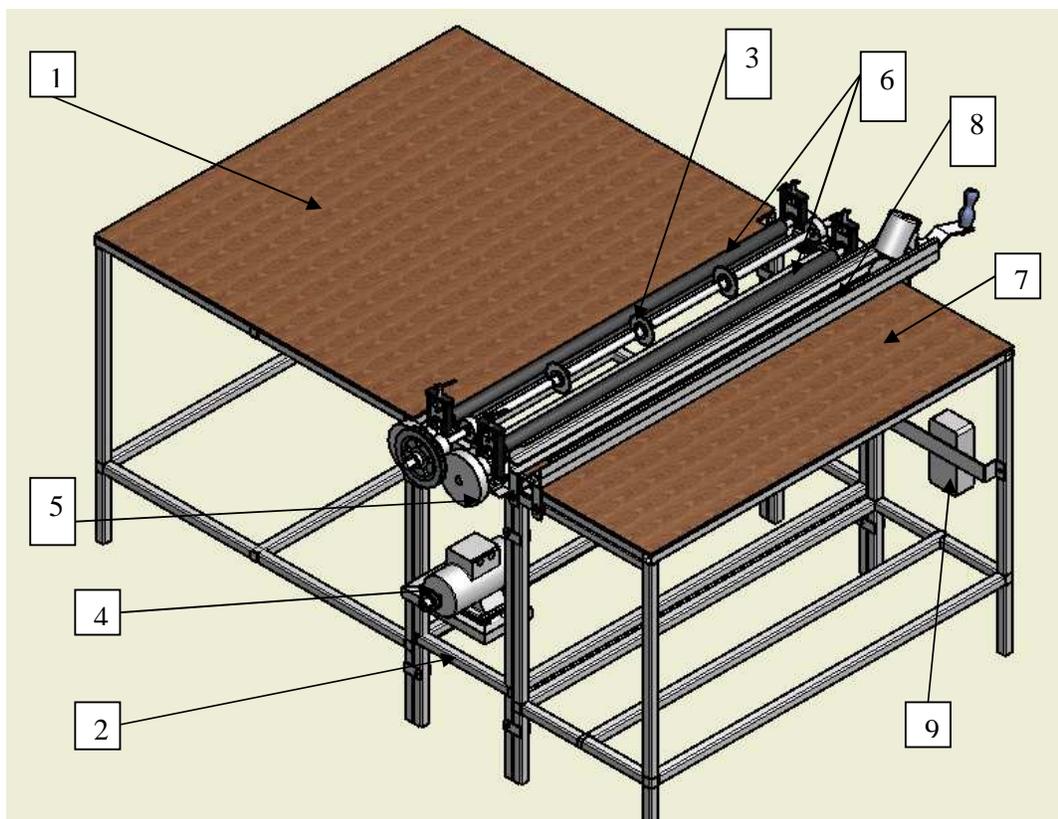
El sistema de alimentación y descarga consta de dos rodillos vulcanizados. Los inferiores son fijos y a la vez motrices. En cambio los superiores tienen como finalidad presionar el fomix a cortar tanto a la entrada como a la salida. Estos constan de un sistema de regulación de altura, lo cual permite fijar el espesor a cortar de una manera rápida, dependiendo del número de pliegos.

La tercera parte de la cortadora es la mesa de descarga. Está formada por una estructura rígida, en la parte superior recubierta con madera, para facilitar el deslizamiento del fomix. Sobre esta se ubica una estructura transversal que permite guiar el dispositivo que realiza los cortes transversales de los formatos A4. Además sirve para descargar el producto terminado.

El sistema de control consta de una caja ubicada en un lado de la estructura. La finalidad es proporcionar un control adecuado y de forma eficiente al operador. Dentro de esta se encuentran dispositivos como son contactores, protecciones y pulsadores. Finalmente la cortadora tiene un dispositivo llamado fin de carrera, cuya finalidad es detener al motor en cuanto el fomix a cortar haga contacto con él, y así, realizar el corte final de los formatos A4. Su ubicación es sobre la mesa de descarga y va a ser variable, para obtener formatos de diferentes medidas.

Con todos los planteamientos anteriormente anotados se presenta a continuación un esquema general del prototipo a construirse. En la **Figura 2.6**, se observa la cortadora de fomix.

1. Mesa de alimentación.
2. Estructura central.
3. Sistema de corte longitudinal (eje, soportes y cuchillas circulares)
4. Motor.
5. Engranajes.
6. Sistema de alimentación y descarga.
7. Mesa de descarga.
8. Sistema de corte transversal.
9. Sistema de control.



**Fig. 2.6 Esquema de la cortadora de fomic.**

## **2.9 PROTOCOLO DE PRUEBAS.**

Una vez que se construya la cortadora de fomic se debe realizar un conjunto de pruebas que permitan verificar su adecuado funcionamiento, para lo cual, se procede a comprobar los siguientes aspectos:

- Dimensiones generales.
- Prueba de funcionamiento en vacío.
- Prueba de funcionamiento con carga.
- Alineamiento de cuchillas.
- Capacidad de corte.
- Velocidad de corte.
- Espesor máximo a cortar.

### **2.9.1 DIMENSIONES GENERALES**

Tomar las mediciones necesarias en el prototipo construido para comparar con las dimensiones de la cortadora diseñada.

### **2.9.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO EN VACÍO**

En esta prueba consiste en verificar que todos los sistemas de la cortadora funcionen de manera adecuada sin estar sometidos a carga.

### **2.9.3 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA**

Esta prueba tiene por objetivo comprobar que los sistemas funcionen de manera óptima y adecuada bajo condiciones extremas de trabajo, es decir, se irá incrementando la materia prima a cortar hasta su capacidad máxima.

### **2.9.4 ALINEACIÓN DE CUCHILLAS.**

En esta tipo de prueba se busca verificar que las cuchillas, que son el elemento indispensable para el proceso de corte, queden totalmente alineadas con respecto al eje motriz y la materia prima a cortar para garantizar que el producto final cumpla con los requerimientos deseados.

### **2.9.5 CAPACIDAD DE CORTE.**

Esta prueba es aquella que se realiza para verificar la capacidad máxima para la cual fue diseñada la cortadora, se basa en el número de formatos A4 cortados en un tiempo determinado.

En la **Tabla 2.5**, se muestra el formato del protocolo de pruebas.

Tabla 2.5. Formato del protocolo de pruebas.

<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>				
<b>CORTADORA DE FOMIX</b>				
EMPRESA		N. VERIFICADOR		
FECHA		NUMERO DE HOJA	1/2	
<b>PRUEBAS A REALIZARSE</b>				
<b>COMPROBACIÓN DE DIMENSIONES GENERALES</b>				
Dimensión a comprobar	Diseño	Prototipo	Aceptación	
			Si	No
Largo Total(mm)				
Ancho Total(mm)				
Altura Total(mm)				
<b>PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO EN VACÍO.</b>				
Funcionamiento Tiempo (min)	Tipo de sistema	Optimo	Pésimo	
5	Corte			
	Trans. de Potencia			
	Alimentación			
	Control.			
15	Corte			
	Trans. de Potencia			
	Alimentación			
	Control.			
30	Corte			
	Trans. de Potencia			
	Alimentación			
	Control.			

<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>			
<b>CORTADORA DE FOMIX</b>			
EMPRESA		N. VERIFICADOR	
FECHA		NUMERO DE HOJA	2/2
<b>PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA</b>			
Funcionamiento Cantidad (pliegos)	Tipo de sistema	Optimo	Pésimo
1	Corte		
	Trans. de Potencia		
	Alimentación		
	Control.		
3	Corte		
	Trans. de Potencia		
	Alimentación		
	Control.		
6	Corte		
	Trans. de Potencia		
	Alimentación		
	Control.		
<b>ALINEACIÓN DE CUCHILLAS</b>			
Número de Cuchilla	Correcta	Incorrecta	
1			
2			
3			
<b>CAPACIDAD DE CORTE</b>			
Tiempo (min)	Número de formatos A4	Cumple	No Cumple
5	125		
15	375		
30	750		
45	1125		
60	1500		
<b>Notas:</b>			

Fuente: Propia

Elaborado: M. Freire, V. García.

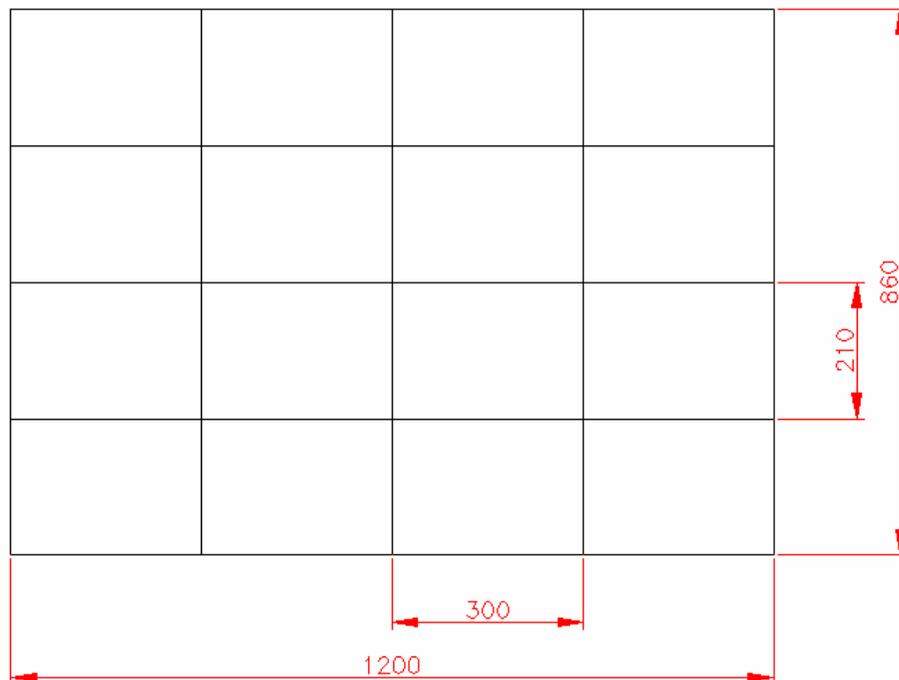
## CAPÍTULO III.

### DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA CORTADORA.

#### 3.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL.

Para la determinar la velocidad lineal se parte de:

- El pliego común a cotar es el que se comercializa con las siguientes dimensiones: 1200mm x 860mm, del cual se puede obtener 16 formatos A4. Como se observa en la **Figura 3.1**.



**Fig. 3.1 Dimensiones de formatos a cortar**

- El espesor de cada pliego a cortar es de 2mm.
- Como requerimiento principal se tiene que la producción tiene que ser de 1500 formatos A4/hora.

Se considera que:

El espesor a cortar en cada ciclo de operación es de 8mm, es decir que en un ciclo se cortarían 4 pliegos que equivale a 64 formatos A4.

El tiempo dedicado a realizar el proceso de corte en cada ciclo se compone de los siguientes subprocesos:

1. Ubicación del fomix en los rodillos de entrada, alineación.
2. Corte longitudinal según dimensiones deseadas.
3. Corte transversal según dimensiones deseadas.
4. Retiro del fomix y empaquetamiento.

Para calcular la velocidad lineal se debe cumplir los parámetros antes mencionados, partiendo de esto se tiene que:

$$\frac{1500 \text{ Formatos A4}}{3600 \text{ seg}} = \frac{64}{x}$$

Despejando x se tiene:

$$x = 153.6 \text{ seg.}$$

Cada ciclo de operación se debe realizar en 153,6seg.

La velocidad se la puede calcular con la siguiente expresión:

$$Velocidad = \frac{espacio}{tiempo} \quad (3.1)$$

Reemplazando los valores en la ecuación 3.1 se tiene:

$$Velocidad = \frac{860 \text{ mm}}{153.6 \text{ seg}} = 5,6 \left( \frac{\text{mm}}{\text{seg}} \right) = 0,0056 \left( \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right)$$

Entonces la mínima velocidad lineal de operación del prototipo es de 5,6mm/seg. Para el diseño se toma un valor de 10mm/seg.

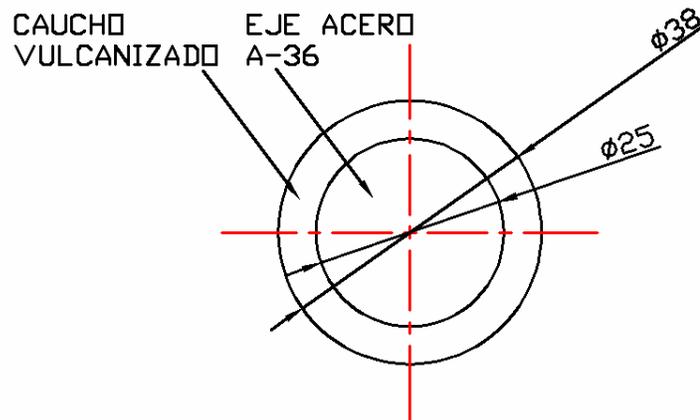
### **3.2 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR.**

#### **Consideraciones:**

Para facilitar la fabricación de sistemas de reducción de velocidad en los motores eléctricos se tiene que, la reducción de velocidad se debe realizar en factores divisibles para la velocidad angular nominal del motor.

En la fabricación del prototipo se usa rodillos vulcanizados los cuales se pueden obtener a menor costo en el mercado en diámetros exteriores de 36, 38 y 40mm.

En la **Figura 3.2** se muestra un esquema del rodillo vulcanizado y sus dimensiones.



**Fig. 3.2 Rodillo vulcanizado.**

Para la determinación de la velocidad angular partimos de la velocidad lineal y el diámetro del rodillo.

$$\omega = 0.01 \left( \frac{m}{s} \right) * \frac{1 rev}{2\pi * 0,019m} * \frac{60s}{1 min} = 5RPM$$

La velocidad angular mínima necesaria para poder cumplir con los requerimientos establecidos es de 5 RPM. Pero por facilidad de construcción se considera una velocidad angular de 60 RPM, puesto que, la velocidad calculada es demasiado baja, lo que dificulta escoger un sistema de reducción de velocidad que satisfaga nuestros requerimientos a bajo costo.

Partiendo de esta consideración, se calcula la nueva velocidad lineal que es de 120mm/seg.

### 3.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA.

Para calcular la potencia se utiliza la siguiente expresión:

$$P = F * v \tag{3.2}^6$$

<sup>6</sup> SINGER, Mecánica para Ingenieros: Dinámica, Harla, Tercera Edición, 1982, pg. 552.

Donde:

P = Potencia (W)

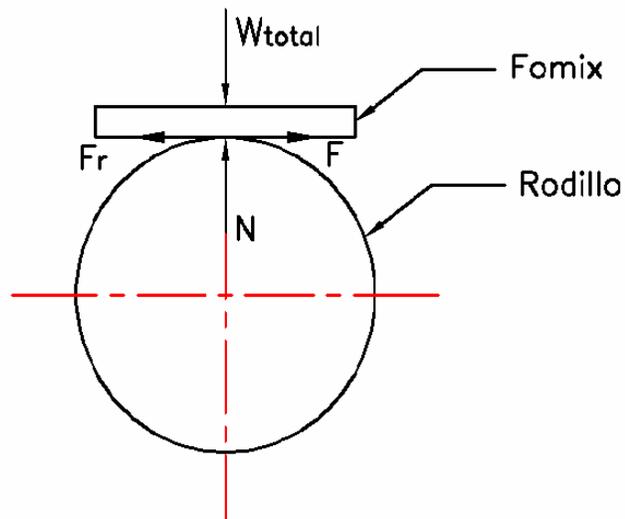
F = Fuerza total (N)

v = Velocidad lineal (m/s).

### 3.4 CÁLCULO DE LA FUERZA.

La fuerza total necesaria se divide en dos: una fuerza para alimentar la materia prima y otra para realizar el corte. De las cuales esta última es despreciable en comparación a la primera, puesto que, el corte se realiza por la acción de alimentar la materia prima y no por la fuerza aplicada por la cuchilla.

En la **Figura 3.3**, se muestra el diagrama de cuerpo libre del rodillo necesario para el cálculo de la fuerza total.



**Fig. 3.3 Diagrama de fuerzas.**

$$\sum F_y = 0$$

$$W_{total} - N = 0$$

$$W_{total} = 0$$

$$W_{total} = W_{rodillos} + W_{fomix}$$

$$W_{rodillos} = W_{caucho} + W_{eje}$$

$$W_{rodillo} = (\rho_{caucho} * V_{caucho}) + (\rho_{acero} * V_{acero})$$

$$W_{rodillo} = (1190kg / m^3 * 0.0043m^3) + (7850kg / m^3 * 0,000456m^3)$$

$$W_{rodillo} = 8,69kg = 85,3N.$$

$$W_{fomix} = \rho_{fomix} * V_{fomix}$$

$$V_{fomix} = 1,2 * 0,86 * 0,002 * 4 = 0,008256m^3.$$

$$W_{fomix} = 9,4kg / m^3 * 0,008256m^3$$

$$W_{fomix} = 0,078kg = 0,77N.$$

$$W_{total} = 85,3 + 0,77$$

$$W_{total} = 86,07N. = N.$$

$$\sum Fx = 0$$

$$F_r = F$$

$$F = \mu * N$$

$$F = 0,9 * 86,07$$

$$F = 77.76N$$

Reemplazando en la ecuación 3.2, se tiene:

$$P = F * v.$$

$$P = 77.76N * 0,12m / s$$

$$P = 9.33W$$

$$P = \frac{9.33}{746} = 0.0125Hp$$

### 3.5 CORRECCIÓN DE LA POTENCIA.

La potencia corregida de la máquina se la determina mediante la siguiente fórmula:

$$P_c = P * fs \quad (3.3)^7$$

Donde:

$P_c$  = Potencia corregida

$P$  = Potencia nominal

$fs$  = factor de seguridad.

Se introduce el factor de seguridad con el fin de garantizar un óptimo funcionamiento de la cortadora, puesto que, durante su operación se presentan pérdidas de potencia por diversos factores.

El valor del factor de seguridad es de 1.5.

Reemplazando los valores de potencia y el factor de seguridad en la ecuación 3.3 se tiene:

$$P_c = 0,0125 * 1,5$$

$$P_c = 0,0185Hp.$$

$$P_c = 13.8 W.$$

---

<sup>7</sup> JUVINALL, R, Fundamentos para Ingeniería Mecánica, Limusa, México, 1997.

Por condiciones de diseño, se considera una potencia de 0,75 Hp. Este valor facilita la utilización de sistemas electrónicos que permiten variar la velocidad sin pérdida de torque, pero con una disminución de potencia. Consideración indispensable para la construcción del prototipo.

