

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo Estructurado de Manera Independiente, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico**

**TEMA:**

---

“ESTUDIO DE UNA ETIQUETADORA DE BOTELLAS CILÍNDRICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROTOTIPO DE EMBOTELLADORA EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”

---

**AUTOR: Fabián Danilo Criollo Cholota**

**AMBATO – ECUADOR**

**2013**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “ESTUDIO DE UNA ETIQUETADORA DE BOTELLAS CILÍNDRICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROTOTIPO DE EMBOTELLADORA EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.” Del señor FABIÁN DANILO CRIOLLO CHOLOTA, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación de jurado examinador designado por el H. Consejo.

Ambato, Abril del 2013

EL TUTOR

.....  
Ing. Mauricio Carrillo

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO**

Los criterios emitidos en el informe de investigación:

“ESTUDIO DE UNA ETIQUETADORA DE BOTELLAS CILÍNDRICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROTOTIPO DE EMBOTELLADORA EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Ambato, Abril del 2013

EL AUTOR

.....  
Fabián Danilo Criollo Cholota

180411301 - 5

## **DEDICATORIA**

Al inmenso sacrificio y esfuerzo de mis padres Trajano Criollo y Blanca Cholota por ser mi luz y mi camino en los momentos más difíciles de mi vida, ya que gracias a sus bendiciones incondicionales de todos los días me dieron esa fortaleza y confianza para seguir adelante y poder cumplir una de mis metas.

A mi querida hermana Consuelo del Pilar por su apoyo incondicional y por preocuparse por mí en todo momento.

Danilo



## **AGRADECIMIENTO**

A dios y a mis santos quienes me dieron la sabiduría y capacidad para seguir adelante a pesar de los tropiezos y caídas durante mi formación como profesional.

A mis padres por haberme dado todo el apoyo necesario e incondicional en todo momento de mi vida.

A la Universidad Técnica de Ambato especialmente a la Carrera de Ingeniería Mecánica por brindarme la oportunidad de educarme en sus aulas

Al Ing. Mauricio Carrillo, por su acertada dirección en este proyecto de investigación.

Al Ing., Vicente Valencia, por colaboración y guía en el desarrollo de la parte mecánica de la tesis.

A mis maestros quienes con dedicación supieron brindarme sus conocimientos.

Danilo

# ÍNDICE GENERAL

## A.- PÁGINAS PRELIMINARES:

PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS Y ANEXOS.....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO .....	xxii

## B.- TEXTO:

### CAPÍTULO I.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis Crítico.....	3
1.2.3 Prognosis.....	4
1.2.4 Formulación del Problema.....	5
1.2.5 Interrogantes del Problema.....	5
1.2.6 Delimitación del Objeto de Investigación.....	5
1.2.6.1 Delimitación por Contenido.....	6
1.2.6.2 Delimitación Espacial.....	6
1.2.6.3 Delimitación Temporal.....	6
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7

1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
----------------------------------	---

## **CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes Investigativos.....	9
2.2 Fundamentación Filosófica.....	10
2.3 Fundamentación Legal.....	10
2.4 Red de Categorías Fundamentales.....	11
2.4.1 Gráficos de Inclusión Relacionados.....	11
2.4.2 Máquina Etiquetadora.....	12
2.4.2.1 Máquina Etiqueta Modular.....	12
2.4.2.2 Máquina Etiquetadora Rotativa.....	19
2.4.2.3 Máquina Etiquetadora Lineal.....	22
2.4.3 Etiquetas.....	24
2.4.3.1 Tipos de etiquetas.....	24
2.4.3.2 Etiquetas Autoadhesivas.....	25
2.4.3.3 Etiquetas Cilíndricas.....	25
2.4.3.4 Etiquetas de Mangas.....	26
2.4.3.5 Etiquetas Termoencogibles.....	26
2.4.3.6 Adhesivos para Etiquetas.....	26
2.4.4 Sistemas Mecánicos.....	27
2.4.4.1 Características de los Sistemas Mecánicos.....	27
2.4.5 Diseño Mecánico.....	28
2.4.5.1 Dimensiones y Tolerancias en el Diseño Mecánico.....	29
2.4.6 Materiales.....	29
2.4.7 Análisis de Esfuerzos.....	32
2.4.7.1 Esfuerzos Uniformemente Distribuidos.....	32
2.4.7.2 Esfuerzos Normales por Flexión en Vigas.....	33
2.4.7.3 Esfuerzos Cortantes en Vigas.....	33
2.4.7.5 Torsión en Vigas.....	34
2.4.8 Diseño por Resistencia Estática.....	36
2.4.8.1 Cargas Estáticas y Factor de Seguridad.....	36

2.4.8.2 Teorías de Fallas de un Material.....	36
2.4.9 Diseño por Resistencia a Fatiga.....	39
2.4.9.1 Resistencia a la Fatiga.....	40
2.4.9.2 Factores que Modifican el Límite de Resistencia a la Fatiga....	40
2.4.9.3 Características de los Esfuerzos Fluctuantes.....	43
2.4.9.4 Criterio de Fallas por Fatiga ante Esfuerzos variables.....	44
2.4.10 Diseño de Tornillos de Potencia.....	45
2.4.10.1 Mecánica de los Tornillos de Potencia.....	46
2.4.11 Cojinetes de Rodamiento.....	48
2.4.11.1 Partes de un rodamiento.....	49
2.4.11.2 Tipos de Rodamientos.....	49
2.4.11.3 Carga en cojinetes.....	49
2.4.11.4 Vida útil en cojinetes.....	50
2.4.12 Elementos Mecánicos Flexibles.....	51
2.4.12.1 Bandas.....	51
2.4.12.2 Geometría de una Banda Abierta.....	51
2.4.12.3 Transmisión de Bandas.....	52
2.4.12.4 Angulo de contacto en Transmisión de Banda Abierta.....	52
2.4.12.5 Longitud de la Banda en un Sistema de Transmisión Abierta..	53
2.4.12.6 Fuerzas y Pares de Torsión en una Polea.....	53
2.4.12.7 Velocidad Periférica.....	55
2.4.12.8 Bandas Planas.....	55
2.4.12.9 Bandas en V.....	58
2.4.13 Procesos Industriales.....	60
2.4.13.1 Tipos de procesos.....	60
2.4.14 Sistemas de Medición y Control Industrial.....	61
2.4.14.1 Sistema de control por retroalimentación.....	61
2.4.14.2 Sistema de control en lazo abierto.....	61
2.4.14.3 Sistema de control en lazo cerrado.....	62
2.4.14.4 Elementos básicos de un sistema de control en lazo cerrado...	62
2.4.14.5 Sistema de Medición.....	63
2.4.14.6 Elementos de un sistema de medición.....	63

2.4.15 Automatización.....	64
2.4.15.1 Ventajas e inconvenientes de la automatización.....	64
2.4.15.2 Automatización Industrial.....	65
2.4.15.3 Estructuras de automatización.....	65
2.4.15.4 Elementos de la Automatización.....	66
2.4.15.5 Sensor.....	66
2.4.15.6 Variador de Frecuencia.....	70
2.4.15.7 Autómatas Programables.....	71
2.5 Hipótesis.....	73
2.6 Señalamiento de Variables.....	73

### **CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA**

3.1 Enfoque.....	74
3.2 Modalidad Básica de la Investigación.....	74
3.2.1 Investigación de Campo.....	74
3.2.2 Investigación Bibliográfica.....	74
3.2.3 Investigación Experimental.....	75
3.3 Nivel o Tipo de Investigación.....	75
3.3.1 Investigación Exploratoria.....	75
3.3.2 Investigación Descriptiva.....	75
3.3.3 Investigación Explicativa.....	75
3.4 Población y Muestra.....	76
3.4.1 Población.....	76
3.4.2 Muestra.....	76
3.5 Operacionalización de Variables.....	76
3.5.1 Variable Independiente.....	77
3.5.2 Variable Dependiente.....	78
3.6 Técnicas de Recolección de la Información.....	79
3.7 Procesamiento Información.....	79
3.8 Análisis e Interpretación de los Resultados.....	79

## **CAPÍTULO IV.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1 Parámetros de Funcionamiento.....	80
4.2 Conformación de Alternativas.....	81
4.2.1 Máquinas Etiquetadoras.....	81
4.2.2 Tipos de Etiquetas.....	84
4.3 Análisis Económico de las Alternativas.....	86
4.4 Análisis y Selección de la Máquina Etiquetadora.....	86
4.4.1 Selección de la Máquina Etiquetadora.....	86
4.4.2 Selección de la Etiqueta.....	87
4.4.3 Descripción de la Alternativa Seleccionada.....	88
4.5 Pruebas de Etiquetado.....	88
4.5.1 Etiquetado Manual.....	89
4.5.2 Etiquetado Automático.....	90
4.6 Interpretación de Datos.....	93
4.7 Verificación de Hipótesis.....	95

## **CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones.....	96
5.2 Recomendaciones.....	97

## **CAPÍTULO VI.- PROPUESTA**

6.1 Datos Informativos.....	99
6.1.1 Título.....	99
6.1.2 Institución Ejecutora.....	99
6.1.3 Beneficiarios.....	99
6.1.4 Ubicación.....	99
6.1.5 Tiempo Estimado para la Ejecución.....	99
6.1.6 Equipo Técnico Responsable.....	100
6.1.7 Costo.....	100

6.2 Antecedentes de la Propuesta.....	100
6.3 Justificación.....	101
6.4 Objetivos.....	102
6.4.1 Objetivo General.....	102
6.4.2 Objetivos Específicos.....	102
6.5 Análisis de Factibilidad.....	102
6.6 Fundamentación.....	103
6.6.1 Parámetros de la Máquina Etiquetadora.....	103
6.6.2 Sistemas Constituyentes de la Etiquetadora.....	105
6.6.3 Cálculos de Inercias.....	106
6.6.3.1 Sistema Desbobinador de Etiquetas.....	106
6.6.3.2 Sistema Rebobinador de Desperdicio.....	110
6.6.3.3 Sistema Giro de Envases.....	113
6.6.4 Cálculo de Velocidades Angulares.....	116
6.6.4.1 Sistema Desbobinador de Etiquetas.....	116
6.6.4.2 Sistema Rebobinador de Desperdicio.....	116
6.6.4.3 Sistema Giro de Envases.....	117
6.6.5 Cálculo de Aceleraciones Angulares.....	117
6.6.5.1 Sistema Desbobinador de Etiquetas.....	117
6.6.5.2 Sistema Rebobinador de Desperdicio.....	118
6.6.5.3 Sistema Giro de Envases.....	118
6.6.6 Cálculo de Torques.....	119
6.6.7 Cálculo de la Potencia Requerida.....	119
6.6.8 Cálculo de la Potencia del Motor.....	119
6.6.8.1 Sistema de Etiquetado.....	120
6.6.8.2 Sistema de Giro de Envases.....	120
6.6.9 Selección de Bandas.....	121
6.6.9.1 Sistema de Etiquetado.....	121
6.6.9.2 Sistema Giro de Envases.....	124
6.6.9.3 Banda Plana Sistema Giro de Envases.....	127
6.6.10 Posicionamiento de los Ejes.....	130
6.6.10.1 Sistema Rebobinador Desperdicio.....	131

6.6.10.2 Sistema Giro de Envases.....	132
6.6.11 Tensión del Papel.....	132
6.6.12 Diseño de los Ejes.....	134
6.6.12.1 Sistema Desbobinador Etiquetas.....	134
6.6.12.2 Sistema Rebobinador Desperdicio.....	139
6.6.12.3 Sistema Giro de Envases.....	155
6.6.13 Diseño del Sistema Elevador.....	171
6.6.13.1 Brazo Halador de Etiquetas.....	172
6.6.13.2 Brazo Soporte de Etiquetas.....	174
6.6.13.3 Tornillo Elevador.....	177
6.6.14 Cálculo de la Estructura de la Máquina.....	180
6.6.15 Diseño de la Banda Transportadora.....	188
6.6.15.1 Cálculo de la Potencia de Accionamiento.....	191
6.6.15.2 Cálculo de la Potencia Total Consumida por la Banda.....	192
6.6.15.3 Cálculo de la Potencia del Motor.....	193
6.6.15.4 Cálculo de Tensiones de la Banda Transportadora.....	193
6.6.15.5 Diseño del Sistema de Transmisión.....	195
6.6.15.6 Posicionamiento de los Ejes de la Banda Transportadora.....	198
6.6.15.7 Diseño del Eje Motriz de la Banda Transportadora.....	199
6.6.15.8 Diseño del Eje Guía de la Banda Transportadora.....	210
6.6.15.9 Diseño de la Almohada.....	215
6.6.15.10 Diseño de las Guías de Envase.....	218
6.6.15.11 Diseño de la Estructura.....	220
6.6.16. Selección de Rodamientos.....	228
6.6.16.1 Sistema Desbobinador de Etiquetas.....	228
6.6.16.2 Sistema Rebobinador de Desperdicio.....	230
6.6.16.3 Sistema Giro de Envases.....	231
6.6.16.4 Banda Transportadora.....	234
6.6.17 Diseño del Sistema Eléctrico y de control.....	239
6.6.17.1 Sistema Eléctrico.....	239
6.6.17.2 Sistema de Control.....	243
6.7 Metodología.....	247



6.7.1 Tecnología de la Construcción de la Máquina.....	247
6.7.2 Operaciones Tecnológicas.....	249
6.7.3 Cursograma Sinóptico de la Construcción.....	249
6.7.3.1 Cursogramas Sinópticos de la Etiquetadora.....	250
6.7.3.2 Cursogramas Sinópticos Banda Transportadora.....	261
6.7.3.3 Tiempos de utilización de Máquinas – Herramientas.....	267
6.7.3.4 Cursogramas de Ensamblaje.....	270
6.8. Administración.....	273
6.8.1 Costos Materiales.....	274
6.8.2 Costos Maquinaria Utilizada.....	276
6.8.3 Costos Varios.....	277
6.8.4 Costo Total de la Máquina Etiquetadora.....	277
6.9. Previsión de Evaluación.....	278
6.9.1 Pruebas de Funcionamiento.....	278
6.9.2 Manual de Mantenimiento.....	280
6.9.3 Conclusiones y Recomendaciones.....	281
6.9.3.1 Conclusiones.....	281
6.9.3.2 Recomendaciones.....	281

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1: Cantidad de Botellas Etiquetadas (Etiquetado Manual).....	94
Gráfico 4.2: Cantidad de Botellas Etiquetadas (Máquina Etiquetadora).....	94

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín.....	41
Tabla 2.2: Efectos de la temperatura de Operación en resistencia a la tensión del acero.....	42
Tabla 2.3: Factor de Confiabilidad.....	43
Tabla 4.1: Máquina Etiquetadora Modular.....	81
Tabla 4.2: Máquina Etiquetadora Rotativa.....	82
Tabla 4.3: Máquina Etiquetadora Lineal.....	83
Tabla 4.4: Etiquetas Autoadhesivas.....	84
Tabla 4.5: Etiquetas de Goma.....	85
Tabla 4.6: Etiquetas Termoencogibles.....	85
Tabla 4.7 Costos de fabricación de Cada Máquina.....	86
Tabla 4.8: Matriz de decisión (Máquina Etiquetadora).....	87
Tabla 4.9: Matriz de decisión (Etiqueta).....	88
Tabla 4.10: Prueba de Etiquetado Manual.....	89
Tabla 4.11: Valor Promedio de Tiempos y Producción.....	90
Tabla 4.12 Producción de Etiquetado Automático.....	93
Tabla 4.13 Producción de Etiquetado.....	95
Tabla 6.1: Pesos de los Elementos Acoplados.....	175
Tabla 6.2: Pesos que soporta el tornillo elevador.....	178
Tabla 6.3: Carga Total.....	180
Tabla 6.4: Dimensiones de los Envases.....	188
Tabla 6.5: Carga que actúan en la viga.....	221
Tabla 6.6: Carga Total.....	224