### **3.6 DISEÑO DEL TREN DE ENGRANES.**

De acuerdo al funcionamiento de la máquina se requiere de engranes rectos puesto que presentan mayores ventajas como son: Bajo costo, facilidad de construcción.

El tren de engranes está constituido por un engrane motriz y dos conducidos. El diseño se realiza para el engrane motriz con los siguientes datos:

- Potencia: 0,75 Hp.
- Velocidad del engrane motriz: 180 RPM.
- Velocidad del engrane conducido: 60 RPM.
- Número de dientes del engrane motriz:  $Z = 20$  dientes.
- Material ASSAB 709 (AISI/SAE 4140) con un  $S_y = 63$  Kpsi,  $S_{ut} = 90$  Kpsi.

Por efecto de diseño se hace un proceso iterativo hasta encontrar el grupo de engranes adecuado.

En la **Tabla 3.1**, se detallan los cálculos realizados con las formulas obtenidas de: SHIGLEY, Manual de Diseño Mecánico, Tomo III, McGraw-Hill, Tercera Edición, 1989, pg. Capítulo 13.

**Tabla 3.1 Resultados del Cálculo de Engranes.**

RESULTADOS					
Nº. De dientes			20	12	20
Parámetro.	Designación.	Fórmula.			
	Zp.				
Paso diametral	P(dient/pulg)		10	6	8
Diámetro de paso	dp(pulg)	$dp = \frac{Np}{P}$	2	2	3
Velocidad de giro	V(ft/min)	$V = \frac{\pi * dp * n}{12}$	94,25	94,25	117,81
Fuerza tangencial	Wt(lb)	$Wt = \frac{33000 * H}{V}$	262,61	262,61	210,08
Factor de velocidad	Kv		1	1	1
Factor de forma de lewis.	Y		0,30769	0,22960	0,30769
Ancho de cara	F	$F = \frac{Wt * P * n}{Kv * Y * Sy}$	0,54	0,44	0,35
Paso circular	p	$p = \frac{\pi}{P}$	0,31	0,52	0,39
Ancho de cara mínimo.	Fmin.	$F_{min} = 3p$	0,94	1,57	1,18
Ancho de cara máximo	Fmax.	$F_{max} = 5p$	1,57	2,62	1,96

Fuente: Propia

Elaborado: Marco Freire, Vinicio García

Como resultado del análisis realizado se observa que el ancho de cara que más se aproxima al criterio de evaluación  $F_{min} < F < F_{max}$ <sup>8</sup>, es el que se encuentra en la primera columna, pero a la vez no cumple con lo establecido. Por lo que se considera un ancho de cara de 1,18 pulg (30mm) que está dentro del rango. Con este valor se procede a comprobar el engrane a fatiga.

### 3.6.1 COMPROBACIÓN POR FATIGA DEL SISTEMA DE ENGRANES.

<sup>8</sup> SHIGLEY, Manual de Diseño Mecánico, Tomo III, McGraw-Hill, Tercera Edición, 1989, pg.642, 640, 645, 646, 652, 653, 654.

Para este efecto se comienza por determinar ciertos factores necesarios que afectan la resistencia a fatiga.

$$\sigma = \frac{W_t * P}{F * K_v * J} \quad (3.4)^8$$

Factor geométrico de concentración de tensiones:  $J = 0,36532$ .

Con este valor y los de la **Tabla 3.1** se reemplaza en la ecuación 3.4 y se tiene:

$$\sigma = \frac{262.61 * 10}{1,18 * 1 * 0,36532} = 6,1 Kpsi$$

$$S_{ut} = 90 Kpsi$$

$$S_e' = 0,5 S_{ut} = 0,5 * 90 = 45 Kpsi.$$

$$K_a = 0,775$$

$$K_b = 0,972$$

$$K_c = 0,897$$

$$K_d = 1$$

$$K_f = 1,33$$

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_f$$

$$S_e = 40,44 kpsi.$$

Factor de seguridad de los engranes.

$$n_G = \frac{S_e}{\sigma} = \frac{40,44}{6,1} = 6,63 \quad (3.5)^8$$

Factor de diseño ordinario.

$$n = \frac{n_G}{K_a K_m} \geq 2$$

$$K_a = 1,25$$

$$K_m = 1,6$$

(3.6)<sup>8</sup>

Diseño a fatiga de la superficie.

$$S_H = \frac{S_C C_L C_H}{C_T C_R} \quad (3.7)^8$$

$$C_T = 1.1$$

$$C_R = 0,8$$

$$S_C = 64,8Kpsi.$$

$$S_H = 64,8 \frac{1,1}{0,8} = 89,1Kpsi$$

$$m_G = \frac{d_G}{d_p} = 3 \quad (3.8)^8$$

$$S_H = Cp \sqrt{\frac{WtP}{CvFd_p I}} \quad (3.9)^8$$

$$I = 0,12$$

$$Cp = 2300$$

$$Wt_p = \left( \frac{89,1 * 10^3}{2300} \right)^2 * 1,18 * 2 * 0,12$$

$$Wt_p = 465lb$$

Factor de diseño de engranes en fatiga universal.

$$n_G = \frac{Wt_p}{Wt} \quad (3.10)^8$$

$$n_G = \frac{465}{262,61} = 1,77$$

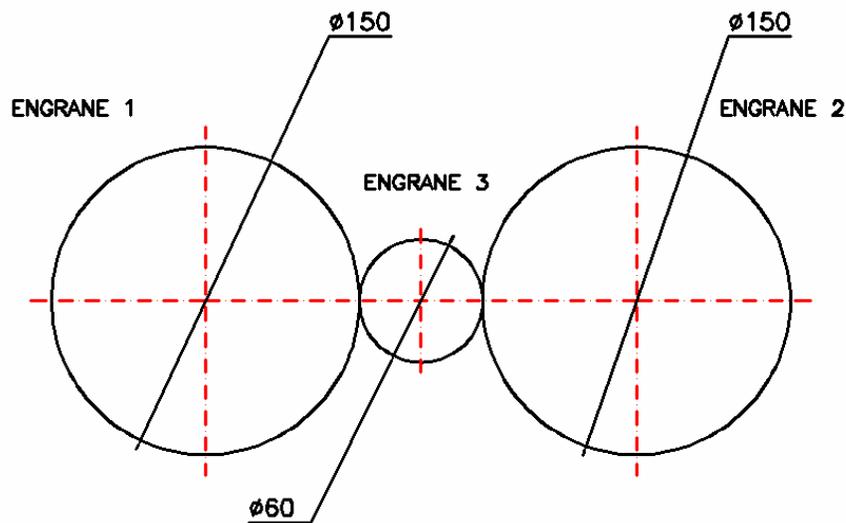
$$n = \frac{n_G}{CoCm}$$

$$n = \frac{1,77}{1,05 * 1,2} = 1,4 > 1$$

Como se puede ver el factor de seguridad es mayor a 1 por lo que el diseño es satisfactorio.

### 3.6.2 CÁLCULO DE LOS TORQUES EN LOS ENGRANES

En la **Figura 3.4**, se muestra un esquema del sistema de reducción por engranes



**Fig. 3.4** Esquema de sistema de engranes

Para los engranes 1 y 2 el torque es el mismo, mientras que para el engrane 3 el torque es diferente

Para el cálculo del torque se utiliza la expresión:

$$T = W_t * R \quad (3.11)$$

Donde:

T= es el torque en el engrane

$W_t$ = es la fuerza tangencia que se aplica en la punta del diente del engrane

$R$ = es el radio del engrane

De la **Tabla 3.1**, se conoce que  $W_t = 262,61 \text{ lb} = 5667,7 \text{ N}$

Ahora reemplazando los valores en la expresión 3.11 y obtenemos los siguientes resultados:

Para el engrane 1 y 2 tenemos:

$$T = 5667,7 * 0,03 = 170,03 \text{ N} - m$$

Para el engrane motriz 3 tenemos:

$$T = 5667,7 * 0,075 = 425,07 \text{ N} - m$$

### **3.7 SELECCIÓN DE CUCHILLAS DE CORTE.**

De acuerdo al estudio de campo realizado en la sección 2.5, se observa que el mejor método de corte es mediante el uso de cuchillas circulares, ya que como principales ventajas se tiene:

- Las superficies cortadas no presentan irregularidades.
- No existe desgarre del materia al momento de cortar.
- Se puede cortar varios espesores de una sola pasada.
- Las cuchillas circulares se las puede obtener sin problema en el mercado nacional, a bajo costo.

Las desventajas del uso de estas cuchillas son:

- El método de afilado de este tipo de cuchillas es complejo.

En la **Figura 3.5**, se muestra una cuchilla de corte circular que se encuentra fácilmente en el mercado y es aplicable al prototipo.



**Fig. 3.5 Cuchilla Circular**

### **3.8 CÁLCULO DE EJES**

Para el cálculo de los ejes se utiliza el paquete informático de diseño AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0. Este necesita como requerimientos de entrada las fuerzas que actúan en los ejes.

Para todos los ejes se usa un material del tipo SAE-1018 con las propiedades que se presentan en la **Tabla 3.2**.

**Tabla 3.2 Propiedades de material (Acero):**

Tipo de Acero	SAE 1018
Sut	440 MPa

<b>Sy</b>	<b>370 MPa</b>
-----------	----------------

**Fuente:** Manual de Diseño Mecánico, Shigley Joseph Edgard.

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

### 3.8.1 CÁLCULO DEL EJE PORTA CUCHILLAS

En la **Tabla 3.3** se muestran las fuerzas que actúan en el eje porta cuchillas.

**Tabla 3.3 Fuerzas que actúan en el eje porta cuchillas**

<b>Elementos</b>	<b>Fuerza [N]</b>
<b>Cuchillas y soportes</b>	1,89
<b>Engrane de <math>\phi 60\text{mm}</math></b>	5,40
<b>Polea de <math>\phi 150\text{mm}</math></b>	15,46

**Fuente:** Propia.

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

A continuación se detallan los resultados obtenidos con el uso del paquete informático de diseño Autodesk Inventor Profesional 11.0

En la **Tabla 3.4**, se observan el resumen de cargas sobre el eje portacuchillas.

**Tabla 3.4. Cargas sobre el eje porta cuchillas**

<b>Número</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Fuerza centrífuga XY (N)</b>	<b>Fuerza centrífuga XZ (N)</b>	<b>Momento flector XY (Nm)</b>	<b>Momento flector XZ (Nm)</b>	<b>Carga continua a XY</b>	<b>Carga continua a XZ</b>	<b>Fuerza axial (N)</b>	<b>Par de torsión (Nm)</b>
---------------	-----------------------	---------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	----------------------------

						(N/mm)	(N/mm)		
1	115	-1,89	-1,89	0	0	0	0	0	0
2	415	-1,89	-1,89	0	0	0	0	0	0
3	715	-1,89	-1,89	0	0	0	0	0	0
4	1015	-1,89	-1,89	0	0	0	0	0	0
5	1315	-1,89	-1,89	0	0	0	0	0	0
6	1450	-5,4	-5,4	0	0	0	0	0	0
7	1520	-15,46	-15,46	0	0	0	0	0	0

**Fuente:** AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

En la **Tabla 3.5**, se detallan las reacciones sobre el mismo eje.

**Tabla 3.5. Reacciones en los soportes del eje porta cuchillas**

Número	Número de elemento	Distancia (mm)	Reacción Fuerza XY (N)	Reacción Fuerza XZ (N)	Reacción Fuerza Suma (N)	Deformabilidad ( $\mu\text{m/N}$ )	Tipo de soporte	Axial
1	1	20	-3,34	-3,34	4,73	0,054	rodamiento de bola de una sola fila	Sí
2	3	1410	-26,96	-26,96	38,13	0,027	rodamiento de bola de una sola fila	No

**Fuente:** AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

Luego de calcular las reacciones se obtiene la tensión y flexión máxima, las cuales se presentan en la **Tabla 3.6**.

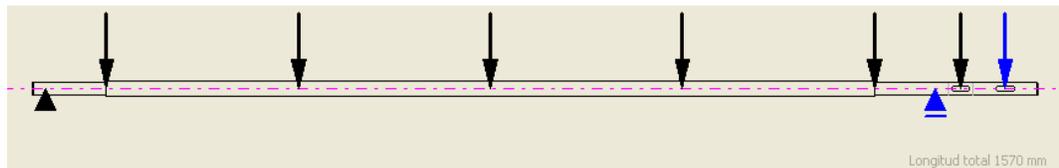
**Tabla 3.6 Resultados del eje porta cuchillas**

Tensión máx.	MPa	3,5
Flexión máx.	$\mu\text{m}$	175,95

Fuente: AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

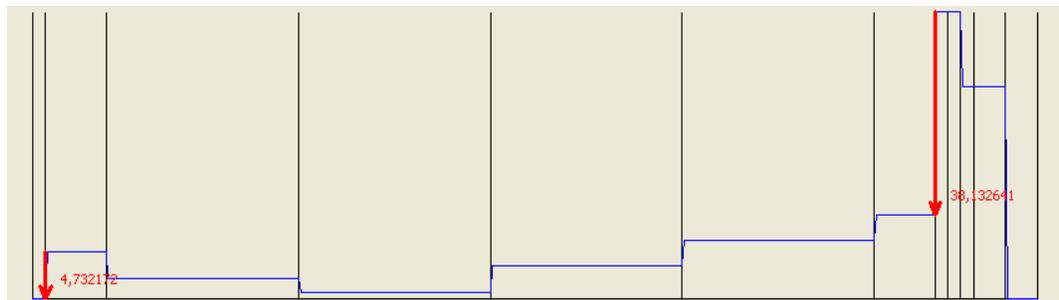
Elaborado: Marco Freire, Vinicio García

En la **Figura 3.6**, se observa las cargas aplicadas sobre el eje portacuchillas.



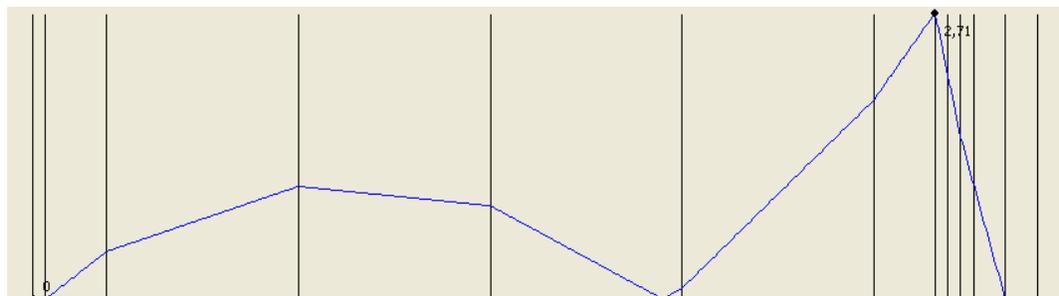
**Fig. 3.6** Esquema del eje porta cuchillas con sus cargas y soportes.

En la **Figura 3.7**, se observa el diagrama de fuerza cortante del eje portacuchillas.



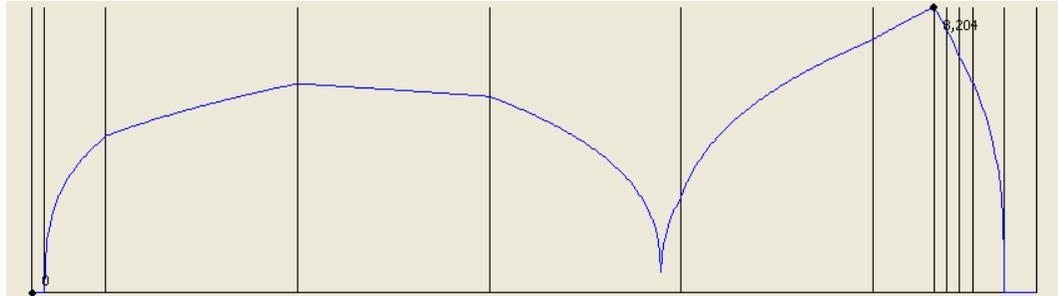
**Fig. 3.7** Diagrama de fuerza cortante del eje porta cuchillas

A continuación se observa en la **Figura 3.8**, el diagrama de momento flector.



**Fig. 3.8 Diagrama de momento flector (Suma) del eje porta cuchillas**

Finalmente en la **Figura 3.9** se observa el diagrama el diámetro óptimo del eje.



**Fig. 3.9 Diagrama de la forma óptima del eje porta cuchillas**

De acuerdo a la **Figura 3.9**, se determina que el diámetro óptimo del eje estáticamente es de 8,21mm

### **3.8.1.1 CÁLCULO A FATIGA DEL DIÁMETRO DEL EJE PORTA CUCHILLAS.**

Datos

Momento Critico = 2,71 N-m

Tipo de Acero= SAE 1018

$S_{ut} = 440 \text{ MPa}$

$S_y = 370 \text{ MPa}$

$S_{ut} = 440 \text{ MPa}$

$S_e' = 0,504 S_{ut} = 0,5 * 440 = 221,76 \text{ MPa.}$

**(3.12)**

$K_a = 0,93$

$K_b = 1$

$K_c = 0,95$

$K_d = 1$

$K_e = 1$

$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e$

**(3.13)**

$S_e = 195,93 \text{ MPa.}$

$$\sigma_a = \frac{32 * 2,71}{\pi * d^3} = \frac{27,6}{d^3} \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$$\sigma_m = \sqrt{3} * \frac{425,07}{d^3} = \frac{736,243}{d^3} \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

Según el criterio de Goodman, la siguiente expresión permite calcular el diámetro.

$$\frac{\sigma_a * FS}{Se} + \frac{\sigma_m * FS}{Sut} = 1 \quad (3.14)$$

Para un F.S.=2

Reemplazando en la ecuación 3.14 y despejando obtenemos un diámetro de:

$$\frac{27,6 * 2}{d^3 * 195,93 * 10^6} + \frac{737,24 * 2}{d^3 * 440 * 10^6} = 1$$

donde:

$$d = 0,0154m = 15,4mm$$

De los resultados obtenidos tanto estáticamente como a fatiga se escoge un diámetro del eje porta cuchillas de 22mm, por requerimientos de fabricación; de esta manera se garantiza que no falle.

### 3.8.2 CÁLCULO DEL EJE DEL RODILLO MOTRIZ

En la **Tabla3.7**, se muestran las fuerzas que actúan en el eje del rodillo motriz.

**Tabla 3.7 Fuerzas que actúan en el eje del rodillo motriz**

Elementos	Fuerza [N]
-----------	------------

<b>Caucho</b>	6,6
<b>Engrane de <math>\phi</math>150mm</b>	39,7

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

A continuación se detallan los resultados obtenidos con el uso del paquete informático de diseño Autodesk Inventor Profesional 11.0

En la **Tabla 3.8**, se observan el resumen de cargas sobre el eje del rodillo motriz.

**Tabla 3.8 Cargas en el eje de rodillo motriz**

Número	Distancia (mm)	Fuerza centrífuga XY (N)	Fuerza centrífuga XZ (N)	Momento flector XY (Nm)	Momento flector XZ (Nm)	Carga continua XY (N/mm)	Carga continua XZ (N/mm)	Fuerza axial (N)	Par de torsión (Nm)
1	715	-6,6	-6,6	0	0	0	0	0	0
2	1450	-39,7	-39,7	0	0	0	0	0	0

**Fuente:** AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

En la **Tabla 3.9**, se detallan las reacciones sobre el mismo eje.

**Tabla 3.9. Reacciones en los soportes del eje del rodillo motriz**

Número	Número de elemento	Distancia (mm)	Reacción Fuerza XY (N)	Reacción Fuerza XZ (N)	Reacción Fuerza Suma (N)	Deformabilidad ( $\mu$ m/N)	Tipo de soporte	Axial
1	1	80	-0,17	-0,17	0,24	0,138	rodamiento de bola	Sí

							de una sola fila	
2	3	1350	-46,12	-46,12	65,23	0,021	rodamiento de una sola fila	No

**Fuente:** AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

Luego de calcular las reacciones se obtiene la tensión y flexión máxima, las cuales se presentan en la **Tabla 3.10**.

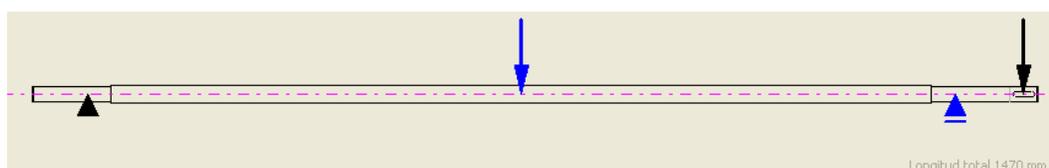
**Tabla 3.10. Resultados del eje del rodillo motriz.**

<b>Tensión máx.</b>	<b>MPa</b>	5,4
<b>Flexión máx.</b>	<b>µm</b>	290,9346

**Fuente:** AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

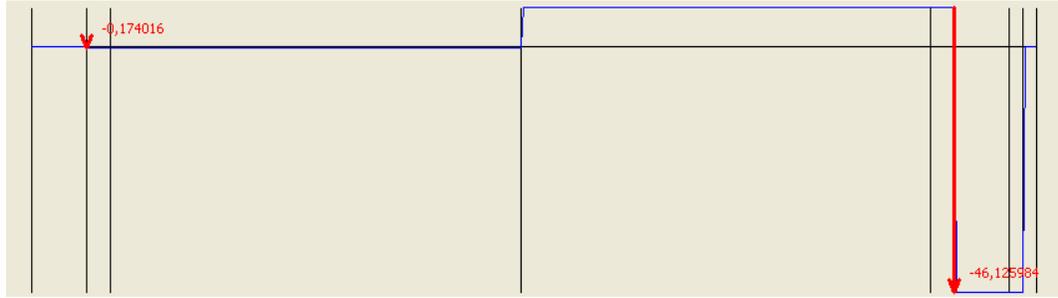
**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

En la **Figura 3.10**, se observan las cargas aplicadas sobre el eje del rodillo motriz.



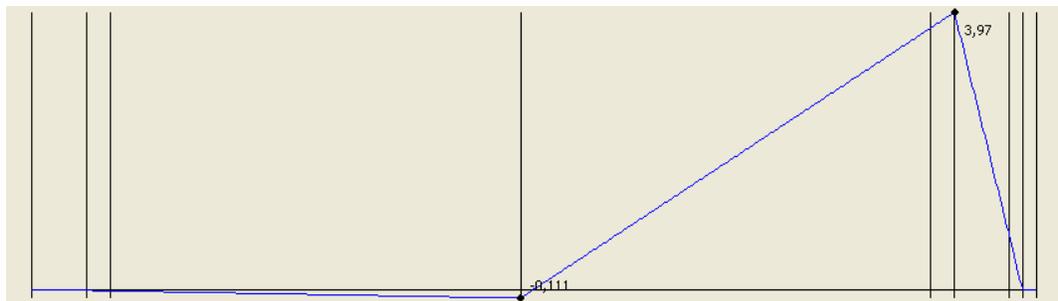
**Fig. 3.10 Esquema del eje rodillo motriz con sus cargas y soportes.**

En la **Figura 3.11**, se observan el diagrama de fuerza cortante del eje del rodillo motriz.



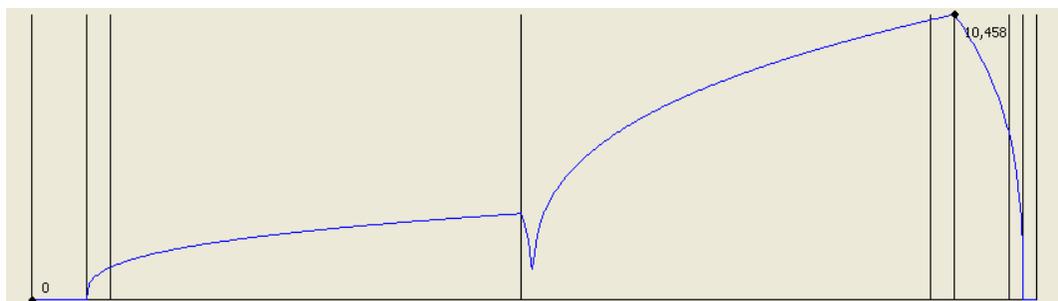
**Fig. 3.11. Diagrama de fuerza cortante del eje del rodillo motriz.**

A continuación se observa en la **Figura 3.12**, el diagrama de momento flector.



**Fig. 3.12 Diagrama de momento flector (Plano XY) del eje del rodillo motriz.**

Finalmente en la **Figura 3.13** se observa el diagrama el diámetro óptimo del eje.



**Fig. 3.13 Diagrama de la forma óptima del eje del rodillo motriz.**

Del diagrama anterior se puede determinar que el diámetro óptimo del eje rodillo motriz estáticamente es de 10,46mm.

### 3.8.2.1 CÁLCULO A FATIGA DEL DIÁMETRO DEL EJE DEL RODILLO MOTRIZ

Datos

Momento Critico = 3,97 N-m

Tipo de Acero= SAE 1018

Sut= 440 MPa

Sy= 370 MPa

$$S_{ut} = 440 \text{MPa}$$

$$S_e' = 0,504 S_{ut} = 0,5 * 440 = 221,76 \text{MPa.}$$

$$K_a = 0,93$$

$$K_b = 1$$

$$K_c = 0,95$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1$$

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e$$

$$S_e = 195,93 \text{MPa.}$$

$$\sigma_a = \frac{32 * 3,97}{\pi * d^3} = \frac{40,44}{d^3} \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$$\sigma_m = \sqrt{3} * \frac{170,03}{d^3} = \frac{294,5}{d^3} \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

Según el criterio de Goodman con la ecuación 3.14 permite calcular el diámetro.

$$\frac{\sigma_a * FS}{S_e} + \frac{\sigma_m * FS}{S_{ut}} = 1$$

Para un F.S.=2

Reemplazando y despejando se obtiene un diámetro de:

$$\frac{40,44 * 2}{d^3 * 195,93 * 10^6} + \frac{294,5 * 2}{d^3 * 440 * 10^6} = 1$$

donde :

$$d = 0,0120m = 12,06mm$$

De los resultados obtenidos tanto estáticamente como a fatiga se escoge un diámetro del eje porta cuchillas de 25mm, por requerimientos de fabricación y vulcanizado de los rodillos; de esta manera se garantiza que no falle.

### 3.8.3 CÁLCULO DEL EJE DE LA MÁQUINA DE CORTE TRANSVERSAL

En la **Tabla 3.11**, se muestran las fuerzas que actúan en el eje.

**Tabla 3.11 Fuerzas que actúan en el eje de la máquina de corte transversal.**

Elementos	Fuerza [N]
Maquina cortadora	29,43

**Fuente:** Propia.

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

A continuación se detallan los resultados obtenidos con el uso del paquete informático de diseño Autodesk Inventor Profesional 11.0

En la **Tabla 3.12**, se observan el resumen de cargas sobre el eje de la máquina de corte transversal.

**Tabla 3.12 Cargas en el eje de la máquina de corte transversal.**

Número	Distancia (mm)	Fuerza centrífuga XY (N)	Fuerza centrífuga XZ (N)	Momento flector XY (Nm)	Momento flector XZ (Nm)	Carga continua XY (N/mm)	Carga continua XZ (N/mm)	Fuerza axial (N)	Par de torsión (Nm)
1	60	-29,43	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

Elaborado: Marco Freire, Vinicio García

En la **Tabla 3.13**, se detallan las reacciones sobre el mismo eje

**Tabla 3.13. Reacciones en los soportes del eje de la máquina de corte transversal.**

Número	Número de elemento	Distancia (mm)	Reacción Fuerza XY (N)	Reacción Fuerza XZ (N)	Reacción Fuerza Suma (N)	Deformabilidad ( $\mu\text{m}/\text{N}$ )	Tipo de soporte	Axial
1	1	5	-14,21	0	14,21	0,0491116	rodamiento de bola de una sola fila	Sí
2	3	115	-14,21	0	14,21	0,0491116	rodamiento de bola de una sola fila	No

Fuente: AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

Elaborado: Marco Freire, Vinicio García

Luego de calcular las reacciones se obtiene la tensión y flexión máxima, las cuales se presentan en la **Tabla 3.14**.

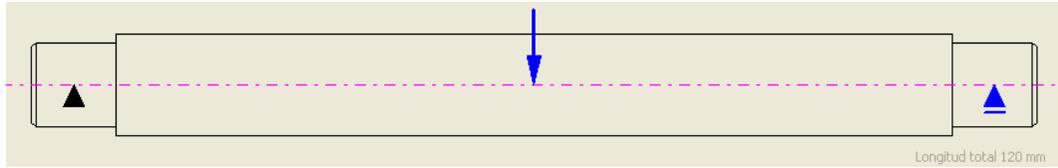
**Tabla 3.14. Resultados del eje de la máquina de corte transversal.**

Tensión máx.	MPa	4,7
Flexión máx.	$\mu\text{m}$	4,5494

Fuente: AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

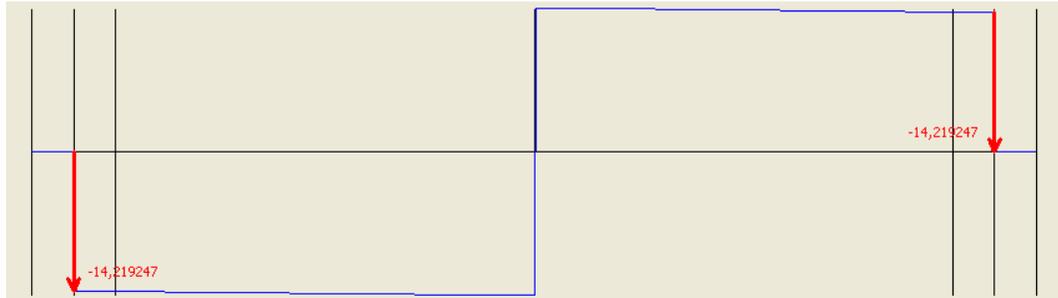
Elaborado: Marco Freire, Vinicio García

En la **Figura 3.14**, se observan las cargas aplicadas sobre el eje de la máquina de corte transversal.



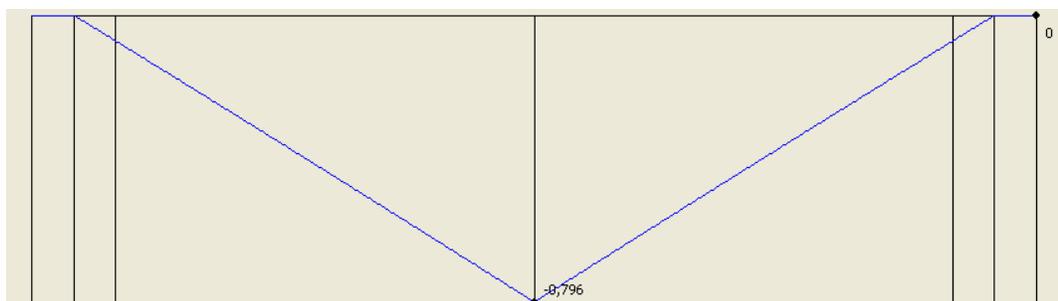
**Fig. 3.14** Esquema del eje de la máquina de corte transversal con sus cargas.

En la **Figura 3.15**, se observan el diagrama de fuerza cortante del eje de la máquina de corte transversal.



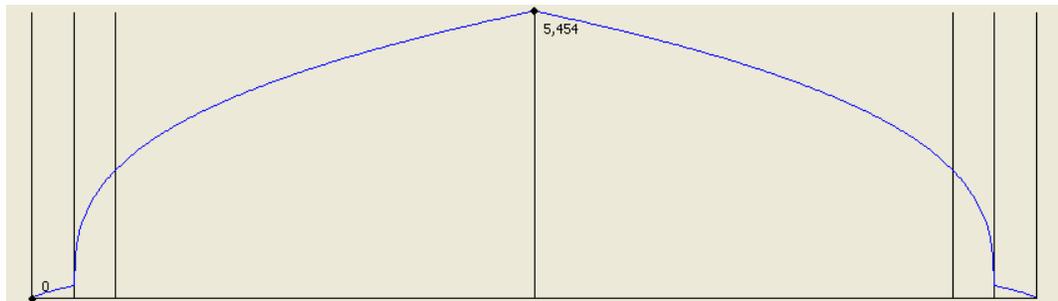
**Fig. 3.15** Diagrama de fuerza cortante del eje de máquina de corte transversal.

A continuación se observa en la **Figura 3.16**, el diagrama de momento flector.



**Fig. 3.16** Diagrama de momento flector (Plano XY) del eje de máquina de corte transversal.

Finalmente en la **Figura 3.17** se observa el diagrama el diámetro óptimo del eje.



**Fig. 3.17 Diagrama de la forma óptima del eje de máquina de corte transversal.**

Del diagrama anterior se puede determinar que el diámetro óptimo del eje de la máquina de corte transversal es de 5,45mm, por requerimientos de fabricación y montaje se selecciona un diámetro de 12mm.

### **3.9 SELECCIÓN DE BANDAS Y POLEAS**

Para seleccionar el tipo de banda y el diámetro de las poleas se usa el catalogo de DAYCO, considerando que este es el tipo de bandas más comunes encontradas en el mercado ecuatoriano.

#### **3.9.1 FACTOR DE SERVICIO**

Para la determinación del factor de servicio se debe considerar el tipo de aplicación que tiene la maquina a diseñar<sup>9</sup>. En el catálogo de bandas, página 6 se observa que para maquinaria que transporta cargas livianas se aplica un factor tipo B.

<sup>9</sup> GUANIN, LLUMIQUINGA, Diseño y Construcción de una Laminadora Estampadora Continua para Cera de Abejas, Julio, 2006, pg. 81.

En la página 7 del mismo manual, se determina un factor de servicio del motor utilizado en el prototipo, sabiendo que el motor es un motor trifásico de corriente alterna. El factor de servicio es igual a 1

Con la ayuda de la tabla 1 del manual de la DAYCO en la página 8 se determina el factor de servicio que es igual a:

$$f_s = 1,2$$

### 3.9.2 POTENCIA DE DISEÑO

La potencia de diseño se calcula mediante la formula:

$$P_{dis} = P_{nom} * f_s \tag{3.15}^{10}$$

Donde:

$P_{dis}$  = es la potencia de diseño.

$P_{nom}$  = es la potencia nominal entregada por el motor que es de 0,75.

$f_s$  = es el factor de servicio que para este motor es de 1,25.

Se reemplaza en la ecuación 3.15 y se tiene que la potencia de diseño es:

$$P_{dis} = 0,9375[Hp]$$

$$P_{dis} = 7000 W.$$

### 3.9.3 TIPO DE BANDA Y DIÁMETRO DE LAS POLEAS

---

<sup>10</sup> DAYCO, Engineering Guido for Industrial V-Belt Drives, pg.4.

Con los datos calculados de la potencia de diseño y velocidad angular de salida del motor se usa el Manual de la DAYCO para determinar el tipo de banda a utilizar y se tiene como resultado una banda tipo 3VX.

Los diámetros de las poleas se los encuentra partiendo de la relación de transmisión deseada y los diámetros de poleas que se encuentran en el mercado local.

La relación de reducción 3 a 1 se encuentra con los diámetros 150 y 50mm de las poleas existentes en el mercado.

### 3.9.4 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE LA BANDA.

La longitud de la banda se calcula mediante la ecuación:

$$L = 2 * C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 * C} \quad (3.16)^{11}$$

Donde:

L= longitud de la banda

C=distancia entre centros

D= diámetro de la polea mayor

d= diámetro de la polea menor

Para nuestro caso se tiene

C= 350mm=14 plg.

D= 150mm=6 plg.

d= 50mm=2 plg.

---

<sup>11</sup> SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, Quinta Edición, pg. 762.

Se reemplaza en la ecuación 3.16 y se tiene que, la longitud de la banda es de:

$$L=41 \text{ plg}=1025\text{mm}$$

### 3.10 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.

La selección de rodamientos se la realiza de acuerdo a la carga que va a actuar sobre ellos y de acuerdo al diámetro del eje en el cual van a alojarse. En esta sección se selecciona los rodamientos para el eje porta cuchillas y los rodillos de alimentación y extracción.

#### 3.10.1 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE PORTA CUCHILLAS.

En la **Tabla 3.15**, se detallan las cargas que se presentan sobre los rodamientos del eje porta cuchillas de la cortadora

**Tabla 3.15 Cargas del eje porta cuchillas.**

<b>Número</b>	<b>Número de elemento</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Reacción Fuerza XY (N)</b>	<b>Reacción Fuerza XZ (N)</b>
<b>1</b>	1	20	-3,3462	-3,3462
<b>2</b>	3	1410	-26,9638	-26,9638

**Fuente:** AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

La fuerza radial sobre los apoyos se calcula con la siguiente expresión.

$$Fr = \sqrt{R1y^2 + R2y^2} \quad (3.17)$$

$$Fr = \sqrt{3,34^2 + 26,96^2}$$

$$Fr = 27,17N = 2,77kg.$$

Luego de calcular la carga radial total, se determina la capacidad de carga dinámica para la selección de los rodamientos de la siguiente manera:

$$C = \frac{fL}{fn} P \text{ (kg)} \quad (3.18)^{12}$$

Donde.