Tabla 6.7: Cargas Estructura # 2.....	226
Tabla 6.8: Características PLC (CPM2C).....	239
Tabla 6.9: Característica Variadores de Frecuencia.....	241
Tabla 6.10: Configuración Variadores.....	242
Tabla 6.11: Características Sensor.....	243
Tabla 6.12: Máquinas Herramientas para la Construcción.....	248
Tabla 6.13: Operaciones Tecnológicas.....	249
Tabla 6.14: Simbología de los cursogramas.....	250
Tabla 6.15: Tiempo utilización Máquinas.....	268
Tabla 6.16: Tiempo Construcción Banda Transportadora.....	269
Tabla 6.17: Tiempo Total Construcción Máquina.....	269
Tabla 6.18: Operaciones de Ensamblaje Máquina Etiquetadora.....	270
Tabla 6.19: Operaciones de Ensamblaje Banda Transportadora.....	272
Tabla 6.20: Costo de Materiales.....	274
Tabla 6.21: Costo de Maquinaria Utilizada.....	276
Tabla 6.22: Costo Gastos Varios.....	277
Tabla 6.23: Costo de la Máquina.....	278
Tabla 6.24: Verificación del Sistema Eléctrico.....	278
Tabla 6.25: Verificación de los Sistemas de la Máquina Etiquetadora.....	279

## ÍNDICE DE FIGURAS Y ANEXOS

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Red de categorías fundamentales.....	11
Figura 2.2: Máquina etiquetadora SERIE ES1.....	12
Figura 2.3: Máquina Etiquetadora Modular.....	13
Figura 2.4: Estaciones de Etiquetado en una Máquina Modular.....	14
Figura 2.5: Cambio de una estación de Etiquetado en una Máquina Modular...	15
Figura 2.6: Estación de Etiquetado de Adhesivo en Frio.....	16
Figura 2.7: Estación de Etiquetado de Etiquetas Autoadhesivas.....	17
Figura 2.8: Estación de Etiquetado de Adhesivo Caliente.....	18
Figura 2.9: Estación de Etiquetado Contiroll HS.....	19
Figura 2.10: Etiquetadora Rotativa.....	20
Figura 2.11: Estaciones de Etiquetado de una Etiquetadora Rotativa.....	21
Figura 2.12: Máquina etiquetadora lineal modelo NIN ETIK.....	22
Figura 2.13: Cabezal de etiquetado de una etiquetadora lineal.....	23
Figura 2.14: Etiquetados de Botellas.....	24
Figura 2.15: Etiquetas Autoadhesivas.....	25
Figura 2.16: Etiquetas Cilíndricas.....	25
Figura 2.17: Manipulador industrial Yasukawa Motoman L-3.....	27
Figura 2.18 Comportamiento de una viga a flexión.....	33
Figura 2.19: Comportamiento de una viga a esfuerzos cortantes.....	33
Figura 2.20: Torsión en una barra se sección circular.....	34
Figura 2.21: Relaciones Esfuerzo-Tiempo: Esfuerzo Fluctuante Sinusoidal.....	44
Figura 2.22: Diagrama de los Criterios de Falla a Fatiga.....	44
Figura 2.23. Tornillo de fuerza o potencia.....	46
Figura 2.24. Diagrama de Fuerza: a) Al subir la carga; b) Al bajar la carga.....	46
Figura 2.25: a) Fuerza normal en la rosca, b) collarín de empuje.....	48
Figura 2.26. Nomenclatura de un cojinete de bolas.....	49
Figura 2.27: Banda Abierta.....	52
Figura 2.28: Banda abierta no inversora.....	52

Figura 2.29 Fuerzas y pares de torsión en una polea.....	53
Figura 2.30: Banda Plana.....	56
Figura 2.31: Ejemplo de un sistema de control por retroalimentación.....	61
Figura 2.32: Sistema de control de lazo abierto (Calefacción de una habitación).....	62
Figura 2.33: Elementos de un sistema de control de lazo cerrado.....	62
Figura 2.34: Elementos de un sistema de medición.....	63
Figura 2.35: Fotografía de Diferentes Sensores.....	67
Figura 2.36: Sensor Fotoeléctrico.....	69
Figura 2.37: Variador de Frecuencia 3G3EV.....	70
Figura 2.38: Tipos de Controladores Lógicos Programables.....	72
Figura 4.1: Etiquetado Manual.....	89
Figura 4.2: Punto de Referencia para toma de tiempo de etiquetado.....	90
Figura 4.3: Ingreso de envases en la máquina Etiquetadora.....	91
Figura 4.4: Colocación de Etiquetas.....	92
Figura 4.5: Envase Etiquetado.....	92
Figura 6.1: Desbobinador de Etiquetas.....	106
Figura 6.2: Eje Desbobinador de Etiquetas.....	107
Figura 6.3: Plato Soporte de Etiquetas.....	108
Figura 6.4: Porta Etiquetas.....	108
Figura 6.5: Rollo Etiquetas.....	109
Figura 6.6: Rollo de Desperdicio.....	110
Figura 6.7: Eje Rebobinador.....	110
Figura 6.8: Plato Soporte Desperdicio.....	111
Figura 6.9: Porta Desperdicio.....	111
Figura 6.10: Rollo Desperdicio.....	111
Figura 6.11: Polea Motriz del Eje Rebobinador.....	112
Figura 6.12: Polea Motor (Rebobinador).....	112
Figura 6.13: Sistema de Giro de Envases.....	113
Figura 6.14: Eje Motriz.....	114
Figura 6.15: Rodillo Motriz.....	114
Figura 6.16: Rodillo Impulsado.....	114

Figura 6.17: Polea Motriz (Sistema de Giro de Envases).....	115
Figura 6.18: Posición de los Ejes del Sistema	
Rebobinador Desperdicio.....	131
Figura 6.19: Diagrama de cuerpo Libre	
Sistema Rebobinador Desperdicio.....	131
Figura 6.20: Posición de los Ejes del Sistema Giro de Envases.....	132
Figura 6.21: Diagrama de Cuerpo Libre del Sistema Giro de Envases.....	132
Figura 6.22: Eje Desbobinador Etiquetas.....	134
Figura 6.23: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Desbobinador Etiquetas.....	134
Figura 6.24: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Desbobinador Etiquetas....	135
Figura 6.25: Diagrama de Momento Flector del Eje Desbobinador Etiquetas...	136
Figura 6.26: Eje Rebobinador de Desperdicio.....	140
Figura 6.27: Momentos Torsores (Polea Eje Rebobinador).....	141
Figura 6.28: Tensiones de la Banda.....	142
Figura 6.29: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Rebobinador	
Plano (x –y).....	143
Figura 6.30: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Rebobinador	
Plano (x –y).....	143
Figura 6.31: Diagrama de Momento Flector del Eje Rebobinador	
Plano (x –y).....	144
Figura 6.32: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Rebobinador	
Plano (x –z).....	144
Figura 6.33: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Rebobinador	
Plano (x –z).....	145
Figura 6.34: Diagrama de Momento Flector del Eje Rebobinador	
Plano (x –z).....	145
Figura 6.35: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Rebobinador.....	150
Figura 6.36: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Rebobinador Plano.....	151
Figura 6.37: Diagrama de Momento Flector del Eje Rebobinador.....	151
Figura 6.38: Eje Motriz Sistema Giro de Envases.....	155
Figura 6.39: Tensiones de la Polea Motriz del Eje Motriz.....	156
Figura 6.40: Tensiones del Rodillo Motriz del Eje Motriz.....	156

Figura 6.41: Tensión Total de la banda.....	157
Figura 6.42: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Plano (x-y).....	158
Figura 6.43: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Plano (x-y).....	158
Figura 6.44: Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Plano (x-y).....	159
Figura 6.45: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Plano (x-z).....	159
Figura 6.46: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Plano (x-z).....	160
Figura 6.47: Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Plano (x-z).....	160
Figura 6.48: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Sistema Giro de Envases.....	164
Figura 6.49: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Sistema Giro de Envases.....	165
Figura 6.50: Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Sistema Giro de Envases.....	165
Figura 6.51: Eje Fijo Sistema Giro de Envases.....	169
Figura 6.52: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Fijo Sistema Giro de Envases.....	170
Figura 6.53: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Fijo Sistema Giro de Envases.....	170
Figura 6.54: Diagrama de Momento Flector del Eje Fijo Sistema Giro de Envases.....	171
Figura 6.55: Sistema Elevador.....	172
Figura 6.56: Brazo Alador de Etiquetas.....	172
Figura 6.57: Diagrama de Cuerpo Libre del Brazo Alador de Etiquetas.....	172
Figura 6.58: Diagrama de Fuerza Cortante del Brazo Alador de Etiquetas.....	173
Figura 6.59: Diagrama de Momento Flector del Brazo Alador de Etiquetas.....	173
Figura 6.60: Brazo Soporte de Etiquetas.....	174
Figura 6.61: Diagrama de Cuerpo Libre del Brazo Soporte de Etiquetas.....	175
Figura 6.62: Diagrama de Fuerza Cortante del Brazo Soporte de Etiquetas.....	176
Figura 6.63: Diagrama de Momento Flector del Brazo Soporte de Etiquetas...	176
Figura 6.64: Tornillo Elevador.....	177
Figura 6.65: Estructura de la Máquina Etiquetadora.....	180
Figura 6.66: Diagrama de Cuerpo Libre de las Vigas 1 y 2.....	181

Figura 6.67: Diagrama de Fuerza Cortante de las Vigas 1 y 2.....	182
Figura 6.68: Diagrama de Momento Flector de las Vigas 1 y 2.....	182
Figura 6.69: Diagrama de Fuerza Cortante de la Viga 3.....	184
Figura 6.70: Diagrama de Fuerza Cortante de la Viga 3.....	184
Figura 6.71: Diagrama de Momento Flector de la Viga 3.....	185
Figura 6.72: Diagrama de Cuerpo Libre de las Columnas 1, 2, 3,4.....	186
Figura 6.73: Disposición de Tensiones en la Banda.....	193
Figura 6.74: Disposición de Tensiones en la Banda.....	195
Figura 6.75: Disposición de Tensiones en la Banda.....	199
Figura 6.76: Geometría del Eje Motriz.....	199
Figura 6.77: Generación de Momentos Torsores.....	200
Figura 6.78: Descomposición de la fuerza.....	201
Figura 6.79: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Plano (x-y).....	201
Figura 6.80: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Plano (x-y).....	202
Figura 6.81: Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Plano (x-y).....	203
Figura 6.82: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Plano (x-z).....	203
Figura 6.83: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Plano (x-z).....	204
Figura 6.84: Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Plano (x-z).....	205
Figura 6.85: Geometría del Eje Guía.....	210
Figura 6.86: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Guía.....	210
Figura 6.87: Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Guía.....	211
Figura 6.88: Diagrama de Momento Flector del Eje Guía.....	212
Figura 6.89: Almohada.....	215
Figura 6.90: Diagrama de Cuerpo Libre del brazo soporte.....	216
Figura 6.91: Diagrama de Fuerza Cortante del brazo soporte.....	217
Figura 6.92: Diagrama de Momento Flector del Brazo Soporte.....	217
Figura 6.93: Guías.....	218
Figura 6.94: Diagrama de Cuerpo Libre del Brazo Soporte de Guías.....	218
Figura 6.95: Diagrama de Fuerza Cortante del Brazo Soporte de Guías.....	219
Figura 6.96: Diagrama de Momento Flector del Brazo Soporte de Guías.....	219
Figura 6.97: Esquema de la Estructura.....	220
Figura 6.98: Diagrama de Cuerpo Libre de la Viga Principal.....	221



Figura 6.99: Diagrama de Fuerza Cortante de la Viga Principal.....	222
Figura 6.100: Diagrama de Momento Flector de la Viga Principal.....	222
Figura 6.101: Diagrama de Cuerpo Libre de la Columna (E.1).....	225
Figura 6.102: Diagrama de Cuerpo Libre de la Columna (E.2).....	227
Figura 6.103: Fuerzas radiales actuantes en el eje motriz.....	234
Figura 6.104: Fuerzas radiales actuantes en el eje impulsado.....	237
Figura 6.105: Circuito de Conexión del PLC.....	239
Figura 6.106: Programación del PLC.....	240
Figura 6.107: Circuito de Conexión Variador 1.....	241
Figura 6.108: Circuito de Conexión Variador 2.....	242
Figura 6.109: Circuito de Potencia.....	244
Figura 6.110: Simulación del Funcionamiento de la Máquina Etiquetadora.....	245
Figura 6.111: Diagrama de Flujo.....	246
Figura 6.112: Estructura Máquina Etiquetadora.....	250
Figura 6.113: Estructura Máquina Etiquetadora.....	261
Figura 6.114: Estructura Máquina Etiquetadora.....	261

## **ANEXOS**

Anexo A: Diseño Mecánico.....	285
Anexo B: Fotos.....	296
Anexo C: Esquema del Montaje Eléctrico.....	298
Planos.....	299

## **C.- MATERIAL DE REFERENCIA:**

Bibliografía.....	283
-------------------	-----

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El proyecto de Investigación “Estudio de una Etiquetadora de botellas cilíndricas para mejorar la productividad en el Prototipo de Embotelladora en el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”, se realizó debido a la importancia de implementar un sistema de etiquetado automático para mejorar la producción en el prototipo de embotelladora y a su vez de implementar con elementos prácticos el Laboratorio de Automatización.

Inicialmente se recopila información básica acerca del proceso de etiquetado, de los tipos de máquinas etiquetadoras existentes y la teoría que ayuda a entender el funcionamiento y comportamiento de los diferentes elementos constitutivos de la máquina. Para seleccionar la mejor opción que permita mejorar el etiquetado y a su vez la producción dentro del prototipo de embotelladora se conformaron 3 alternativas en las cuales se realizó un análisis orientado a la funcionalidad, mantenimiento, operación y costo de fabricación.

Luego de haber obtenido la mejor opción se procede a diseñar y seleccionar cada uno de los elementos que conforman la Máquina Etiquetadora. Después del diseño de cada uno de los elementos de la máquina se realiza un análisis económico para obtener el costo aproximado de la construcción de la Máquina Etiquetadora.

Para todos los elementos que se van a fabricar se muestra hojas de procesos facilitando de esta manera la construcción de las partes constitutivas de la Máquina.

Al final se presenta documentación que facilita el entendimiento. Procedimiento y selección de los componentes, accesorios; además incluye planos de cada una de las partes fabricadas.

## **CAPITULO I**

### **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 TEMA:**

ESTUDIO DE UNA ETIQUETADORA DE BOTELLAS CILÍNDRICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROTOTIPO DE EMBOTELLADORA EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN**

Actualmente a nivel mundial el incremento del consumo de bebidas alcohólicas y no alcohólicas poseen un importante mercado en el ámbito mundial debido a que crece a una tasa anual del 5.2 % en la Unión Europea, un 2.8 % en los Estados Unidos y un 10 % en los países Asiáticos. Por lo que actualmente los países Asiáticos son los mayores consumidores de bebidas seguido de México, Brasil, Perú y Venezuela, Rusia, Rumania, Ucrania, Nigeria y Sudáfrica. Alrededor de 1.5 millardos de hectolitros (6 por ciento) de cerveza se producen en el mundo, en donde, en Chequia la empresa cervecera Heineken produce 1.6 millones de hectolitros (8 por ciento), en Alemania la cervecera Herforder conocido como Warsteiner producen un total de 500.00 hectolitros, en Rusia existe una tasa de crecimiento del 5.6 % anual del consumo de bebidas lácticas y a nivel mundial existe un crecimiento del 9 % anual del consumo bebidas nutraceuticas<sup>1</sup>. Razón por la cual una de las necesidades en empresas a nivel mundial como Heil-und

---

<sup>1</sup>Werner Oster, Comercialización técnica de técnica de embalajes, KHS AG; KHS Journal, El punto del Wellness; 2da. Edición 2007; Español

Mineralquellen Germete, Danoneo, es la implantación de equipos de última tecnología que constituyen una necesidad dentro de los procesos de producción para mejorar la presentación de bebidas y de mantener un flujo muy intenso de trabajo con un mínimo margen de error. Empresas grandes como la Coca Cola utilizan etiquetadoras automáticas tipo Rollfed Innoket 360 de la empresa KHS de gran rendimiento que procesa una cantidad de hasta 50.000 botellas por hora donde sus máquinas contienen innovaciones técnicas como son un tambor de vacío segmentado para un fácil y rápido reequipamiento, en cambio, la empresa PEPSI BOTTLING GROUP que es uno de los mayores fabricantes, vendedores y distribuidores internacional de productos de marca Pepsi a nivel mundial también trabaja con tecnología KHS, en donde sus plantas embotelladoras trabajan con una planta de procesamiento de PET de KHS especial, que procesa una cantidad de hasta 60.000 botellas PET por hora. A nivel mundial instituciones educativas como el centro escolar profesional agropecuario y alimenticio de Dresde disponen de una planta de envasado de pruebas, en donde, los estudiantes lo utilizan como elementos prácticos.<sup>2</sup>