C = capacidad de carga dinámica (kg)

P = carga dinámica equivalente = 2,77 kg

fn = factor de velocidad para rodamientos de bolas = 0,57 (a 180 RPM)

fL = factor de esfuerzos dinámicos = 3 (rodillos para cinta transportadora)

Se reemplazan los valores en la ecuación 3.18 así:

$$C = \frac{3}{0,57} * 2,77$$

$$C = 14,6kg = 143N.$$

Con este valor y el diámetro del eje se procede a seleccionar del catálogo de la FAG (**Anexo II**) el respectivo rodamiento.

$$C = 14.6 \text{ kg}$$

$$d = 20\text{mm}$$

$$\text{FAG 6004 2Z:} \quad d = 20\text{mm}$$

---

<sup>12</sup> FAG, Manual de Rodamientos, pg.25.

$$D = 42 \text{ mm}$$

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

$$r = 1 \text{ mm}$$

Se escoge este tipo de rodamiento ya que posee dos tapas de protección y posee lubricación interna.

Para este proyecto se necesita a más de los rodamientos sus respectivos soportes. Para lo se usa el catálogo de KOYO (**Anexo II**) teniendo como resultado final la siguiente designación:

CHUMACERA UCP 204.

### 3.10.2 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE DE LOS RODILLOS INFERIORES.

Aquí se selecciona un solo tipo de rodamiento tanto para los rodillos de alimentación y extracción.

En la **Tabla 3.16**, se presentan las cargas sobre los rodamientos del eje de los rodillos inferiores de la cortadora.

**Tabla 3.16 Cargas del eje de los rodillos inferiores.**

Número	Número de elemento	Distancia (mm)	Reacción Fuerza XY (N)	Reacción Fuerza XZ (N)
1	1	80	-0,174	-0,174
2	3	1350	-46,126	-46,126

**Fuente:** AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 11.0

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

La fuerza radial sobre los apoyos se calcula con la ecuación 3.17 así:

$$Fr = \sqrt{R1y^2 + R2y^2}$$

$$Fr = \sqrt{0,174^2 + 46,126^2}$$

$$Fr = 46,13N = 4,7kg.$$

Luego de calcular la carga radial total, se determina la capacidad de carga dinámica para la selección de los rodamientos con la ecuación 3.18:

$$C = \frac{fL}{fn} P \text{ (kg)}$$

Donde:

$$P = 4,7 \text{ kg}$$

$$fn = 0,822 \text{ ( a 60 RPM)}$$

$$fL = 3 \text{ (rodillos para cinta transportadora)}$$

$$C = \frac{3}{0,822} * 4,7$$

$$C = 17,15kg = 168,27N.$$

Con este valor calculado y el diámetro del eje se procede a seleccionar del catálogo de la FAG el respectivo rodamiento.

$$C = 17,15 \text{ kg}$$

$$d = 20\text{mm}$$

FAG 6004 2Z:	d = 20mm
	D = 42 mm
	B = 12 mm
	r = 1 mm

Como se puede observar del cálculo realizado los rodamientos para los ejes son iguales, puesto que las cargas que soportan los rodamientos son pequeñas. Entonces la chumacera escogida tiene la misma designación

CHUMACERA UCP 204.

### **3.10.3 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA LOS RODILLOS SUPERIORES.**

Para este tipo de rodillos, la selección de los rodamientos se la hace de forma geométrica, puesto que, no soportan una carga específica y se considera el diámetro interior del eje según el catálogo de KOYO (**Anexo II**)

62/22 ZZ	d = 22 mm.
	D = 50 mm.
	B = 14 mm
	r = 1 mm

### **3.10.4 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EJE SOPORTE DE LA CORTADORA TRANSVERSAL.**

Para este eje se procede a seleccionar de forma geométrica, a pesar de que está sometida a una carga pequeña.

Según el catálogo de la FAG (**Anexo II**) se escoge el rodamiento con la siguiente designación.

6000 2Z	d = 10 mm.
	D = 26 mm.
	B = 8 mm.
	r = 0,5 mm.

### 3.11 SELECCIÓN DE LA MÁQUINA PARA EL CORTE TRANSVERSAL.

Partiendo del estudio de campo realizado en la sección 2.5, se determina que, la máquina seleccionada para realizar el corte transversal es la que se utiliza para cortar tela.

Las especificaciones de la máquina son:

- Velocidad: 60 Rpm.
- Tipo Motor: monofásico CA, 110V 0,125HP
- MODELO: CASB 2383

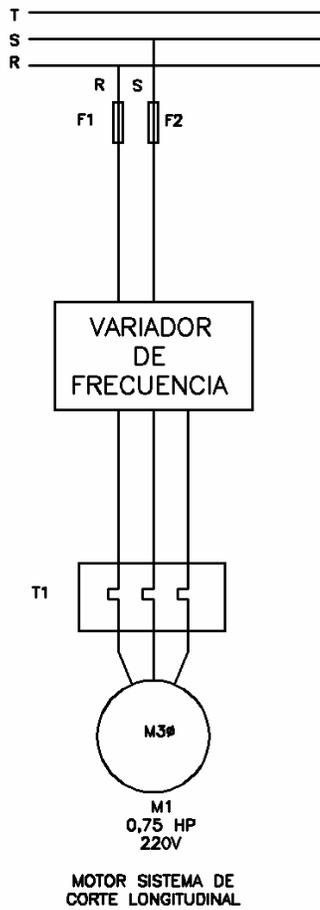
En la **Figura 3.18** se muestra la máquina modificada para realizar el corte transversal.



**Fig. 3.18** Máquina modificada para corte transversal.

### 3.12 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.

En la **Figura 3.19**, se muestra del circuito de fuerza de la cortadora



**Fig. 3.19 Circuito de fuerza**

El circuito de fuerza expresa la conexión de los equipos que van a realizar el proceso y se pueden observar los siguientes elementos:

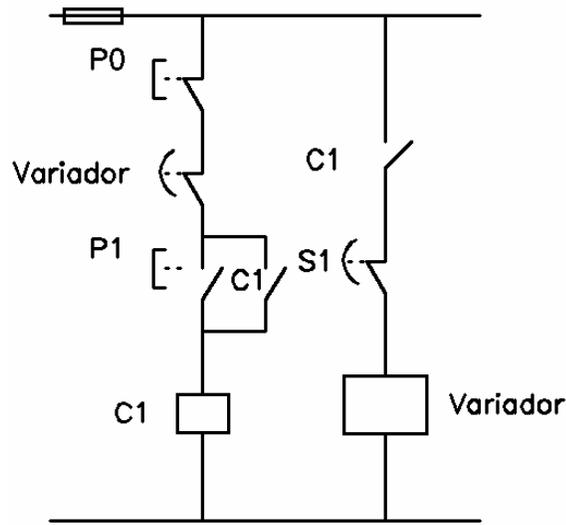
**R, S, T;** representan las tres fases de un sistema trifásico

**F1, F2;** representan los fusible para proteger al alimentador que va desde la alimentación hacia el variador de frecuencia.

**Variador de frecuencia;** representa al dispositivo que permite regular las revoluciones de giro del motor.

**Motor trifásico;** usado para dar la motricidad a la cortadora.

En la **Figura 3.20**, se presenta el diagrama de control de la cortadora



Donde:

P0= Pulsador de paro  
P1= Pulsador de encendido  
S1= Fin de carrera  
C1= Contactor para encendido  
Variador= Variador de frecuencia

**Fig. 3.20 Diagrama de control de la cortadora**

**Fusible 1;** es el elemento de protección de la fase del circuito de control.

**P0;** es un pulsador normalmente cerrado para desconectar todo el sistema.

**S1;** es un detector de fin de carrera para cuando el fómix cortado longitudinalmente llegue a la longitud deseada, se detenga y poder realizar el corte transversal.

**P1;** es un pulsador normalmente abierto para encender el sistema.

**C1;** es un contactor usado para control.

**Variador;** son las entradas digitales de un variador de frecuencia.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO.**

#### **4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA CORTADORA.**

Para la construcción de la Cortadora de Fomix se debe escoger un taller mecánico, el cual esté equipado apropiadamente y cuente con las herramientas necesarias y suficientes para poder construir cada uno de los elementos constitutivos de la misma. Además este debe contar con personal experimentado y capacitado, para así, garantizar un trabajo eficiente.

Con los respectivos planos de taller (**AnexoVI**) en los cuales se encuentra la ingeniería de detalle y las hojas de procesos, se procede a construir cada uno de los elementos que conforman la cortadora. Se debe tomar en cuenta que los

procesos utilizados sean los más adecuados, de tal manera que se garantice una excelente calidad al precio más conveniente.

En la estructura central, que es la base de la cortadora, se utilizan tubos cuadrados, perfiles L (ángulos), platinas. Los mismos que se pueden encontrar con facilidad en cualquier comercializadora de elementos estructurales.

Los ejes, soportes de cuchillas, placas soportes, rígidizadores y los diferentes mecanismos, se los construye con la ayuda de máquinas herramientas e instrumentos de medida.

Para el sistema motriz se utiliza un motor de ½ HP acoplado a un variador de frecuencia, el cual tiene como función controlar los rpm., pero manteniendo el torque. Esto es de gran utilidad, puesto que, se puede modificar la velocidad de corte y alimentación. Así se incrementa o disminuye la capacidad de la máquina y a su vez controlar su funcionamiento mediante un tablero ubicado por comodidad en la parte inferior de la estructura.

En el **Anexo IV**, se observan las fotos respectivas de los elementos construidos y el montaje de la máquina.

#### **4.1.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.**

Para la construcción de cada uno de los elementos que conforman la Cortadora de Fomix se requiere de: máquinas, equipos, herramientas, materiales, instrumentos, etc. Los que se detallan a continuación:

##### **4.1.1.1 MÁQUINAS Y EQUIPOS**

- Fresadora
- Esmeril
- Torno
- Soldadora Eléctrica

- Compresor.
- Cortadora de disco.
- Amoladora.
- Taladro de pedestal.
- Taladro manual.
- Caladora.
- Motor esmeril de altas revoluciones

#### **4.1.1.2 HERRAMIENTAS**

- Brocas
- Útiles para torneear.
- Escuadras
- Limas
- Martillo
- Llaves
- Rayador
- Sierra de arco
- Machuelos.

#### **4.1.1.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN**

- Calibrador pie de rey
- Nivel
- Flexómetro
- Escuadra
- Reloj palpador.

#### **4.1.1.4 RESUMEN DE MATERIA PRIMA**

- Eje de acero A-36.
- Plancha de Acero A-36, diversos espesores.

- Pletinas de acero, diversos espesores.
- Tubo estructural cuadrado.
- Canaletas plásticas para el cable de la máquina.
- Madera.
- Perfiles L (ángulos).

#### **4.1.1.5 ELEMENTOS ADICIONALES.**

- Motor eléctrico.
- Variador de frecuencia.
- Pulsadores, contactores y protecciones.
- Poleas.
- Banda.

#### **4.1.2 HOJAS DE PROCESOS.**

Para la construcción de la Cortadora de Fomix, es necesario disponer de los procedimientos de fabricación de los diferentes elementos a construirse. Por lo que en el **Anexo III** se presentan algunas hojas de procesos de diferentes elementos constitutivos de la máquina, las cuales serán de mucha ayuda para el trabajador encargado de la fabricación.

### **4.2 MONTAJE DE LA CORTADORA.**

Para este procedimiento se considera de forma independiente el montaje de cada uno de los sistemas que conforman la cortadora así:

#### **4.2.1 SISTEMA DE CORTE.**

Este sistema se divide en dos: longitudinal y transversal.

#### **4.2.1.1. MONTAJE DEL SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL.**

- Montaje de las cuchillas con sus respectivos soportes mediante la utilización de pernos allen.
- Colocación de los prisioneros en la polea y soportes de cuchillas.
- Colocación del conjunto cuchilla-soporte, polea, chumaceras y engrane motriz en el eje porta cuchillas
- Ajuste de prisioneros en la posición adecuada.

#### **4.2.1.2. MONTAJE DEL SISTEMA DE CORTE TRANSVERSAL.**

- Montaje de rodamientos en los ejes guías.
- Montaje del carro guía en la máquina cortadora de tela.
- Colocación de la guía transversal en la mesa de descarga.
- Ubicación del conjunto carro – máquina cortadora de tela en guía transversal.

#### **4.2.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y EXTRACCIÓN.**

- Montaje de las chumaceras, engranes conducidos en los rodillos inferiores de alimentación y extracción.
- Montaje de los rodamientos en sus respectivos soportes.

- Colocación del conjunto soporte – rodamiento en el mecanismo ajustable de los rodillos superiores.
- Montaje de los rodillos superiores en el mecanismo de regulación.
- Colocación de los anillos elásticos en los extremos de los rodillos.

#### **4.2.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.**

- Montaje de la polea en el eje del motor con su respectiva chaveta.
- Colocación del motor y perno templador en la placa soporte.

#### **4.2.4 SISTEMA DE CONTROL.**

- Colocación de los contactores, pulsadores, protecciones en el interior de una caja acrílica.
- Conexión del variador de frecuencia con los diferentes controles.
- Conexión de los diferentes dispositivos eléctricos.

#### **4.2.5 MONTAJE FINAL.**

Una vez hecho el montaje de forma independiente de cada uno de los sistemas que conforman la cortadora se procede al montaje final de la siguiente manera:

- Ensamble y ubicación de la estructura central o principal.

- Verificación de la presencia de los elementos normalizados como son: pernos, arandelas, tuercas, prisioneros, etc., que posteriormente serán utilizados.
- Montaje del sistema de corte longitudinal, mediante la fijación de las chumaceras en la estructura central.
- Montaje del sistema de alimentación y extracción en la estructura central.
- Se une las mesas de alimentación y descarga a la estructura central mediante pernos, verificando su colinealidad.
- Se coloca el sistema de corte transversal en la mesa de descarga.
- Se fija el tablero de control y el variador de frecuencia en la estructura de la mesa de descarga.
- Colocación del sistema motriz en la estructura central.
- Se verifica del correcto acople de los engranes.
- Se ajusta todos los pernos.
- Colocación y temple de la banda del motor, verificando su linealidad.
- Se conecta el motor al variador de frecuencia para tener control de la cortadora.
- Ubicación de las guías en la entrada y salida.

#### **4.3 PRUEBAS DE CAMPO.**

Luego de la construcción y el montaje se procede a realizar las pruebas de campo de acuerdo al protocolo de pruebas descrito en el Capítulo II. Estas tienen como objetivo verificar las condiciones de diseño y el correcto funcionamiento de la cortadora.

Los resultados se muestran en la tabla del **Anexo I**.

#### **4.3.1 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO.**

De acuerdo a los resultados del **Anexo I**, se observa que los sistemas que conforman la cortadora funcionan adecuadamente sin carga. También se puede ver que al funcionar con carga, opera sin ningún problema la cantidad de pliegos necesarios.

La verificación de la alineación de las cuchillas, es la apropiada para proceder a realizar los cortes predestinados.

Finalmente se observa que la capacidad para la que fue diseñada la cortadora es la apropiada.

## **CAPÍTULO V.**

### **COSTOS**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se realiza un estudio sobre los costos que conlleva el diseño, construcción y montaje de la cortadora. El objetivo de este análisis es determinar la cantidad de recursos económicos a emplearse en el diseño, la construcción y la puesta en funcionamiento del prototipo.

Para este fin se parte de un análisis que toma en cuenta costos directos y costos indirectos.

Dentro del Costo Total Directo se consideran los costos parciales que son de:

- Materia Prima
- Elementos Normalizados y Adicionales
- Costos de Maquinado.
- Costos de Montaje

De la misma forma para determinar el costo total indirecto se consideran costos parciales de:

- Materiales Indirectos
- Costos de Ingeniería
- Gastos Imprevistos

El costo total de la cortadora de fomix es igual a la suma de los costos totales directos y costos totales indirectos.

## 5.2 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

### 5.2.1 COSTOS DE MATERIA PRIMA.

Los costos de materia prima son los que se generan de la compra de los diversos materiales que se necesitan para la fabricación de elementos constitutivos de la cortadora. Los costos de materias primas se presentan en la

**Tabla 5.1**

**Tabla 5.1 Costos de materias primas**

Material	Cantidad	Peso [kg]	Valor unitario [usd]	Valor total [usd]
Eje Cilíndrico de Acero A-36 φ25mm, l=1600mm	4	23,2	1.50/kg	34,80
Eje Cilíndrico de Acero A-36 φ23mm, l=1600mm	1	5,22	1.50/kg	7,83
Eje Cilíndrico de Acero A-36 φ12,5mm, l=120mm	2	0,23	1.50/kg	0,35
Eje Cilíndrico de Acero A-36 φ50mm, l=45mm	6	0,62	1.50/kg	0,94
Eje Cilíndrico de Duralon φ150mm, l=30mm	2		3,50/cm	10,5
Eje Cilíndrico de Duralon φ 60mm, l=30mm	1		2.10/cm	6,30
Plancha de Acero A-36, e=12mm, 80x60	2	0,46	1,30/kg	0,60
Plancha de Acero A-36, e=12 mm, 150x25	4	0,36	1,30/kg	0,46
Plancha de acero A-36, e=12mm, 70x25	2	0,17	1,30/kg	0,22
Pletina de Acero A-36, e=3mm, l=6m, a=12,5mm	1	1,8	1,30/kg	2,4
Plancha de Madera Cubierta Nogal, e=6mm, 3600x2400	1		27,97	27,97
Tubo estructural cuadrado 30x30x3,(Disponible en 6m)	5		18,23	91,15
Perfil estructural Tipo "L" 30x30x3(Disponible 6m)	2		16,12	32,24
Perfil de Aluminio 646 Tipo "L" 25x12.5x2 (Disponible 6m)	1		5,85	5,85
Varios			20	20
<b>Subtotal</b>				<b>241,61</b>

## 5.2.2 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS Y ADICIONALES.

Son los que conlleva la adquisición de elementos prefabricados bajo distinto tipo de normas, elementos de control electrónico, motores, rodamientos, etc.

Los costos de los elementos directos se muestran en la **Tabla 5.2**.

**Tabla 5.2 Costos de elementos normalizados**

Material	Cant	Val. Unit. [usd]	Val. total [usd]
Variador de velocidad 1Hp 220V	1	194,88	194,88
Panel de programación básico de variador	1	25,40	25,40
Motor trifásico 1800RPM, 0,75HP,220V	1	87,50	87,50
Cable Bipolar Nro. 10	4	3,50	14
Cable Sólido Nro. 12	10	0,50	5
Protecciones Eléctricas		36	36
Tomacorriente trifásico 220V	1	4,96	4,96
Caja acrílica para elementos eléctricos	1	50,48	50,48
Polea Aluminio $\phi=150\text{mm}$ , e=30	1	5,50	5,50
Polea Aluminio $\phi=50\text{mm}$ , e=30	1	2,80	2,80
Banda Tipo V Nro. 52	1	3,50	3,50
Chumaceras UCP 204 GBK-FK	6	4,50	27
Rodamientos 62/222RS KOYO	4	5,58	22,32
Rodamientos 600002zRC3 FAG	4	3,43	13,72
Pernos (Varios)			19,50
Tuercas (Varios)			6,75
Arandelas (Varios)			4,00
Prisioneros (Varios)			2,50
<b>Subtotal</b>			<b>525,81</b>

**Fuente:** Comercializadoras de Quito

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

### 5.2.3 COSTOS DE MAQUINADO.

Este costo tiene que ver con el valor respecto a la mano de obra directa empleada en las máquinas herramientas para la fabricación de piezas de la cortadora. Y se calculan basándose en el tiempo requerido para la fabricación de los elementos. Dentro de esta tabla cabe considerar que se toma en cuenta el costo pagado por el tiempo de vulcanizado de los rodillos de alimentación y descarga. Estos valores se presentan en la **Tabla 5.3**.

**Tabla 5.3 Costos de maquinado**

<b>Máquina</b>	<b>Costo por máquina incluido mano de obra [usd/h]</b>	<b>Tiempo total [h]</b>	<b>Costo total por máquina [usd]</b>
Torno	6	8	48
Fresadora	12	3	36
Soldadura	6	4	24
Taladrado	4,5	2	9
Cizalla	4,5	2	9
Dobladora	3	1	3
Amoladora	4,5	6	27
Instrumentos de medida	3	8	24
Vulcanizado	50	8	400
<b>Subtotal</b>			<b>580</b>

**Fuente:** Taller Máquinas Herramientas, MATRO.

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

### 5.2.4 COSTOS DE MONTAJE

Son aquellos que relacionan la mano de obra ocupada para el ensamble de las partes y piezas que constituyen la máquina cortadora, así como, la puesta a punto y el afinamiento de la misma.

Para este tipo de trabajo se usa dos personas por un lapso de 16 horas, el costo de la hora de cada uno de ellos es de 2USD.

El resultado se puede observar en la **Tabla 5.4**.

**Tabla 5.4 Costos de montaje**

<b>Personal</b>	<b>Especialidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo[h]</b>	<b>Costo/hora</b>	<b>Valor</b>
Técnico	Electromecánico	2	16	2USD/hora	64
<b>Subtotal</b>					<b>64</b>

**Fuente:** Taller Máquinas Herramientas, MATRO

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

### 5.2.5 COSTO DIRECTO TOTAL

En la **Tabla 5.5** se indica la cantidad total del costo directo.

**Tabla 5.5 Costos Directo Total**

<b>Componente del costo</b>	<b>Valor [usd]</b>
Materias Primas	241,61
Elementos Normalizados y Adicionales	525,81
Costo de Maquinado	580
Costo de Montaje	64
<b>Subtotal</b>	<b>1411,42</b>

**Fuente:** Comercializadoras de Quito

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

## 5.3 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

### 5.3.1 COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS

Estos costos son los que se generan del uso de materiales suplementarios en la construcción de los componentes de la cortadora

Los costos de materiales indirectos se muestran en la **Tabla 5.6**

**Tabla 5.6 Costos de materiales Indirectos**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario [usd]</b>	<b>Valor total [usd]</b>
Electrodos 6011-1/8"(lb)	8	1,5	12
Lija para Hierro	8	0,5	4
Pintura anticorrosiva	4L	3	12
Thiñer	8L	1,5	12
Guaype	20	0,2	4
Discos de corte	4	5	20
Suplementos Eléctricos			20
Varios		40	40
<b>Subtotal</b>			<b>124</b>

**Fuente:** Comercializadoras de Quito

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

### 5.3.2 COSTOS DE INGENIERÍA

Son aquellos costos que se derivan del tiempo y del conocimiento que un ingeniero invierte en el diseño de máquinas, en el caso de la cortadora de fomix se necesito la participación de dos profesionales los cuales desarrollaron las siguientes funciones:

- Definición del problema
- Presentación de alternativas
- Selección de alternativa

- Diseño y selección de elementos de maquinas
- Supervisión y control en la construcción
- Supervisión y control en montaje y puesta a punto

El tiempo dedicado al diseño y construcción del prototipo se lo realiza a partir de los parámetros antes mencionados, teniendo en cuenta que los profesionales desarrollaron tareas conjuntamente y con un tiempo en cada una de ellas detallado a continuación en la **Tabla 5.7:**

**Tabla 5.7 Tareas y tiempo utilizados en ingeniería**

<b>Tarea</b>	<b>Tiempo[h]</b>	<b>Detalle</b>
Definición del problema	2	Delimitación de parámetros de la cortadora
Presentación de alternativas	2	Desarrollo de distintas formas de cortadoras con sus parámetros básicos
Selección de alternativa	2	Ponderación y selección de la mejor forma de cortar, según los sistemas que la constituyen
Diseño y selección de elementos de máquinas	40	Diseño mecánico y selección de los distintos componentes normalizados de la cortadora.
Supervisión y control en la construcción	16	Supervisar las actividades y la correcta construcción de partes y piezas de la cortadora
Supervisión y control en el montaje	4	Supervisar las actividades de montaje y el correcto ensamblaje
<b>Total Tiempo[h]</b>	<b>66</b>	

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

El costo por hora que percibe un profesional en diseño de maquinaria industrial es de 20 USD en la industria nacional, por esta razón se tiene un costo por ingeniería de 1320 USD.

### 5.3.3 COSTOS IMPREVISTOS.

Se relacionan principalmente con los gastos de movilización del personal, el transporte de materiales e impresiones de planos, etc. Es decir que son aquellos que no estaban considerados en un principio para el análisis del costo total.

Este tipo de costos se detallan en la **Tabla 5.8**:

**Tabla 5.8 Costos imprevistos**

<b>Imprevistos</b>	<b>Valor</b>
Movilización del personal	60
Transporte de materiales	20
Impresiones de planos	20
Materiales extra	15
Varios	20
<b>Subtotal</b>	<b>135</b>

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

### 5.3.4 COSTO TOTAL INDIRECTO

En la **Tabla 5.9** se indican los costos totales indirectos.

**Tabla 5.9 Costos Total Indirecto**

<b>Componente del costo</b>	<b>Valor [usd]</b>
Materiales Indirectos	124
Costo de ingeniería	1320
Gastos Indirectos	135
<b>Subtotal</b>	<b>1579</b>

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

## 5.4 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.

Resulta de la adición de los costos directos con los costos indirectos, esto se indica en la **Tabla 5.10**.

**Tabla 5.10 Costo Total de la máquina**

<b>COMPONENTE DEL COSTO</b>	<b>VALOR[USD]</b>
<b>Costo Directo</b>	1411,42
<b>Costo Indirecto</b>	1579
<b>Total</b>	<b>2990,42</b>

**Fuente:** Propia

**Elaborado:** Marco Freire, Vinicio García

Como se puede ver en la **Tabla 5.10**; el costo de la cortadora de fomix llega a ser de 2990,42USD. Este valor está dentro del presupuesto indicado en la sección 2.3 que es de 4.300 dólares . Además no se puede comparar con el valor de máquinas similares ya que, no se cuenta en la industria ecuatoriana con una maquina especifica para cortar este tipo de material, se concluye que el costo es accesible para artesanos y pequeñas empresas dedicadas a este tipo de actividad.

La relación de precios entre esta máquina y el gasto en sueldos a operarios por realizar el mismo trabajo, arroja como resultado un ahorro de un 50%. Razón por la cual se justifica su inversión.

## **CAPITULO VI.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **6.1 CONCLUSIONES.**

- Se cumple el objetivo principal del proyecto, este es diseñar y construir la cortadora de fomix de forma satisfactoria, de acuerdo a los requerimientos establecidos por el mercado.
- Después de realizar las pruebas de campo del prototipo construido se observó, que cumple con los parámetros de diseño y una disminución en el tiempo de corte.
- El prototipo construido tiene la capacidad de cortar diferentes tipos de formatos, puesto que, su sistema de corte permite regular las cuchillas a diferentes medidas de una manera fácil y rápida.
- El diseño de la cortadora permite que ésta se pueda transportar de manera fácil y rápida de un lugar a otro, sin que se sea necesario desmontar todos sus elementos constitutivos.
- La velocidad de alimentación de la cortadora puede variarse para incrementar o disminuir su producción, gracias a que posee un variador de frecuencia, el cual controla las revoluciones del motor y directamente la alimentación de la materia prima.
- Para la operación de la cortadora se requiere de una sola persona la cual no debe ser necesariamente calificada.

- La construcción de la máquina permite aplicar la teoría aprendida durante la carrera y a la vez tener conocimiento sobre procesos de construcción necesarios para la vida profesional.
- El costo del prototipo es un 30% menor al presupuesto establecido, lo que permite realizar su construcción, siendo un gran aporte a los artesanos dedicados a esta actividad en el Ecuador.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda revisar el óptimo funcionamiento de los diferentes sistemas que conforman la cortadora antes de iniciar el proceso de corte de los formatos.
- Alinear correctamente las cuchillas a las medidas deseadas con la ayuda de un regla comprobando que estas coincidan con los canales realizados en la tabla base, evitando de esta manera que se traben y dañen sus filos.
- Regular los rodillos de alimentación y extracción de acuerdo al espesor a cortar, garantizando así su correcto funcionamiento.
- Verificar que en el panel del variador de frecuencia la velocidad de alimentación sea la apropiada.
- Se recomienda verificar que las dimensiones de los diferentes elementos a construir estén dentro del rango de tolerancias, de tal forma que al ensamblar la máquina no exista problemas.
- Es recomendable que el mantenimiento se lo realice en adecuados períodos de tiempo, especialmente lo referente a lubricación de engranes, además se debe tener cuidado con el vulcanizado de los rodillos y la pintura de la estructura para evitar la corrosión.

- Se debe tener presente la ubicación del botón de apagado de emergencia, por si surge algún imprevisto durante su operación.
- Se recomienda afilar periódicamente las cuchillas para que el proceso de corte se lo realice apropiadamente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. SHIGLEY-MISCHKE; Diseño en Ingeniería Mecánica; 5ª Ed; Editorial Mc Graw-Hill; México ,1989.
2. MARKS; Manual del Ingeniero Mecánico 9ª Ed; Editorial McGraw-Hill; México.
3. S.K.F; Catalogo General; Editorial S.K.F; Italia 1989.
4. ESTRONEO Y CONSORTI; El Dibujo Mecánico; 2ª Ed; Editorial Montaner y Simon S.A; Barcelona, 1975.
5. SINGER, Mecánica para Ingenieros: Dinámica, Harla, Tercera Edición, 1982.
6. JUVINALL, R, Fundamentos para Ingeniería Mecánica, Limusa, México, 1997.
7. VARGAS, J; Guía de los fundamentos de Dibujo Industrial; E.P.N., Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2007.
8. INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.
9. VARGAS, J; Producción por Virutaje; E.P.N., Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2007.
10. DAYCO, Engineering Guido for Industrial V-Belt Drives.
11. FAG, Manual de Rodamientos
12. [www.karey.es/id](http://www.karey.es/id)

13. [www.wikipedia.org/wiki/Termoplastico](http://www.wikipedia.org/wiki/Termoplastico)

14. [www.wymaengineering.co.nz](http://www.wymaengineering.co.nz).

15. [www.espumasesp.com](http://www.espumasesp.com)

**ANEXOS.**

# **ANEXO I**

## **PRUEBAS DE CAMPO**

<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>			
<b>CORTADORA DE FOMIX</b>			
<b>EMPRESA</b>	<b>F&amp;G</b>	<b>N. VERIFICADOR</b>	Ramón Cuaical.

FECHA	08-10-2007	NUMERO DE HOJA	1/2	
<b>PRUEBAS A REALIZARSE</b>				
<b>COMPROBACIÓN DE DIMENSIONES GENERALES</b>				
Dimensión a comprobar	Diseño	Prototipo	Aceptación	
			Si	No
Largo Total(mm)	2400	2020	X	
Ancho Total(mm)	1400	1330	X	
Altura Total(mm)	1100	1000	X	
<b>PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO EN VACÍO.</b>				
Funcionamiento Tiempo (min)	Tipo de sistema	Optimo	Pésimo	
5	Corte	X		
	Trans. de Potencia	X		
	Alimentación	X		
	Control.	X		
15	Corte	X		
	Trans. de Potencia	X		
	Alimentación	X		
	Control.	X		
30	Corte	X		
	Trans. de Potencia	X		
	Alimentación	X		
	Control.	X		

<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>			
<b>CORTADORA DE FOMIX</b>			
EMPRESA	F&G	N. VERIFICADOR	Ramón Cuaical.

FECHA	08-10-2007	NUMERO DE HOJA	2/2
<b>PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA</b>			
Funcionamiento Cantidad (pliegos)	Tipo de sistema	Optimo	Pésimo
1	Corte	X	
	Trans. de Potencia	X	
	Alimentación	X	
	Control.	X	
3	Corte	X	
	Trans. de Potencia	X	
	Alimentación	X	
	Control.	X	
6	Corte	X	
	Trans. de Potencia	X	
	Alimentación	X	
	Control.	X	
<b>ALINEACIÓN DE CUCHILLAS</b>			
Número de Cuchilla	Correcta	Incorrecta	
1	X		
2	X		
3	X		
<b>CAPACIDAD DE CORTE</b>			
Tiempo (min)	Número de formatos A4	Cumple	No Cumple
5	125	X	
15	375	X	
30	750	X	
45	1125	X	
60	1500	X	
<b>Notas:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La posición de las guías en la mesa de entrada fue corregida.</li> <li>• Se debe programa el variador de frecuencia antes de encender la cortadora de fomix.</li> </ul>			

## **ANEXO II**

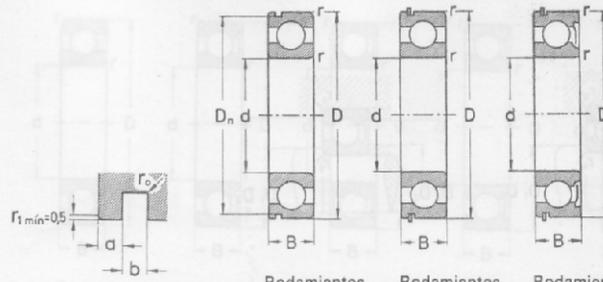
# **CATÁLOGOS DE RODAMIENTOS**

## a) Dimensiones, capacidades de carga y factores de FAG.

### Rodamientos FAG rígidos de bolas

con ranura circular de sujeción

Serie 62 N según DIN 625



Rodamientos con ranura circular de sujeción

Rodamientos con ranura circular de sujeción y anillo elástico

Rodamientos con ranura circular de sujeción, anillo elástico y una tapa de protección

### Dimensiones · Capacidades de carga · Factores

Denominación abreviada			Dimensiones						Capacidades de carga			
Rodamientos con ranura circular de sujeción <sup>1)</sup>	Rodamientos con ranura circular de sujeción y anillo elástico	Rodamientos con ranura circular de sujeción, anillo elástico y una tapa de protección	d	D	B	r	D <sub>n</sub> mm	a	b	r <sub>0</sub>	dinámica C kg	estática C <sub>0</sub> kg
62 00 N	62 00 NR	62 00 ZNR	10	30	9	1	28,17	2,06	1,35	0,4	465	270
62 01 N	62 01 NR	62 01 ZNR	12	32	10	1	30,15	2,06	1,35	0,4	540	315
62 02 N	62 02 NR	62 02 ZNR	15	35	11	1	33,17	2,06	1,35	0,4	810	360
62 03 N	62 03 NR	62 03 ZNR	17	40	12	1	38,10	2,06	1,35	0,4	750	455
62 04 N	62 04 NR	62 04 ZNR	20	47	14	1,5	44,60	2,46	1,35	0,4	1 000	630
62 05 N	62 05 NR	62 05 ZNR	25	52	15	1,5	49,73	2,46	1,35	0,4	1 120	720
62 06 N	62 06 NR	62 06 ZNR	30	62	16	1,5	59,61	3,28	1,9	0,6	1 530	1 020
62 07 N	62 07 NR	62 07 ZNR	35	72	17	2	68,81	3,28	1,9	0,6	2 000	1 400
62 08 N	62 08 NR	62 08 ZNR	40	80	18	2	76,81	3,28	1,9	0,6	2 280	1 600
62 09 N	62 09 NR	62 09 ZNR	45	85	19	2	81,81	3,28	1,9	0,6	2 550	1 830
62 10 N	62 10 NR	62 10 ZNR	50	90	20	2	86,79	3,28	2,7	0,6	2 850	2 120
62 11 N	62 11 NR	62 11 ZNR	55	100	21	2,5	96,80	3,28	2,7	0,6	3 400	2 550
62 12 N	62 12 NR	62 12 ZNR	60	110	22	2,5	106,81	3,28	2,7	0,6	4 150	3 150
62 13 N	62 13 NR	62 13 ZNR	65	120	23	2,5	115,21	4,06	3,1	0,6	4 650	3 600
62 14 N	62 14 NR	62 14 ZNR	70	125	24	2,5	120,22	4,06	3,1	0,6	4 900	3 800
62 15 N	62 15 NR	62 15 ZNR	75	130	25	2,5	125,22	4,06	3,1	0,6	5 200	4 150
62 16 N	62 16 NR	62 16 ZNR	80	140	26	3	135,23	4,90	3,1	0,6	5 700	4 550
62 17 N	62 17 NR		85	150	28	3	145,24	4,90	3,1	0,6	6 550	5 400
62 18 N	62 18 NR		90	160	30	3	155,22	4,90	3,1	0,6	7 200	6 100
62 19 N	62 19 NR		95	170	32	3,5	163,65	5,69	3,5	0,6	8 500	7 100
62 20 N	62 20 NR		100	180	34	3,5	173,66	5,69	3,5	0,6	9 650	8 000
62 21 N	62 21 NR		105	190	36	3,5	183,64	5,69	3,5	0,6	10 400	9 150
62 22 N	62 22 NR		110	200	38	3,5	193,65	5,69	3,5	0,6	11 200	10 200

<sup>1)</sup> Las dimensiones y tolerancias de las ranuras circulares de sujeción de los rodamientos se encuentran en la página 351.