En la última década se ha destacado un creciente avance tecnológico dentro de la industria nacional ecuatoriana especialmente en la producción de bebidas que corresponden a un 55%. En la actualidad en el Ecuador se producen bebidas como: agua sin gas, jugos naturales, Aguardiente, Anisados ,Cerveza, Brandy, Secos, Ron, Vinos y Otros . Sin embargo hoy en día para poder ser competitivos en el mercado se necesita a más de un producto de buena calidad, realizar un proceso de elaboración automatizado, donde los defectos en el producto terminado debido a la mano de obra sean mínimos o inexistentes. Uno de los principales problemas que tienen algunas empresas nacionales dedicadas a la fabricación de bebidas, es que no cuentan con suficientes recursos económicos para mejorar sus procesos de producción. Una de ellas es la empresa ONG situada en la ciudad de Machala que se dedica al envasado de agua sin gas en donde la planta embotelladora no cuenta como una etiquetadora de botellas automática propia debido a que en el mercado nacional no existen fabricantes de tales equipos. Por

---

<sup>2</sup>Klaus Krämer, Director de Construcción Rollfed, KHS AG; KHS Journal, La Perfecta Etiquetadora; 3ra. Edición 2008; Español

otra parte es sumamente difícil comprar equipos de última tecnología a compañías extranjeras ya que los costos de equipo, el pago de aranceles, la importación de este tipo de maquinaria requiere de tiempo y dinero, provocando que las empresas del Ecuador descarten esta opción. A nivel nacional uno de los problemas que tienen algunas instituciones de educación superior es que carecen de elementos prácticos especialmente en las áreas de instrumentación y automatización, razón por la cual, los estudiantes están limitados de realizar prácticas de laboratorio para mejorar su nivel de educación.

Uno de los mayores problemas que tienen las pequeñas empresas es que no cuentan con tecnología moderna, por lo que, parte de sus procesos de producción se lo realizar de forma manual, impidiendo así que estas empresas puedan ser competitivas dentro de un mercado que cada día es más exigente. Estas empresas no cuentan con procesos de elaboración automatizados por lo que no disponen de suficientes recursos económicos. Por otra parte sería importante realizar el estudio de una etiquetadora que permita mejorar el prototipo de embotelladora en el laboratorio de automatización y a su vez que sirva como un elemento práctico en la carrera de ingeniería mecánica en donde puedan realizar prácticas de laboratorio que permitan aprovechar su real potencial en beneficio de los alumnos de la carrera y en consecuencia de la industria nacional.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO**

Cada día existe una mayor demanda exigida por el mercado, las empresas deben moverse a procesos que se adapten a dichos tiempos de producción y entrega cada vez más rápidos, por lo que, una de las necesidades que tienen las empresas que se dedican a la fabricación de bebidas es de mantener sus procesos y líneas de producción controlados con sistemas automatizados con el fin de lograr un buen funcionamiento y aumentar su competitividad. Uno de los principales inconvenientes en las empresas embotelladoras es mejorar la operación de etiquetado ya que hoy en día la etiqueta es uno de los instrumentos de mercadeo de producto más importante. Con la utilización de la automatización se logrará

introducir nuevas tecnologías en las empresas para mejorar la producción como en la mejora de apariencia del producto, reducción de desperdicios y en la optimización de recursos, es por esto tan importante el implementar sistemas capaces de dar al cliente, que es la razón de ser de la empresa, un producto que cumpla con todos los estándares de calidad establecidos, con un costo adecuado, y accesible al consumidor, lo cual permitirá tener un margen mayor de ingreso en la venta del producto.

Al realizar la investigación del presente proyecto se ha determinado que dentro de la Industria Ecuatoriana existen muchas empresas que se dedican al envasado de bebidas donde sus procesos son poco confiables y muy lentos, en donde, el producto final tiene muchos problemas de calidad. Por otro parte con el desarrollo de esta investigación se pretende brindar una alternativa de solución a las empresas nacionales, utilizando máquinas de bajo costo y con tecnología usado en nuestro medio, logrando así que el operario puede manejar sin problema la maquinaria. Al mismo tiempo con esta investigación se pretende mejorar el prototipo de embotelladora e implementar un elemento práctico en el laboratorio de automatización que servirá de gran aporte para el mejoramiento académico, ya que con ello los estudiantes tendrán la posibilidad de comprender el manejo y funcionamiento del equipamiento usado en la industria real, obteniendo así, buenos conocimientos que podrán aplicarlos sin contratiempos como herramientas de trabajo de los estudiantes que cursan la carrera de ingeniería Mecánica

### **1.2.3 PROGNOSIS**

Visto la necesidad de contar con un laboratorio de última tecnología, sino se realiza el estudio de una etiquetadora de botellas cilíndricas se estaría negando la oportunidad de implementar elementos prácticos en el laboratorio de automatización y al mismo tiempo impidiendo desarrollar sus conocimientos de manera práctica a los estudiantes que cursan la carrera de ingeniería Mecánica, ya que en la actualidad es importante conocer el modo de trabajo de los principales

equipos usados en la industria, por tal razón, el presente estudio de investigación constituye una herramienta muy útil en el proceso de aprendizaje del alumno

Dentro de una empresa especialmente en aquellas que se dedican a la producción de bebidas se estaría disminuyendo la producción debido a que no cuentan con una operación de etiquetado óptimo, provocando pérdidas económicas debido a un producto terminado malo y a su vez impidiendo el crecimiento en el mercado con nuevas presentaciones con productos que no ofrecen una mayor estética al momento de ser vendidos.

Hoy en día toda empresa para poder ser competitivos en el mercado se necesita a más de un producto de buena calidad, realizar un proceso de elaboración automatizado, donde los defectos en el producto terminado debido a la mano de obra sean mínimos o inexistentes

#### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿La falta de maquinaria automatizada aplicada en el etiquetado para botellas reduce capacidad y productividad en el prototipo de embotelladora?

#### **1.2.5 INTERROGANTES DEL PROBLEMA**

- ¿Qué tipo de etiqueta se utilizará en el etiquetado de botellas para mejorar el prototipo de embotelladora?
- ¿Qué tipo de materiales se utilizarán para el diseño de una etiquetadora de botellas para mejorar el prototipo de embotelladora?
- ¿Qué parámetros se deben tener en cuenta para el diseño de una etiquetadora de botellas para mejorar el prototipo de embotelladora?
- ¿Cuál será el método adecuado para realizar la operación de etiquetado para mejorar el prototipo de embotelladora?

#### **1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN**

Para poder desarrollar este proyecto de investigación es importante delimitar los intervalos de tiempos, lugares y fechas en que se podrá dar a conocer el resultado de esta investigación, para lo cual se procede a una delimitación por el contenido, especial y temporal que a continuación son descritas.

#### **1.2.6.1 DELIMITACIÓN POR CONTENIDO**

**Campo:**

- Diseño de elementos mecánicos y automatización

**Área:**

- Diseño de elementos mecánicos I, II
- Ciencia de materiales
- Soldadura
- Sistemas de Medición y Control Industrial

#### **1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL**

El presente estudio de investigación se desarrollará en los Laboratorios de Control y Automatización de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, para poder realizar las pruebas de funcionamiento correspondientes en el desarrollo del proyecto.

#### **1.2.6.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL**

Este estudio se realizará en el período comprendido entre los meses de Octubre del 2011 a Abril del 2013.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La constante tendencia de mejorar los conocimientos teóricos y prácticos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica justifica la importancia del desarrollo de este tema de investigación, ya que con la implementación de nuevos



elementos prácticos en el Laboratorio de Automatización se logrará el aporte de nuevos conocimientos, en donde, tendrán la posibilidad de manipular los equipos que están a la vanguardia y a vez comprender el manejo y funcionamiento del equipamiento usado en las plantas de embotelladoras reales, obteniendo así claros conocimientos que podrán aplicarlos sin contratiempos como herramientas de trabajo.

Por otra parte con el desarrollo de este proyecto de investigación se pretende incentivar para el desarrollo de nuevas tecnologías que permita la implementación de equipos para trabajar a favor de los procesos productivos con la finalidad de reducir los tiempos de producción sin defectos en el producto final y por sobre todo con seguridad para el operario.