$\frac{F_a}{C_0}$	e	Y
0,025	0,22	2,0
0,04	0,24	1,8
0,07	0,27	1,6
0,13	0,31	1,4
0,25	0,37	1,2
0,5	0,44	1,0

#### Carga dinámica equivalente

$$P = F_r \quad \text{para } \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P = 0,56 F_r + Y F_a \quad \text{para } \frac{F_a}{F_r} > e$$

#### Carga estática equivalente

$$P_0 = F_r \quad \text{para } \frac{F_a}{F_r} \leq 0,8$$

$$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a \quad \text{para } \frac{F_a}{F_r} > 0,8$$

**FAG**

## b) Rodamientos Rígidos de una hilera de bolas de KOYO.

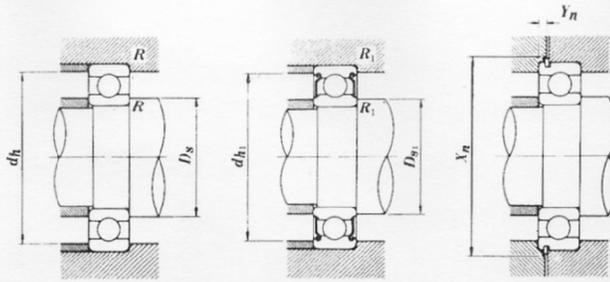
**Rodamientos Rígido de Una Hilera de Bolas**

Dimensiones Principales (mm)				No. de Rodamiento										Capacidad de Carga (kN)		Limite de Velocidad (rpm)		
d	D	B	r <sub>s</sub> <sup>(1)</sup> min.	Abierto	Placa de Protección		Sello sin Contacto		Sello con Contacto		Con Ranura Candado	Con Ranura y Candado	Dinámica C <sub>e</sub>	Estática C <sub>0</sub>	Lub. con Grasa		Lub. con Aceite	
				Z	ZZ	RU	2RU	RS	2RS	N	NR	Abierto Z, ZR, 2RU			RS, 2RS	Abierto Z		
22	44	12	0.6	60/22	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	9.40	5.15	17 000	10 000	20 000	
22	50	14	1	62/22	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	12.8	6.65	15 000	8 700	17 000	
22	56	16	1.1	63/22	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	18.5	9.40	13 000	7 500	15 000	
25	37	7	0.3	6805	-	-	-	-	-	-	-	-	4.30	2.95	18 000	-	21 000	
25	42	9	0.3	6905	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	4.55	16 000	-	19 000	
25	47	8	0.3	16005	-	-	-	-	-	-	-	-	8.85	5.60	15 000	-	18 000	
25	47	12	0.6	6005	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	10.1	5.85	15 000	9 300	18 000	
25	52	15	1	6205	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	14.0	7.85	13 000	7 700	15 000	
25	52	15	1	6205R	-	-	-	-	-	-	···N	···NR	17.6	9.30	13 000	-	16 000	
25	62	17	1.1	6305	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	20.6	11.3	11 000	6 700	13 000	
25	62	17	1.1	6305R	-	-	-	-	-	-	···N	···NR	26.2	13.4	11 000	-	14 000	
25	80	21	1.5	6405	-	-	-	-	-	-	-	-	36.1	19.4	9 100	-	11 000	
28	52	12	0.6	60/28	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	12.4	7.40	14 000	8 300	16 000	
28	58	16	1	62/28	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	17.9	9.75	12 000	7 000	14 000	
28	68	18	1.1	63/28	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	23.5	13.1	10 000	6 200	12 000	
30	42	7	0.3	6806	-	-	-	-	-	-	-	-	4.55	3.40	15 000	-	18 000	
30	47	9	0.3	6906	-	-	-	-	-	-	-	-	7.25	5.00	14 000	-	17 000	
30	55	9	0.3	16006	-	-	-	-	-	-	-	-	11.2	7.35	13 000	-	15 000	
30	55	13	1	6006	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	13.2	8.25	13 000	7 800	15 000	
30	62	16	1	6206	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	19.5	11.3	11 000	6 400	13 000	
30	62	16	1	6206R	-	-	-	-	-	-	···N	···NR	23.4	12.8	11 000	-	13 000	
30	72	19	1.1	6306	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	26.7	15.0	9 600	5 800	12 000	
30	72	19	1.1	6306R	-	-	-	-	-	-	···N	···NR	33.4	17.7	9 800	-	12 000	
30	90	23	1.5	6406	-	-	-	-	-	-	-	-	43.4	23.9	8 100	-	9 700	
32	58	13	1	60/32	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	15.0	9.15	12 000	7 300	14 000	
32	65	17	1	62/32	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	23.5	13.1	10 000	6 200	12 000	
32	75	20	1.1	63/32	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	30.1	16.2	9 300	5 600	11 000	
35	47	7	0.3	6807	-	-	-	-	-	-	-	-	4.75	3.85	13 000	-	16 000	
35	55	10	0.6	6907	-	-	-	-	-	-	-	-	10.9	7.75	12 000	-	14 000	
35	62	9	0.3	16007	-	-	-	-	-	-	-	-	12.2	8.85	11 000	-	13 000	
35	62	14	1	6007	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	15.9	10.3	11 000	6 700	13 000	
35	72	17	1.1	6207	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	25.7	15.4	9 200	5 500	11 000	
35	72	17	1.1	6207R	-	-	-	-	-	-	···N	···NR	31.0	17.5	9 300	-	11 000	
35	80	21	1.5	6307	···Z	···ZZ	···RU	···2RU	···RS	···2RS	···N	···NR	33.4	19.3	8 500	5 100	10 000	
35	80	21	1.5	6307R	-	-	-	-	-	-	···N	···NR	40.0	21.7	8 700	-	10 000	

[Nota 1] La dimensión del chaflán simple más pequeña permisible.

[Observación] Los tipos de jaulas normales usados para los rodamientos arriba indicados se muestran en la Tabla 2 de la página B-3.

Continuación.



Carga Dinámica Equivalente

$$P = X F_r + Y F_a$$

$\frac{F_a}{C_0}$	$\epsilon$	$\frac{F_a}{F_r} \leq \epsilon$		$\frac{F_a}{F_r} > \epsilon$	
		X	Y	X	Y
0.014	0.19				2.30
0.026	0.22				1.99
0.056	0.26				1.71
0.084	0.28				1.55
0.11	0.30				1.45
0.17	0.34	1	0	0.56	1.31
0.28	0.38				1.15
0.42	0.42				1.04
0.56	0.44				1.00

Carga Estática Equivalente

$P_0 = 0.6 F_r + 0.5 F_a$   
 Sin embargo, se toma  $P_0 = F_r$  cuando  $P_0 < F_r$

Dimensiones de la Ranura para Candado y Candado (mm)										(Refer.) Dimensiones de los Resaltes (mm)						Peso de Refer. (kg)	No. de Rod.
$D_n$	$a_n$	$b_n$	$r_n$	$S$	$E$	$f$	$X_n$	$Y_n$	Abierto			Placa de Protección y Sello					
									$D_s$	$d_h$	$R$	$D_{s1}$	$d_{h1}$	$R_1$			
Máx.	Máx.	$\pm 0.15$	Máx.	Máx.	Máx.	$\pm 0.05$	Refer.	Máx.	Mín.	Máx.	Máx.	Mín.	Máx.	Máx.	Máx.		
41.75	2.05	1.5	0.4	3.18	48.3	1.07	49	2.92	27	39	0.6	26.5	26.5	39	0.6	0.073	60/22
47.6	2.46	1.5	0.4	3.58	55.7	1.07	56.5	3.33	28	44	1	27	27	44	1	0.118	62/22
53.6	2.46	1.5	0.4	3.58	61.7	1.07	62.5	3.33	29	49	1	29	30	49	1	0.201	63/22
-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5	34.5	0.3	-	-	-	-	0.022	6805
-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5	39.5	0.3	-	-	-	-	0.041	6905
-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5	44.5	0.3	-	-	-	-	0.060	16005
44.6	2.05	1.5	0.4	3.18	52.7	1.07	53.5	2.92	30	42	0.6	29	29	42	0.6	0.080	6005
49.73	2.46	1.5	0.4	3.58	57.9	1.07	58.5	3.33	31	46	1	31	31	46	1	0.128	6205
49.73	2.46	1.5	0.4	3.58	57.9	1.07	58.5	3.33	31	46	1	-	-	-	-	0.138	6205R
59.61	3.28	2.05	0.6	4.98	67.7	1.65	68.5	4.67	32	55	1	32	34.5	55	1	0.232	6305
59.61	3.28	2.05	0.6	4.98	67.7	1.65	68.5	4.67	32	55	1	-	-	-	-	0.255	6305R
-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.5	71.5	1.5	-	-	-	-	0.530	6405
49.73	2.05	1.5	0.4	3.18	57.9	1.07	58.5	2.92	33	47	0.6	32.5	32.5	47	0.6	0.097	60/28
55.6	2.46	1.5	0.4	3.58	63.7	1.07	64.5	3.33	34	52	1	34	34.5	52	1	0.173	62/28
64.82	3.28	2.05	0.6	4.98	74.6	1.65	76	4.67	35	61	1	35	38	61	1	0.328	63/28
-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.5	39.5	0.3	-	-	-	-	0.026	6806
-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.5	44.5	0.3	-	-	-	-	0.045	6906
-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.5	52.5	0.3	-	-	-	-	0.085	16006
52.6	2.08	1.5	0.4	3.20	60.7	1.07	61.5	2.9	36	49	1	34.5	34.5	49	1	0.116	6006
59.61	3.28	2.05	0.6	4.98	67.7	1.65	68.5	4.67	36	56	1	36	37	56	1	0.199	6206
59.61	3.28	2.05	0.6	4.98	67.7	1.65	68.5	4.67	36	56	1	-	-	-	-	0.212	6206R
68.81	3.28	2.05	0.6	4.98	78.6	1.65	80	4.67	37	65	1	37	41.5	65	1	0.346	6306
68.81	3.28	2.05	0.6	4.98	78.6	1.65	80	4.67	37	65	1	-	-	-	-	0.379	6306R
-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.5	81.5	1.5	-	-	-	-	0.735	6406
55.6	2.08	1.5	0.4	3.20	63.7	1.07	64.5	2.9	38	52	1	36.5	36.5	52	1	0.127	60/32
62.6	3.28	2.05	0.6	4.98	70.7	1.65	71.5	4.67	38	59	1	38	38.5	59	1	0.228	62/32
71.83	3.28	2.05	0.6	4.98	81.6	1.65	83	4.67	39	68	1	39	41.5	68	1	0.437	63/32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.5	44.5	0.3	-	-	-	-	0.030	6807
-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	50	0.6	-	-	-	-	0.073	6907
-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.5	59.5	0.3	-	-	-	-	0.110	16007
59.61	2.08	2.05	0.6	3.78	67.7	1.65	68.5	3.48	41	56	1	40.5	40.5	56	1	0.155	6007
68.81	3.28	2.05	0.6	4.98	78.6	1.65	80	4.67	42	65	1	42	44	65	1	0.288	6207
68.81	3.28	2.05	0.6	4.98	78.6	1.65	80	4.67	42	65	1	-	-	-	-	0.309	6207R
76.81	3.28	2.05	0.6	4.98	86.6	1.65	88	4.67	43.5	71.5	1.5	43.5	46.5	71.5	1.5	0.457	6307
76.81	3.28	2.05	0.6	4.98	86.6	1.65	88	4.67	43.5	71.5	1.5	-	-	-	-	0.494	6307R

### c) Chumaceras de KOYO.

**PILLOW BLOCK UNITS (Cast Housing)**  
**UCP 200 SERIES**  
 set screw locking

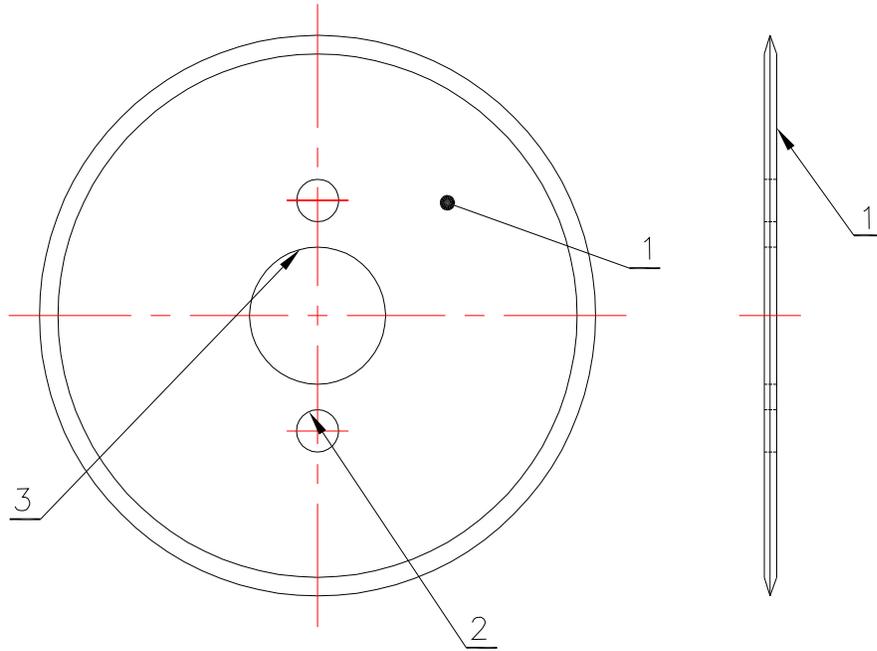
UNIT NO.	SHAFT DIA. d		BEARING NO.	DIMENSIONS										BOLT SIZE	HOUSING NO.	WEIGHT kg
	inch	mm		h	a	e	b	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	g	w	Bi	n			
UCP201 201-08 202-09 202 202-10 203 203-11	1/2 3/8	12 15	UC201 201-08 202-09 202 202-10 203 203-11	1 1/8 30.2	5 127	3 3/8 95	1 1/4 38	1/2 13	1/2 19	1/2 12	2 1/4 60	1.2205 12.7	0.5000 12.7	1/2 M10	P203	0.61
UCP204-12 204	3/4	20	UC204-12 204	1 1/8 33.3	5 127	3 3/8 95	1 1/4 38	1/2 13	1/2 19	1/2 13	2 1/4 64	1.2205 12.7	0.5000 12.7	1/2 M10	P204	0.69
UCP205-13 205-14 205-15 205 205-16	7/8 7/8 7/8 7/8 1	25	UC205-13 205-14 205-15 205 205-16	1 1/8 36.5	5 1/2 140	4 1/4 105	1 1/4 38	1/2 13	1/2 19	1/2 13	2 3/4 71	1.3386 34	0.5630 14.3	1/2 M10	P205	0.81
UCP206-17 206-18 206 206-19	1 1/8 1 1/8 1 1/8 1 1/8	30	UC206-17 206-18 206 206-19	1 1/8 42.9	6 1/2 165	4 3/4 121	1 1/4 48	1/2 17	1/2 21	1/2 15	3 3/4 84	1.5000 38.1	0.6260 15.9	1/2 M14	P206	1.3
UCP207-20 207-21 207-22 207	1 1/4 1 1/4 1 1/4 1 1/4	35	UC207-20 207-21 207-22 207	1 1/4 47.6	6 3/4 167	5 127	1 1/4 48	1/2 17	1/2 21	1/2 16	3 3/4 93	1.6890 42.9	0.6890 17.5	1/2 M14	P207	1.6
UCP208-24 208-25 208	1 1/2 1 1/2 1 1/2	40	UC208-24 208-25 208	1 1/2 49.2	7 1/4 184	5 1/4 137	2 1/4 54	1/2 17	1/2 21	1/2 17	3 3/4 98	1.9370 49.2	0.7480 19	1/2 M14	P208	2.0
UCP209-26 209-27 209-28 209	1 3/4 1 3/4 1 3/4 1 3/4	45	UC209-26 209-27 209-28 209	1 3/4 54.0	7 3/4 190	5 3/4 146	2 1/4 54	1/2 17	1/2 21	1/2 17	4 1/4 106	1.9370 49.2	0.7480 19	1/2 M14	P209	2.3
UCP210-29 210-30 210-31 210	1 3/4 1 3/4 1 3/4 1 3/4	50	UC210-29 210-30 210-31 210	1 3/4 57.2	8 1/4 206	6 1/4 159	2 3/4 60	1/2 20	1/2 22	1/2 19	4 1/4 113	2.0315 51.6	0.7480 19	1/2 M16	P210	2.9
UCP211-32 211-33 211-34 211 211-35	2 2 1/8 2 1/8 2 1/8 2 1/8	55	UC211-32 211-33 211-34 211 211-35	2 63.0	8 1/4 219	6 3/4 171	2 3/4 60	1/2 20	1/2 22	1/2 19	4 3/4 125	2.1890 55.6	0.8740 22.2	1/2 M16	P211	3.7
UCP212-36 212-37 212 212-38 212-39	2 1/4 2 1/4 2 1/4 2 1/4 2 1/4	60	UC212-36 212-37 212 212-38 212-39	2 1/4 69.8	9 1/4 241	7 1/4 184	2 3/4 70	1/2 20	1 25	1/2 22	5 1/4 138	2.5630 65.1	1.0000 25.4	1/2 M16	P212	4.9
UCP213-40 213	2 1/2	65	UC213-40 213	3 76.2	10 1/4 265	8 203	2 3/4 70	1 25	1 1/4 30	1 25	5 3/4 150	2.5630 65.1	1.0000 25.4	1/2 M20	P213	6.0
UCP214-43 214-44 214	2 3/4 2 3/4 2 3/4	70	UC214-43 214-44 214	3 1/4 79.4	10 3/4 266	8 3/4 210	2 3/4 72	1 25	1 1/4 30	1 1/4 28	6 3/4 156	2.9370 74.6	1.1890 30.2	1/2 M20	P214	6.8
UCP215-46 215-47 215 215-48	2 3/4 2 3/4 2 3/4 3	75	UC215-46 215-47 215 215-48	3 1/4 82.6	10 3/4 275	8 3/4 217	2 3/4 74	1 25	1 1/4 30	1 1/4 28	6 3/4 162	3.0630 77.8	1.3310 33.3	1/2 M20	P215	7.3
UCP216	3	80	UC216	3 1/2 88.9	11 1/4 292	9 1/4 232	3 3/4 78	1 25	1 1/4 35	1 1/4 33	6 3/4 174	3.2520 82.6	1.3110 33.3	1/2 M20	P216	9.0
UCP217-52 217	3 1/2	85	UC217-52 217	3 1/2 95.2	12 1/4 310	9 3/4 247	3 3/4 83	1 25	1 1/4 40	1 1/4 32	7 1/4 185	3.3740 85.7	1.3425 34.1	1/2 M20	P217	10.8
UCP218-56 218	3 1/2	90	UC218-56 218	4 101.6	12 3/4 327	10 3/4 262	3 3/4 88	1 1/4 27	1 1/4 45	1 1/4 34	7 3/4 198	3.7795 96	1.5630 39.7	1/2 M22	P218	14.0

Note: 1) See page 151 for detail dimensions and basic load ratings of insert bearings.  
 2) Recommended grease nipple size; UCP201 - 210... "1/4-2BUNF", UCP211 - 218... "PT 1/8"  
 3) Units with LII (double lip) or LIII (triple lip) type seals are identified from others by the suffix "LII" (201-205) or "LIII" (206-218).

## **ANEXO III**

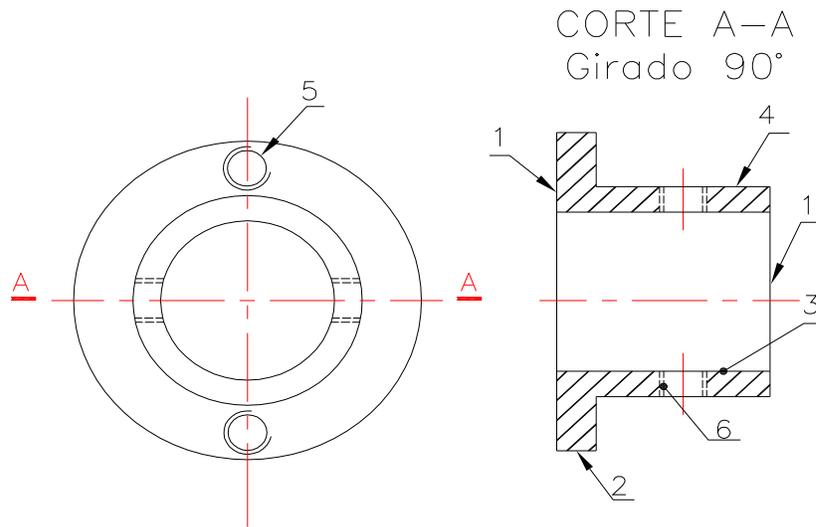
# **HOJAS DE PROCESOS**

<b>CORTADORA DE FOMIX</b>	<b>ELEMENTO: CUCHILLA</b>	<b>Nº DE PLANO: 1.2303.111</b>	<b>CANTIDAD DE PIEZAS: 3</b>	<b>MATERIAL: ACERO ASTM K110</b>
---------------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------------	----------------------------------



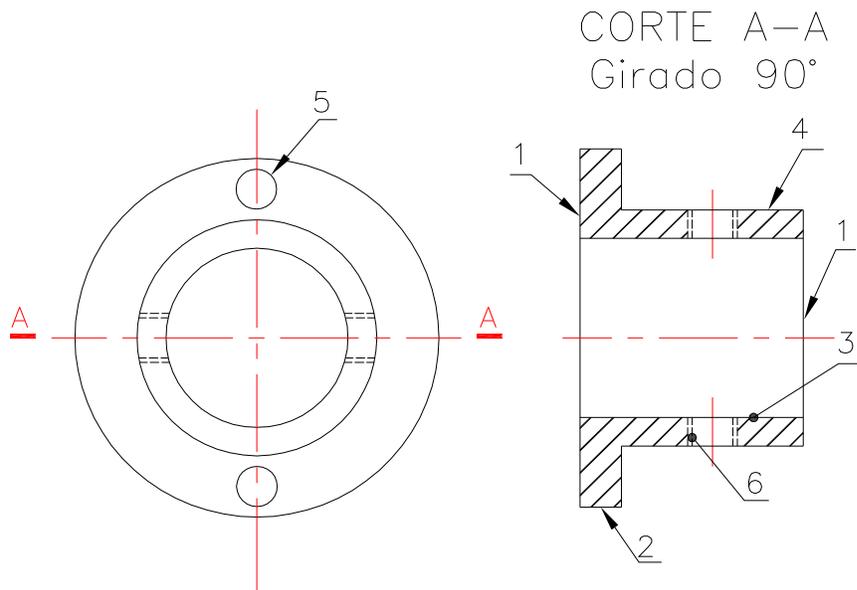
<b>Superficie</b>	<b>Operación</b>	<b>Velocidad (RPM)</b>	<b>Nº Pasadas</b>	<b>Profundidad (mm)</b>	<b>Tiempo (min.)</b>
1	Trazado				5
2	Electroerosionar agujero pasante $\varnothing = 7$ mm				10
3	Electroerosionar agujero pasante $\varnothing = 22$ mm				20

<b>CORTADORA DE FOMIX</b>	<b>ELEMENTO: SOPORTE DERECHO CUCHILLA</b>	<b>Nº DE PLANO: 1.2303.113</b>	<b>CANTIDAD DE PIEZAS: 3</b>	<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>
---------------------------	-------------------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------------



Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min.)
1	Refrentar	375	1	1	3
2	Cilindrar $\varnothing = 44$ mm	375	1	1	5
3	Perforar broca $\varnothing = 8$ mm	130	1	27	4
	Cilindrar interior $\varnothing = 22$ mm	375	4	27	10
4	Cilindrar $\varnothing = 29$ mm	375	3	22	10
5	Fresar 2 agujeros equidistantes $\varnothing = 5$ mm	110	1	5	20
	Machuelar M6		3		15
6	Fresar 2 agujeros colineales $\varnothing = 5$ mm	110	1	3.5	15
	Machuelar M6		3		15

<b>CORTADORA DE FOMIX</b>	<b>ELEMENTO: SOPORTE IZQUIERDO CUCHILLA</b>	<b>Nº DE PLANO: 1.2303.112</b>	<b>CANTIDAD DE PIEZAS: 3</b>	<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>
---------------------------	---------------------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------------



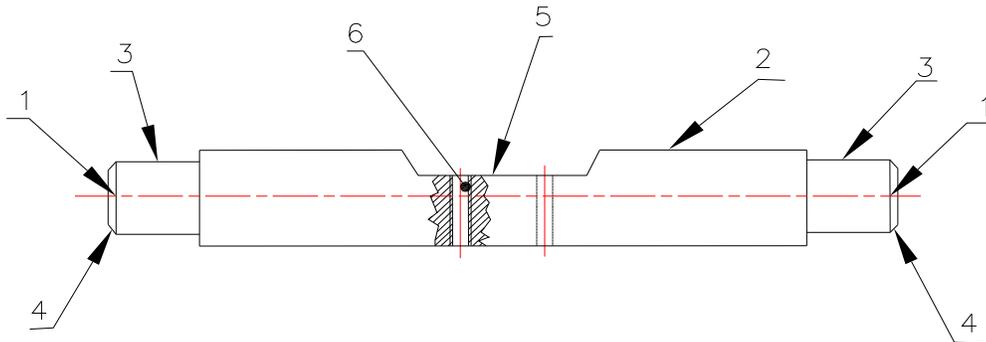
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min.)
1	Refrentar	375	1	1	3
2	Cilindrar $\varnothing = 44$ mm	375	1	1	5
3	Perforar broca $\varnothing = 8$ mm	130	1	27	4
	Cilindrar interior $\varnothing = 22$ mm	375	4	27	10
4	Cilindrar $\varnothing = 29$ mm	375	3	22	10
5	Fresar 2 agujeros equidistantes $\varnothing = 6$ mm	110	1	5	20
6	Fresar 2 agujeros colineales $\varnothing = 6$ mm	110	1	3.5	15
	Machuelar M6		3		15





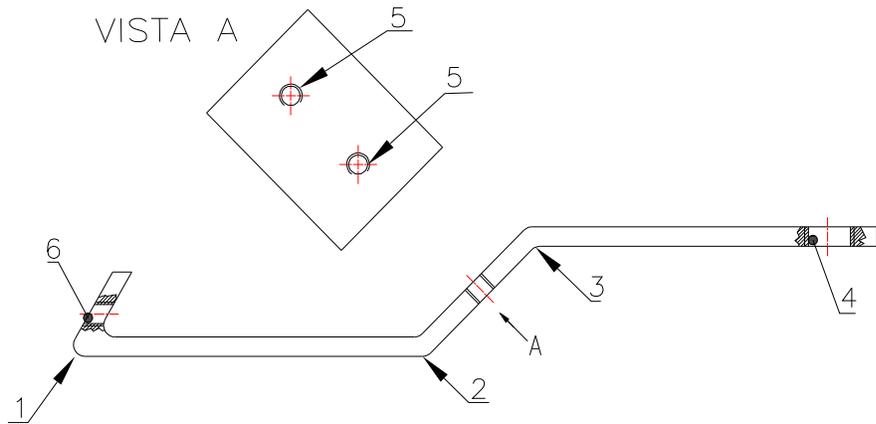


<b>CORTADORA DE FOMIX</b>	<b>ELEMENTO: EJE SOPORTE DE MÁQUINA TRANSVERSAL</b>	<b>Nº DE PLANO: 1.2303.110</b>	<b>CANTIDAD DE PIEZAS: 1</b>	<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>
---------------------------	-----------------------------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------------



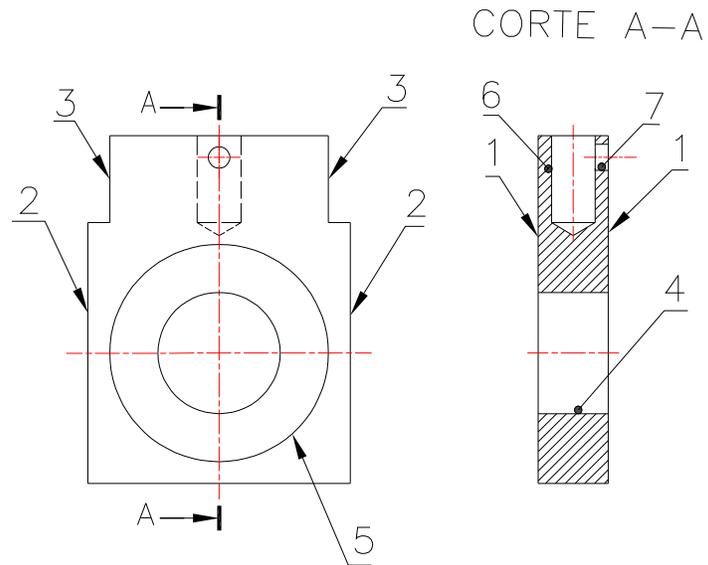
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min.)
1	Refrentar	375	1	1	3
2	Cilindrar $\varnothing = 12\text{mm}$	375	1	1	5
3	Cilindrar $\varnothing = 10\text{mm}$	375	1	1	10
4	Realizar chaflán	375	1	2x45°	5
5	Fresar canal 28 mm	110	3	4	20
6	Perforar broca $\varnothing = 3\text{mm}$	130	1	6	5
	Machuelar M4		3		15

<b>CORTADORA DE FOMIX</b>	<b>ELEMENTO: SOPORTE DE MANGO</b>	<b>Nº DE PLANO: 1.2303.120</b>	<b>CANTIDAD DE PIEZAS: 1</b>	<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>
---------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------------



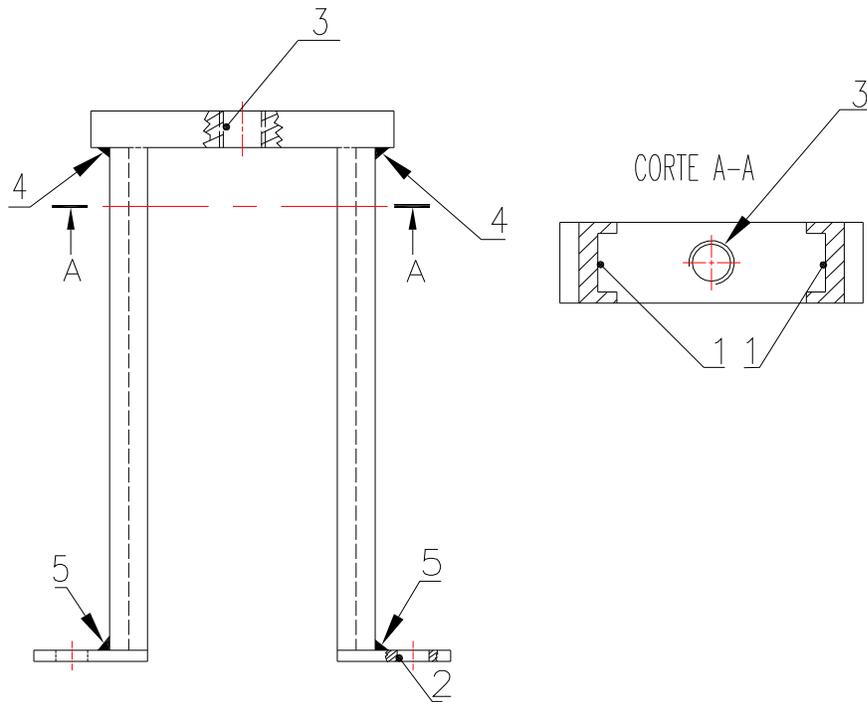
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min.)
1	Doblado manual 60°x20mm				10
2	Doblado manual 45°x40mm				10
3	Doblado manual				10
4	Taladrar broca Ø = 9mm	130	1	5	5
	Machuelar M12		3		15
5	Taladrar 2 agujeros con broca Ø = 4mm	130	1	5	10
	Machuelar M6		3		15
6	Taladrar 2 agujeros con broca Ø = 4mm	130	1	5	10
	Machuelar M6		3		15

<b>CORTADORA DE FOMIX</b>	<b>ELEMENTO: PORTARODAMIENTOS</b>	<b>Nº DE PLANO: 1.2303.202</b>	<b>CANTIDAD DE PIEZAS: 4</b>	<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>
---------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------



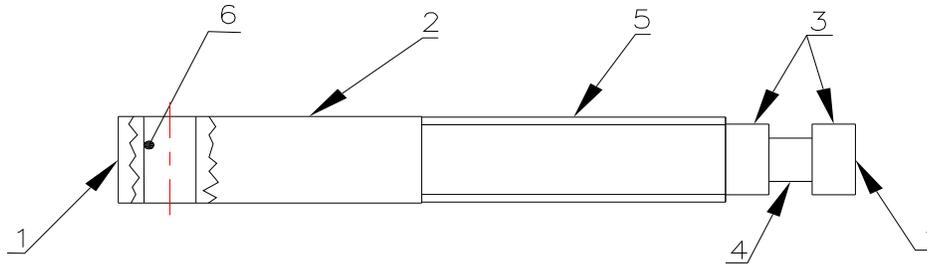
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min.)
1	Refrentar	375	2	1	5
2	Fresar caras paralelas	110	2	2	15
3	Fresar L = 20mm	110	3	5	20
4	Taladrar $\varnothing = 12\text{mm}$	130	1	16	4
	Cilindrar interior $\varnothing = 22\text{mm}$	375	5	16	20
5	Cilindrar interior $\varnothing = 50\text{mm}$	375	10	14	20
6	Taladrar $\varnothing = 10\text{mm}$	130	1	22	5
7	Taladrar $\varnothing = 4\text{mm}$	130	1		3
	Machuelar M6		3		10

<b>CORTADORA DE FOMIX</b>	<b>ELEMENTO: SOPORTE AUTOAJUSTABLE</b>	<b>Nº DE PLANO: 1.2303.201</b>	<b>CANTIDAD DE PIEZAS: 4</b>	<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>
---------------------------	------------------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------------



Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min.)
1	Fresar guías L = 140mm	110	3	5	15
2	Taladrar $\varnothing = 10\text{mm}$	130	1	3	5
3	Taladrar $\varnothing = 10\text{mm}$	130	1	10	5
	Machuelar M12		3		15
4	Soldar tapa con guías				
5	Soldar patas con guías				

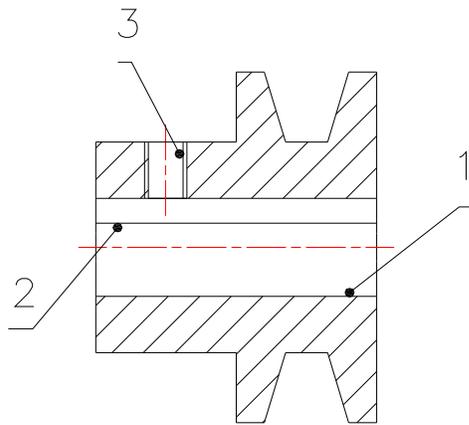
<b>CORTADORA DE FOMIX</b>	<b>ELEMENTO: TORNILLO REGULADOR</b>	<b>Nº DE PLANO: 1.2303.203</b>	<b>CANTIDAD DE PIEZAS: 4</b>	<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>
---------------------------	-------------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------------



Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min.)
1	Refrentar	375	1	1	5
2	Cilindrar $\varnothing = 12\text{mm}$	375	2	2	7
3	Cilindrar $\varnothing = 10\text{mm};$ $L=15\text{mm}$	375	1	2	7
4	Tronzar	375	2	2	5
5	Roscado exterior	90	2		10
6	Taladrar $\varnothing = 6\text{mm}$	130	1	12	5



<b>CORTADORA DE FOMIX</b>	<b>ELEMENTO: POLEA MOTRIZ</b>	<b>Nº DE PLANO: 1.2303.116</b>	<b>CANTIDAD DE PIEZAS: 1</b>	<b>MATERIAL: ALUMINIO</b>
---------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------



<b>Superficie</b>	<b>Operación</b>	<b>Velocidad (RPM)</b>	<b>Nº Pasadas</b>	<b>Profundidad (mm)</b>	<b>Tiempo (min.)</b>
1	Taladrar $\varnothing = 10 \text{ mm}$	130	1	40	5
	Cilindrar interior $\varnothing = 14\text{mm}$	375	2	40	10
2	Fresar chavetero	110	2	2	10
3	Machuelar M6		3		15