Todo esto se estaría llegando a realizar por medio de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la vida estudiantil, logrando diseñar y construir mecanismos de buena calidad que desempeñen una correcta función y que sirvan de gran aporte para mejorar el nivel de educación de los estudiantes

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar los parámetros de funcionamiento de una etiquetadora de botellas cilíndricas para mejorar el prototipo de embotelladora en el laboratorio de automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer cuál será el método apropiado para el etiquetado dentro del prototipo de embotelladora en el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

- Seleccionar el tipo de etiqueta para el etiquetado dentro del prototipo de embotelladora en el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
  
- Seleccionar los materiales y elementos de control correctos para la etiquetadora de botellas cilíndricas para mejorar el prototipo de embotelladora en la laboratorio de automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

En la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala en abril del 2005 el Sr. Erick Abilio Quiñones Berganza realizo el rediseño de una línea de producción de envasado de desinfectantes para limpieza en la Empresa Global Pack S.A. con el objetivo de que la línea de producción de envasado sean más eficiente para evitar los derrames de producto y minimizar los tiempos, donde se concluyo que todos mecanismos (llenadora, taponadora, etiquetadora, empaquetadora) dentro de la envasadora los tiempos de producción por botella se redujeron de 85.65 segundos/botella a 41.16 segundos/botella, produciendo la misma cantidad diaria de 25.000 unidades pero en el menor tiempo posible logrando obtener una eficiencia real del 91%

En la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional en marzo del 2008 el Sr. Santillán Gordon Manuel Benito realizo el Diseño de un Sistema de Gestión de Procesos para el área de embotellado de Cervecería Nacional C.N. planta ubicada en la ciudad de Quito con el objetivo de almacenar información proveniente del procesos de embotellado y mostrarlo de forma adecuada al personal técnico, de operaciones y administrativo, donde se concluyo que la información es uno de los recursos más importantes dentro de un proceso productivo, que contribuye a desarrollar planes de mejora, controlar los procesos críticos y definir estrategias de mantenimiento. Además con el sistema de gestión se lograron reducir los tiempos de producción en sus tres turnos (velada, mañana y tarde) de 1710 minutos a 1308.58 minutos en las líneas de embotellado de la planta.

En la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional en octubre del 2007 los Sres. Bedoya Chico William Xavier y Montero Hidalgo Diego David realizaron la Actualización de Controladores e Implementación de una Red Ethernet para la línea de envasado de Cervecería Andina S.A. ubicada en la ciudad de Quito con el objetivo de indicar las principales detenciones, velocidad, eficiencia y producción de las máquinas en la línea 3 de envasado de la planta Cumbayá, donde se concluyó que el sistema de monitoreo permite conocer los datos de producción, la ubicación y descripción de las fallas de cada una de las máquinas permitiendo solucionar para prevenir detenciones y mejorar el procesos de envase

En la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la producción de la Escuela Politécnica del Litoral de la ciudad de Guayaquil en el año 2007 el Sr. Gustavo Arnaldo Zambrano Calderón realizó el diseño de un Túnel de Termo contracción para etiquetar botellas con Película PVC en una empresa licorera de la ciudad de Guayaquil con el objetivo de mejorar la calidad del producto y de implementar una máquina que utilice GLP (Gas Licuado de petróleo), en donde, se pudo concluir que la etiquetadora puede etiquetar botellas de: 3.5, 3, 2.5, 1.7 y 0.5 litros a una velocidad de transportación de 3.85 mm/min logrando una producción de 25 botellas/ minuto por línea.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

La presente investigación, que trata del estudio de una etiquetadora de botellas cilíndricas para mejorar la productividad en el prototipo de embotelladora, es un desarrollo investigativo documental basado en diferentes tipos de etiquetadoras ya existentes, pero el propósito de la misma, es llegar a dar una solución en la operación de etiquetado para mejorar la presentación del producto final, y a su vez, brindar de elementos prácticos para lograr el aporte de nuevos conocimientos al estudiante logrando así un mejor rendimiento académico.

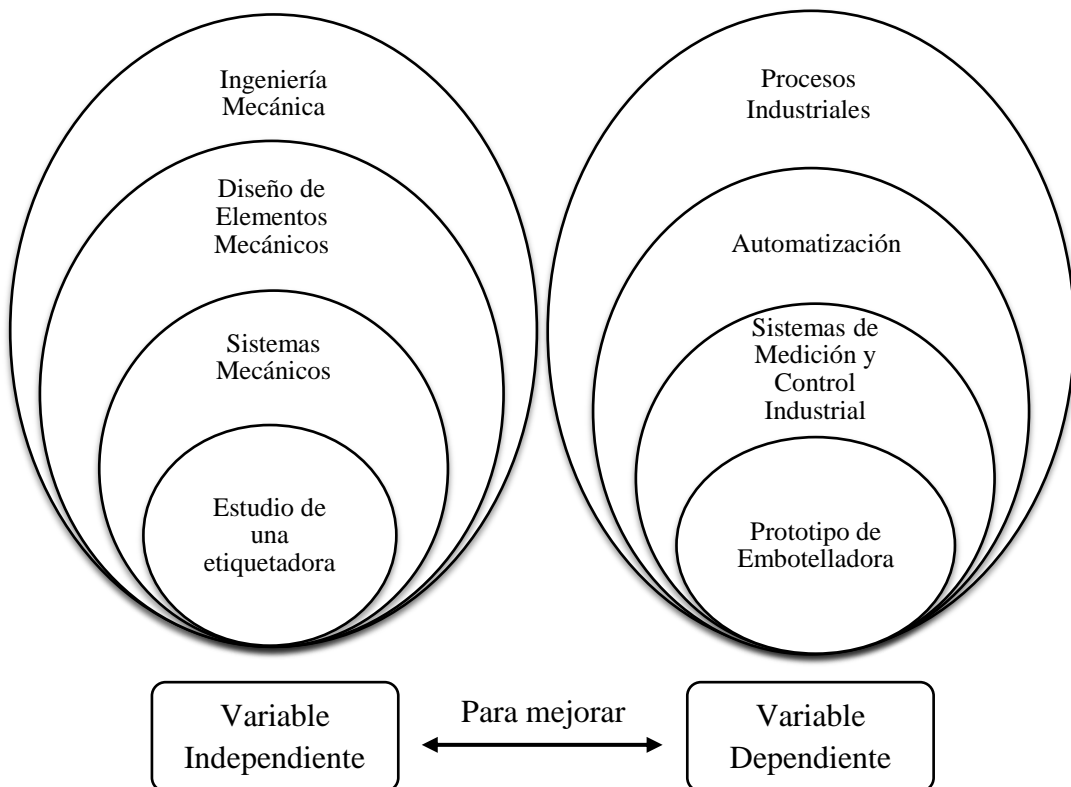
## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

La presente investigación implica basarse en Normas Técnicas Ecuatorianas e Internacionales así como en Institutos de Normalización como son los siguientes:

- CPE INEN 003:89 Código de dibujo técnico, mecánico
- American Iron and Steel Institute (AISI)
- American National Standards Institute (ANSI)
- American Welding Society (AWS)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- American Gear Manufacturers Association (AGMA)
- American Society of Testing and Materials (ASTM)
- International Standards Organization (ISO)

## 2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

### 2.4.1 GRÁFICOS DE INCLUSIÓN INTERRELACIONADOS



*Figura 2.1: Red de categorías fundamentales  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

## 2.4.2 MÁQUINA ETIQUETADORA<sup>3</sup>

En la industria de envases se utilizan diferentes tipos de máquinas etiquetadoras. Existen algunas similitudes en la manera cómo funcionan las máquinas y en los tipos de trabajo que desempeñan. Sin embargo, la diversidad de productos y envases en los que se aplican las etiquetas requieren diversos tipos de materiales para etiquetas, adhesivos y métodos de aplicación de la etiqueta.



*Figura 2.2: Máquina etiquetadora SERIE ES1*  
*Fuente: <http://equitek.com.mx/equipos/SerieES1/28.php>*

Las máquinas etiquetadoras completamente automáticas se utilizan en el envasado de alta velocidad. Las máquinas semiautomáticas se pueden utilizar en líneas cortas o más lentas. Los aplicadores de etiquetas pequeños, se pueden utilizar para la producción de muestras y otras líneas cortas. Los equipos de impresión y aplicación imprimen etiquetas en línea y las aplican en la medida que es necesario. Algunas máquinas aplican más de un tipo de etiqueta.