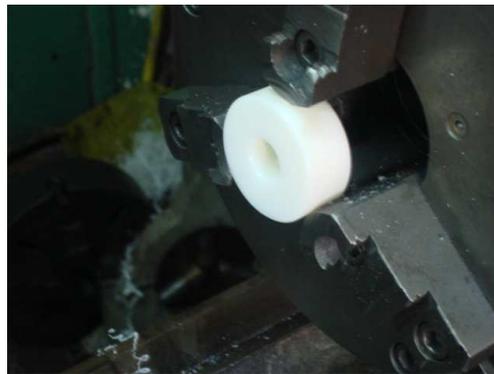


## **ANEXO IV**

# **FOTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA**



**Fig. 1 Cuchilla y soportes**



**Fig. 2 Cilindrado de duralon para construcción de engranes de 60mm**



**Fig. 3 Construcción de engranes de 60mm con el uso del cabezal divisor**



**Fig. 4 Construcción de engranes de 150mm con el uso del cabezal divisor**



**Fig. 5 Construcción de soporte ajustable**



**Fig. 6 Construcción de soportes ajustables terminados**



**Fig. 7 Rodillos vulcanizados**



**Fig. 8 Construcción estructura mesas**



**Fig. 9 Montaje de sistema de transmisión de potencia**



Fig. 10 Montaje de la máquina



**Fig. 11 Máquina terminada de construir**



**Fig. 12 Máquina funcionando**

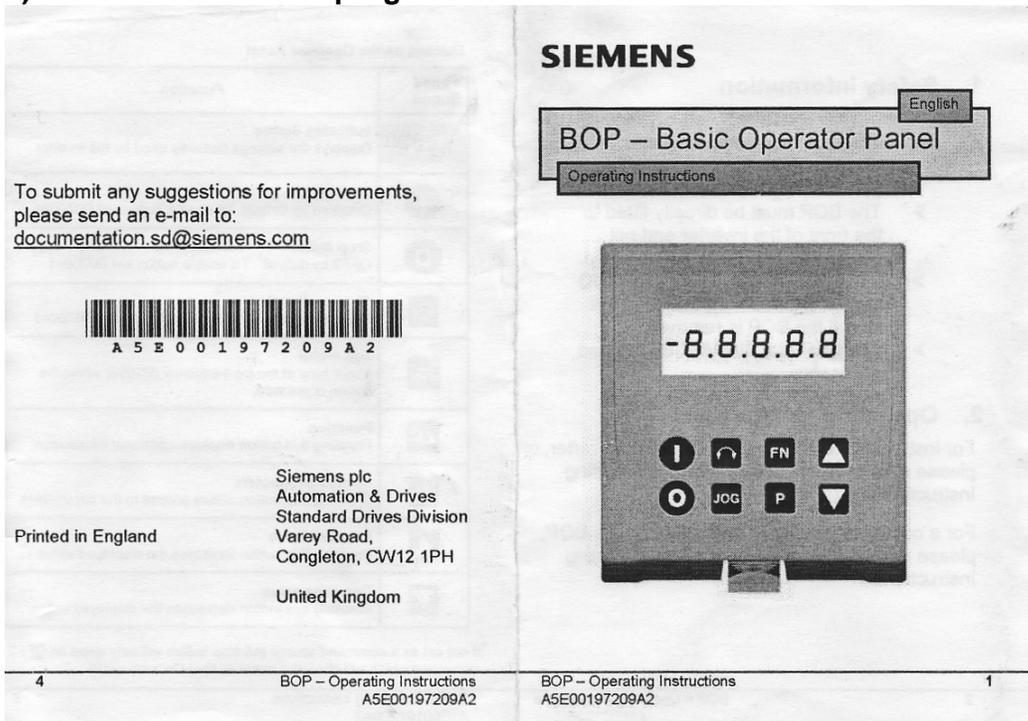


**Fig. 13 Pruebas de campo**

## **ANEXO V**

# **MANUALES DE EQUIPOS UTILIZADOS**

**a) Manual del Panel de programación del variador de frecuencia**



To submit any suggestions for improvements,  
please send an e-mail to:  
[documentation.sd@siemens.com](mailto:documentation.sd@siemens.com)



Printed in England

Siemens plc  
Automation & Drives  
Standard Drives Division  
Varey Road,  
Congleton, CW12 1PH  
  
United Kingdom

**SIEMENS**

English

**BOP - Basic Operator Panel**

Operating Instructions



## 1. Safety Information



- The BOP can be fitted to and removed from the inverter whilst power is applied.
- The BOP must be directly fitted to the front of the inverter and not connected remotely using a cable.
- If the BOP has been set as the I/O control (P0700 = 1), the drive will stop if the BOP is removed.
- The BOP is a SINAMICS UL listed accessory.

## 2. Operating Instructions

For instructions on fitting the BOP to the inverter, please refer to the SINAMICS G110 Operating Instructions.

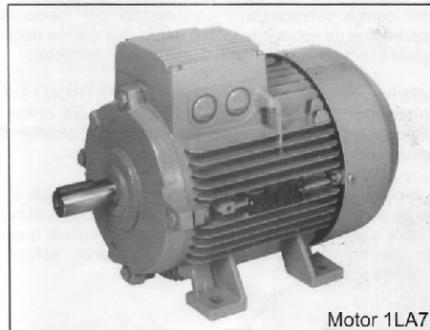
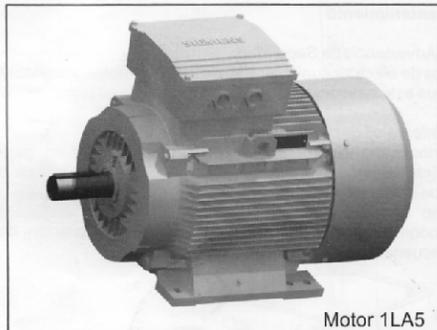
For a complete functional description of the BOP, please refer to the SINAMICS G110 Operating Instructions.

### Buttons on the Operator Panel

Panel/ Button	Function
	<b>Indicates Status</b> Displays the settings currently used by the inverter.
	<b>Start motor</b> Disabled by default. To enable button set P0700=1
	<b>Stop motor</b> OFF2 by default <sup>1</sup> . To enable button set P0700=1
	<b>Change direction</b> Disabled by default. To enable button set P0700=1
	<b>Jog motor</b> Motor runs at the jog frequency (P1058) whilst the button is pressed.
	<b>Function</b> Pressing this button displays additional information.
	<b>Access parameters</b> Pressing this button allows access to the parameters.
	<b>Increase value</b> Pressing this button increases the displayed value.
	<b>Decrease value</b> Pressing this button decreases the displayed value.

<sup>1</sup>If not set as a command source the stop button will only issue an OFF2 command which will allow the motor to coast to a standstill.

## b) Manual del motor trifásico de 1800 RPM 0,75 HP



### 1. Generalidades

Para evitar accidentes personales y/o daños en el motor, lea cuidadosamente estas instrucciones antes de poner en funcionamiento el equipo.

### 2. Descripción.

Este es un motor de inducción con rotor jaula de ardilla para baja tensión.

#### 2.1. Normas

El motor cumple con la norma IEC 34 y sus equivalentes VDE 0530 y NTC (ICONTEC). Adicionalmente hay ejecuciones según los requerimientos de otras normas como la norma NEMAMG 1.

Siemens posee un sistema de aseguramiento de calidad, certificado según norma NTC- ISO 9001, que garantiza que el motor es diseñado, fabricado y probado según las mas altas exigencias de norma y del cliente.

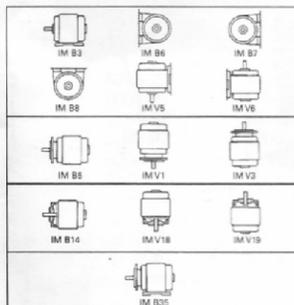
#### 2.2 Grado de protección

El motor tiene un grado de protección IP55 de acuerdo con IEC 34-5, en ejecución estándar.

El grado de protección se indica, para cada motor, en la placa de características.

#### 2.3. Forma constructiva

La forma constructiva suministrada, de acuerdo con IEC 34-7, se indica en la placa de características. El motor se puede instalar según lo indicado en cada uno de los siguientes grupos:



Si se desea utilizar el motor en una forma constructiva distinta a la indicada, favor consultar previamente debido a eventuales modificaciones que se requieran según el caso.

### 3. Montaje

#### 3.1. Almacenamiento

El motor se debe almacenar en un lugar cerrado y libre de humedad hasta el momento de la instalación.

#### 3.2. Instalación

Para la instalación del motor deben tenerse en cuenta, como mínimo, las siguientes recomendaciones:

- El motor debe ser instalado de tal manera que el aire de refrigeración pueda circular libremente.
- El motor debe estar perfectamente alineado con su carga.
- Preferiblemente emplear acoples flexibles.
- La carga debe estar muy bien balanceada para evitar vibraciones anormales.
- Téngase en cuenta que el rotor ha sido equilibrado dinámicamente en la fábrica con la chaveta colocada en el eje.
- Si el montaje es tal que el eje queda en posición vertical, debe garantizarse que el agua no entre al rodamiento superior.
- En caso de accionamiento por correa debe preverse que el motor sea montado sobre rieles tensores o sobre una base desplazable, para poder ajustar la tensión y retensarla cuando sea necesario. Si la correa queda excesivamente tensionada, se pueden producir daños en los rodamientos.
- Remover con varsol o similar, la capa de protección contra el óxido aplicada al eje en la fábrica. Debe evitarse que el líquido limpiador penetre en el rodamiento pues lo puede dañar. No use tela de esmeril ni ningún otro abrasivo para la limpieza del eje.
- Para ensamblar el elemento de acople (polea, rueda dentada, etc.), utilice un dispositivo adecuado de montaje. En ningún caso golpee el eje ni el elemento acoplado a él, pues se pueden producir daños en los rodamientos.

#### 3.3 Conexión

Para la conexión eléctrica del motor, se recomienda el siguiente procedimiento:

- Si el motor ha estado almacenado por un periodo largo en un lugar húmedo, mida la resistencia de aislamiento del devanado respecto a tierra. Si dicha resistencia resulta menor de 30 Mohm a una temperatura del devanado de 25°C, medida con 500V, o bien, inferior a 1 Mohm a 75°C, medida con 500V, es preciso secar los devanados.

- Compare la tensión de la red con la nominal del motor que se indica en la placa de características. Seleccione los cables de calibres adecuados a la corriente nominal del motor.

- Proteja el motor atendiendo una de las siguientes alternativas:

...Con guardamotor tipo 3RV, cuya función es proteger el motor contra sobrecarga y cortocircuito por medio de disparadores de sobre-intensidad regulables que se deben graduar exactamente a la intensidad nominal del motor.

...Mediante interruptores 3MCCB/VF22/SENTRON 3VL, Contactores 3RT y relés bimetálicos 3RU para obtener protección contra cortocircuito y sobrecarga, permitiendo además control a distancia.

- En lo posible, los cables de alimentación deben llegar a la caja de bornes dentro de tubo flexible de protección, el cual se fijará a ella mediante acople adecuado. Verificar que la caja de bornes quede sometida al menor esfuerzo mecánico posible.

- Conecte el motor de acuerdo con el esquema de conexiones que se encuentra adherido a la tapa de la caja de bornes. Al terminar las conexiones coloque nuevamente la tapa y asegúrese de que quede bien cerrada, para garantizar el grado de protección indicado.

- Verifique el sentido de giro del motor.

Lo puede cambiar intercambiando dos de las líneas de alimentación.

#### 4. Mantenimiento

##### 4.1. Advertencia de Seguridad

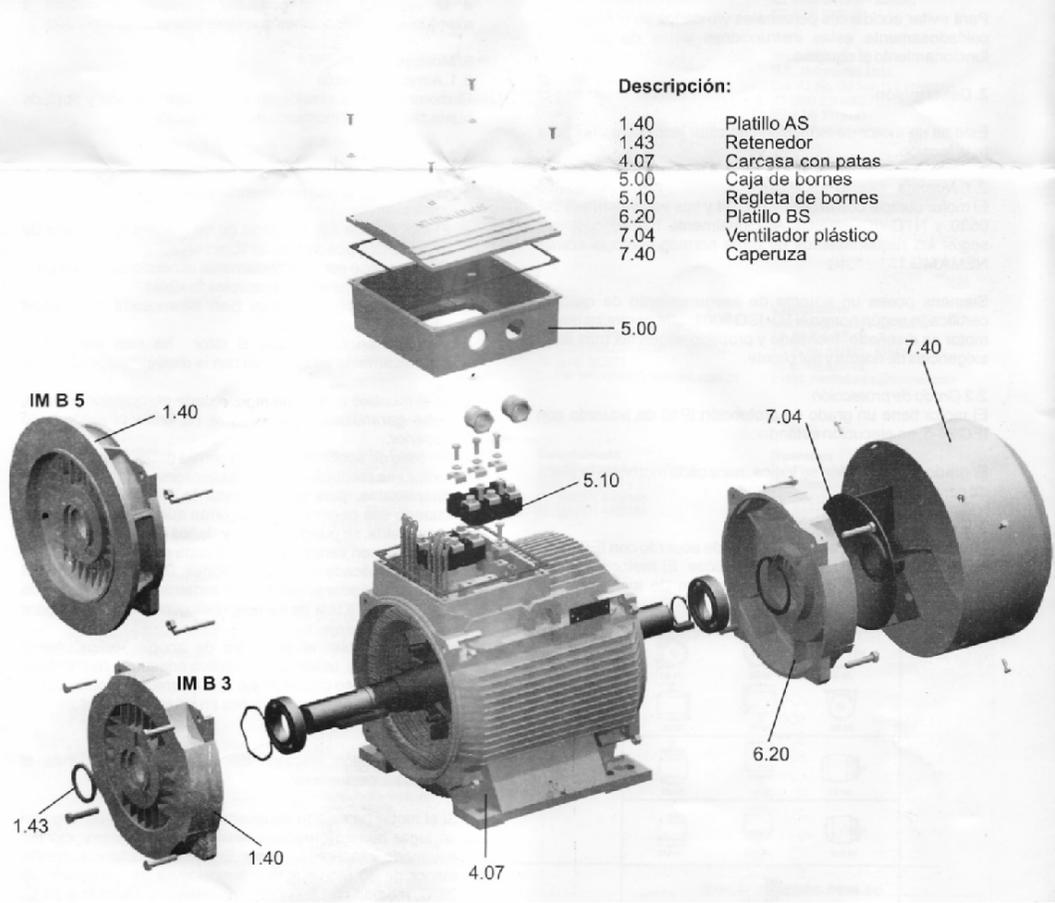
Antes de efectuar cualquier trabajo sobre el motor, asegúrese de que esté desconectado y que no es posible su reconexión.

##### 4.2 Intervalos de mantenimiento

Es necesario efectuar periódicamente inspecciones para verificar que no haya anomalías que puedan conducir a daños mayores.

Como las condiciones de servicio son tan variadas, los periodos de inspección dependen del sitio de instalación, de la frecuencia de maniobras, de la carga, etc.

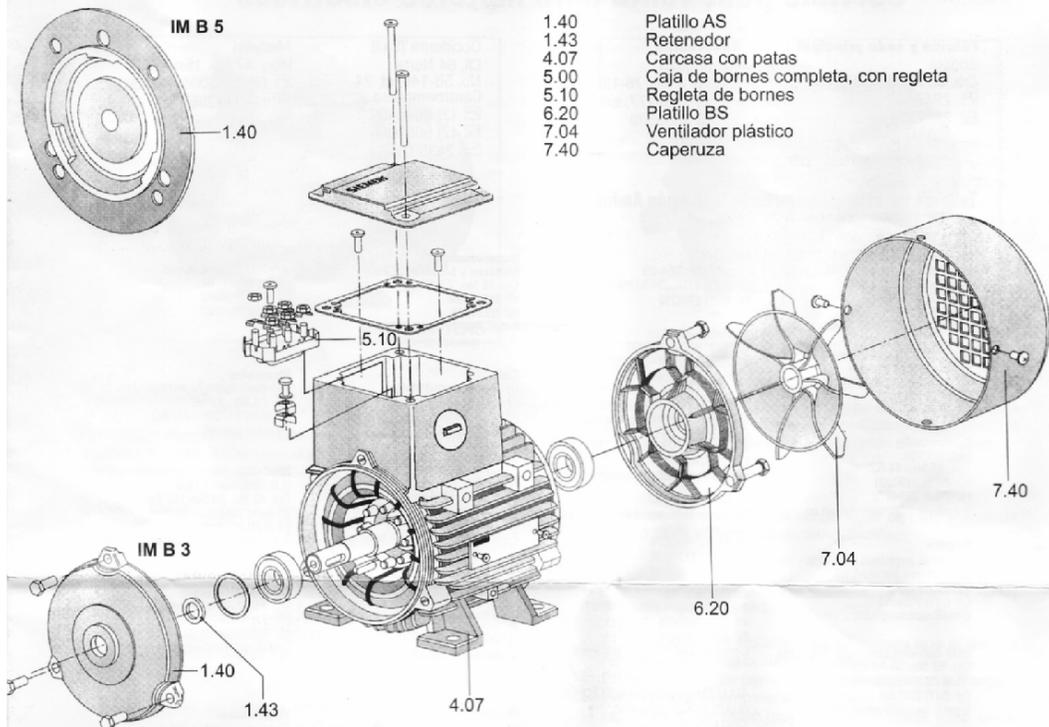
## Motores Trifásicos 1LA5



#### Descripción:

1.40	Platillo AS
1.43	Retenedor
4.07	Carcasa con patas
5.00	Caja de bornes
5.10	Regleta de bornes
6.20	Platillo BS
7.04	Ventilador plástico
7.40	Caperuza

# Motores Trifásicos 1LA7



## Descripción:

1.40	Platillo AS
1.43	Retenedor
4.07	Carcasa con patas
5.00	Caja de bornes completa, con regleta
5.10	Regleta de bornes
6.20	Platillo BS
7.04	Ventilador plástico
7.40	Caperuza

### 4.3. Lubricación

Los motores tienen rodamientos rígidos de bolas con dos tapas de protección (tipo 2Z) y prelubricados. Los rodamientos tienen juego interno C3 y su designación está dada en la siguiente tabla:

Tipo	Lado AS	Lado BS
1LA7 071	6202-2Z	6202-2Z
1LA7 080	6004-2Z	6004-2Z
1LA7 090	6205-2Z	6004-2Z
1LA7 100	6206-2Z	6205-2Z
1LA7 112	6206-2Z	6205-2Z
1LA7 132	6208-2Z	6208-2Z
1LA7 160	6209-2Z	6209-2Z
1LA5 180	6210-Z	6210-Z
1LA5 200	6212-Z	6212-Z
1LA5 225	6213-Z	6213-Z

Para montar nuevos rodamientos, en caso de ser necesario, debe tenerse en cuenta su tipo y tamaño. Los rodamientos, se pueden montar a presión mediante dispositivos mecánicos o hidráulicos, o mediante calentamiento en seco.

### 4.4. Limpieza

En cada inspección debe limpiarse el polvo que se haya acumulado en la superficie externa del motor. Puede usarse para ello aire seco a presión.

### 4.5. Piezas de repuesto

Al efectuar el pedido de repuestos, por favor indique el tipo de motor y el número de fabricación, información que se encuentra en la carcasa. En la figura anexa se indican las piezas de recambio.

### 4.6. Disposición final

Al terminar la vida útil del motor tenga en cuenta que:

- Las partes constitutivas hechas de hierro, aluminio, cobre, acero o lamina CR (según el tipo de motor), son 100% reciclables (chatarra)
- Las partes constitutivas hechas de plástico, corresponden al tipo PP5 (100% reciclable).
- Las partes constitutivas hechas de caucho sintético pueden enviarse a procesos de vulcanización.

"Trabajemos respetando el medio ambiente."

# **ANEXO VI**

## **Planos**