### 2.4.2.1 Máquina Etiquetadora Modular<sup>4</sup>

Las etiquetadoras modulares son verdaderos multitalentos ya que sirven igualmente para el etiquetado con adhesivo frío, caliente y para las etiquetas autoadhesivas. Gracias a su construcción modular es posible configurar las

---

<sup>3</sup>KLAUS KRÄMER, “La Etiquetadora Rollfed”, KHS Journal, La Perfecta Etiquetadora; 3ra. Edición 2008, Español, páginas 11 – 15, <http://www.khs.com>

<sup>4</sup>Etiquetadoras Modulares de KRONES, “Los multitalentos”, KRONES, Alemania, Agosto 2009.

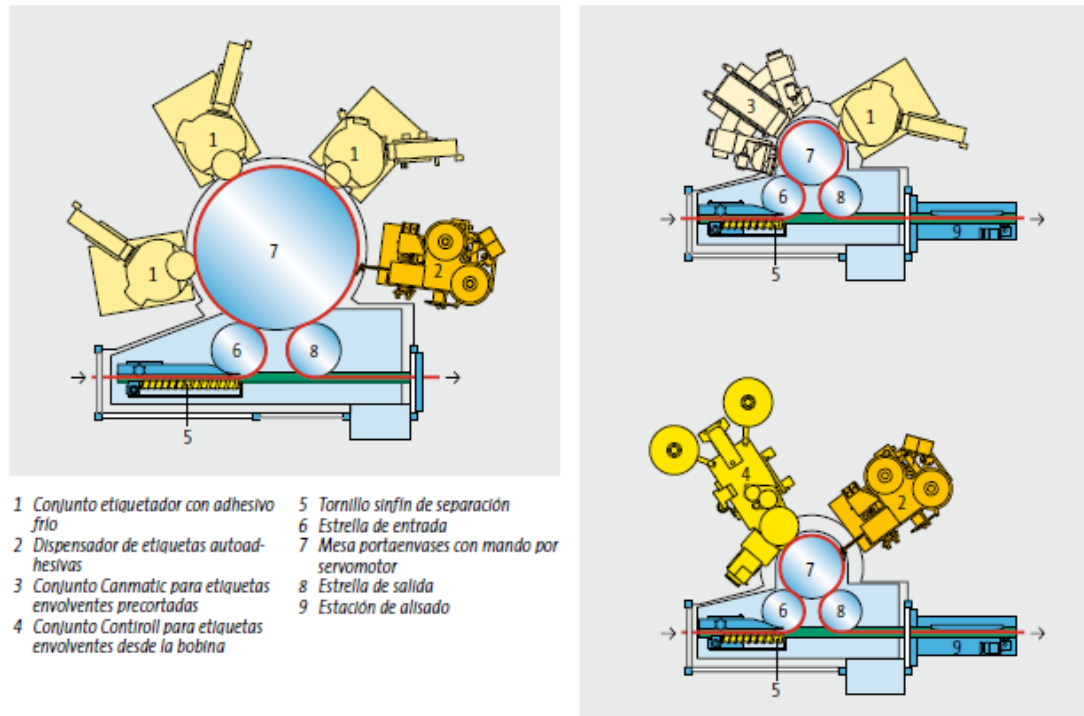
máquinas de utilización universal a partir de grupos constructivos individuales. Los conjuntos de adhesivo frío o caliente, o los dispensadores de etiquetas autoadhesivas se acoplan a la máquina base según las necesidades. En caso de un cambio del proceso de etiquetado los conjuntos tapado y etiquetado pueden ser intercambiados sencillamente. Además, se puede trabajar en paralelo con conjuntos de adhesivo frío y dispensadores, o cambiar después de un intervalo libremente determinable a otro tipo de etiquetado. Las etiquetadoras modulares existen con diferentes tamaños constructivos aptos para todas las gamas de rendimientos. La forma constructiva compacta hace que estas máquinas ocupen poco espacio y sean perfectamente accesibles desde todos los lados. La concepción de estas máquinas permite sobre todo en producciones con frecuentes cambios de decoración, un aumento significativo de la rentabilidad generando un sensible ahorro de costos para el usuario.



*Figura 2.3: Máquina Etiquetadora Modular*  
*Fuente: <http://www.krones.com>*

Las etiquetadoras modulares pueden ser equipadas con varias estaciones de etiquetado del mismo tipo o diferentes. Las diferentes estaciones se encuentran anclados en el bastidor base de la máquina siendo intercambiados simplemente cuando se necesitan. Estas estaciones se encuentran equipados cada uno con un accionamiento por separado que se encuentra electrónicamente acoplado al accionamiento principal. La máquina base compacta es fácilmente accesible al no encontrarse montada en un tablero convencional. En la mesa cada uno de los portaenvases es accionado por un servomotor mandado por ordenador. Los giros

de las botellas necesarios para el alisado de las etiquetas mediante rodillos siguen un programa determinado. Por esta razón durante el cambio a otra decoración no es necesario sustituir ninguna curva mecánica. El etiquetado frío, el caliente y la decoración con etiquetas autoadhesivas, pueden ser realizados en una sola mesa portaenvases.



**Figura 2.4:** Estaciones de Etiquetado en una Máquina Modular  
**Fuente:** <http://www.krones.com>

Las máquinas pueden ser adaptadas con facilidad a otros formatos de envases y de etiquetas. Cuando resulta necesario cambiar una de las estaciones de etiquetado, primero este se baja por motor hasta el suelo y a continuación el conjunto es conducido sobre rodillos fijamente montados hacia el lugar de almacenado. La nueva estación de etiquetado también es conducido a la máquina sobre rodillos y levantado de forma motorizada.

Debido a un acoplamiento ajustable en altura, cada conjunto puede ser posicionado independientemente de la altura del transportador o de eventuales irregularidades en el suelo. La altura ajustada del conjunto es reproducible por selección de tipos para futuros cambios de formato. Lo único que queda por hacer es enchufar o soltar las conexiones eléctricas y neumáticas. Las piezas de formato



de guiado Rapterc están marcadas según el código de color y pueden ser sustituidas fácilmente. Opcionalmente las curvas tienen un bloqueo neumático central y las estrellas cierres mono manuales. El guiado de los envases situado frente al tornillo sinfín puede ser ajustado fácilmente mediante un sistema de ajuste con topes fijos y el cabezal de la máquina se ajusta eléctricamente en altura. Las tulipas centradoras y los portaenvases disponen de cierres mono manuales permitiendo un cambio rápido.



*Figura 2.5: Cambio de una estación de Etiquetado en una Máquina Modular*  
*Fuente: <http://www.krones.com>*

### **Estación de Etiquetado de Adhesivo en Frío**

“El conjunto de etiquetado de adhesivo frío procesa etiquetas precortadas y dispone de un servo accionamiento con poco desgaste. El cárter de la estación construido completamente en acero fino. Una empaquetadura especial protege al dispositivo de mando del carrusel de paletas de influencias exteriores como pueden ser el agua, detergente o salpicaduras de adhesivo. Un alojamiento sin juego de los ejes de las paletas garantiza una larga duración de vida de los componentes involucrados. El ajuste nominal del rodillo encolador es siempre reproducible ya que el espesor de la capa de adhesivo es determinado por una rasqueta de adhesivo con indicador de referencia. Todos los puntos de alojamiento dentro del cárter de la estación son alimentados mediante una lubricación por circulación de aceite. Los cambios para adaptar la máquina a otras etiquetas o

envases se realizan de forma rápida y sin herramientas. Para determinar el nivel de etiquetado mediante la selección previa de tipos, el conjunto se ajusta verticalmente por motor; para el ajuste horizontal se encuentra alojado en un carro cruzado.<sup>5</sup>”



*Figura 2.6: Estación de Etiquetado de Adhesivo en Frio*  
*Fuente: <http://www.krones.com>*

### **Estación de Etiquetado de Etiquetas Autoadhesivas**

“Esta estación tiene un sistema dispensador de etiquetas que posibilita una aplicación exacta de etiquetas autoadhesivas. Se encuentra equipado con un servo accionamiento regulado analógicamente con la velocidad de la máquina. La cinta portadora con las etiquetas es transportada hacia el envase mediante un mecanismo de empuje y de tracción. Un sistema compensador de la cinta de etiquetas de funcionamiento neumático y mecánico en la entrada, garantiza un desenrollado continuo de la cinta porta etiquetas desde la bobina. Además la cinta porta etiquetas está sometida solamente a poca fuerza de tracción. En la cuña de aplicación la etiqueta es despegada de la cinta y transferida con precisión al envase. Para el óptimo ajuste de la entrega de las etiquetas y durante los cambios de tipo, todo el conjunto con las bobinas de etiquetas se ajusta en cinco u

---

<sup>5</sup> Etiquetadoras Modulares de KRONES, “Los multitalentos”, KRONES, Alemania, Agosto 2009; página 8, <http://www.krones.com>

opcionalmente en seis ejes. Todos los ajustes son reproducibles al encontrarse los ejes equipados con un indicador de referencia.<sup>6</sup>”



*Figura 2.7: Estación de Etiquetado de Etiquetas Autoadhesivas  
Fuente: <http://www.krones.com>*

### **Estación de Etiquetado de Adhesivo Caliente (Canmatic)**

“Para el etiquetado mediante adhesivo caliente con etiquetas envolventes precortadas se utiliza el conjunto Canmatic. La unidad dispone de dos conjuntos encoladores independientes que trabajan con adhesivo caliente y están equipadas con reguladores de temperatura para un ajuste individual de la temperatura del adhesivo. El primer conjunto de adhesivo termo fusible aplica una franja vertical de adhesivo en el envase. A continuación el envase rotante saca una etiqueta con esta franja de adhesivo del almacén de etiquetas y al mismo tiempo el segundo conjunto de adhesivo termo fusible encola el final de la etiqueta. La etiqueta se envuelve una vez sobre el envase pegándose en la parte solapada. Los dos conjuntos encoladores con adhesivo caliente y el almacén de etiquetas con capacidad para 9.000 etiquetas pueden desplazarse en relación con la mesa portaenvases, adaptándose a todos los diámetros de los envases mediante topes

---

<sup>6</sup> Etiquetadoras Modulares de KRONES, “Los multitalentos”, KRONES, Alemania, Agosto 2009; página 9, <http://www.krones.com>

fijos ajustables. Todo el conjunto se ajusta a la altura exacta de aplicación mediante el ajuste vertical de la estación de acoplamiento.<sup>7</sup>”



*Figura 2.8: Estación de Etiquetado de Adhesivo Caliente  
Fuente: <http://www.krones.com>*

### **Estación de Etiquetado Controll HS**

“Las etiquetas envolventes desde la bobina son cortadas con precisión en el conjunto Controll HS y aplicadas en los envases. En este conjunto los servomotores accionan el rodillo de transporte para la cinta de etiquetas, el conjunto de corte, el cilindro de vacío, el mecanismo encolador y las dos portas bobinas. Debido a los servo accionamientos el paso del conjunto puede ser adaptado a la longitud de la etiqueta, lo que significa que diferentes longitudes de etiquetas y gamas de rendimientos pueden ser servidos con un mismo conjunto. Como el mecanismo encolador se puede cambiar, es posible utilizar diferentes tipos de adhesivo caliente específicos para el material de las etiquetas.

La cinta de etiquetas en la bobina se desbobina mediante un rodillo de transporte de forma continua. Las etiquetas se cortan con precisión en el mecanismo de corte. Un sensor óptico para detectar la marca de corte, el ordenador y el servomotor, garantizan que se mantenga exactamente la posición de corte. Dos franjas delgadas de adhesivo termo fusible aplicadas mediante rodillo encolador

---

<sup>7</sup> Etiquetadoras Modulares de KRONES, “Los multitalentos”, KRONES, Alemania, Agosto 2009; página 10, <http://www.krones.com>

en el principio y en el final de la etiqueta permiten pegarlas. Con la franja de adhesivo aplicada al principio de la etiqueta, ésta se traslada al envase. Debido a que el envase gira durante el proceso de entrega, la etiqueta se aplica de forma lisa. El encolado final permite una adhesión segura.

En el caso del conjunto Contiroll HS el empalme de las bobinas de etiquetas se realiza de forma automática reduciendo al mínimo el rendimiento de la máquina. Todo el conjunto puede ajustarse a la altura de etiquetado deseada, mediante la estación de acoplamiento ajustable en altura seleccionando el tipo correspondiente en la pantalla táctil. Gracias a mecanismos contadores el ajuste horizontal es exactamente reproducible.<sup>8»</sup>



*Figura 2.9: Estación de Etiquetado Contiroll HS  
Fuente: <http://www.krones.com>*

#### **2.4.2.2 Máquina Etiquetadora Rotativa<sup>9</sup>**

Las etiquetadoras rotativas de adhesivo frío se destacan por una variable construcción de forma ampliable, múltiples posibilidades de utilización y una gran

---

<sup>8</sup> Etiquetadoras Modulares de KRONES, “Los multitalentos”, KRONES, Alemania, Agosto 2009; página 11, <http://www.krones.com>

<sup>9</sup> Etiquetadoras de adhesivo frío de KRONES, “Las clásicas”, KRONES, Alemania, Septiembre 2009, <http://www.krones.com>



disponibilidad. Estas máquinas tienen un nivel de calidad sin parangón. Trabajan con precisión y fiabilidad bajo todos los aspectos, pueden manejarse sencillamente y ajustarse rápidamente a otros formatos de envases o de etiquetas. Además impresionan por preservar su valor y pueden también reequiparse o actualizarse con facilidad si un día cambia su programa de productos.

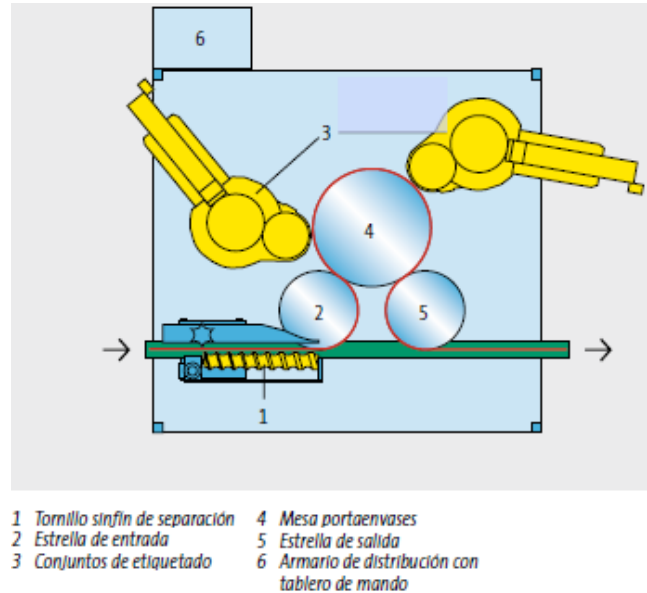


**Figura 2.10:** *Etiquetadora Rotativa*  
**Fuente:** <http://www.krones.com>

Las etiquetadoras de adhesivo frío sirven para decorar botellas de vidrio y de plástico, tarros y envases de forma especial con etiquetas de los más diversos tipos. Decoran los envases con etiquetas de cuerpo y de hombro, con contra etiquetas, collarines envolventes, etiquetas envolventes, precintos para cierres de abrazadera y de protección de taponado, con sellos de calidad y tiras diagonales, collarines tipo champán, medallones, hoja de aluminio/estaño o precintos fiscales en forma de I o L. Debido a la gran gama de posibles decoraciones, las máquinas sirven para todos los deseos imaginables de etiquetado con adhesivo frío.

La estrella de entrada entrega los envases a la mesa portaenvases que gira. Es aquí donde se fijan y centran entre los portaenvases y las tulipas de centrado. En cada conjunto de etiquetado las paletas encoladoras recubiertas de goma reciben una finísima capa de adhesivo a través del rodillo encolador de acero templado, toman las etiquetas del almacén y aplicándoles una capa de adhesivo las traspasan al

cilindro de transferencia, que las posiciona con precisión en los envases que pasan en la mesa portaenvases en donde las etiquetas son fijadas y alisadas mediante cepillos y rodillos con esponjas. Los envases etiquetados son tomados por la estrella de salida y entregados al transportador



**Figura 2.11:** Estaciones de Etiquetado de una Etiquetadora Rotativa

*Fuente:* <http://www.krones.com>

### Información Técnica de la Estación de Etiquetado en Frío

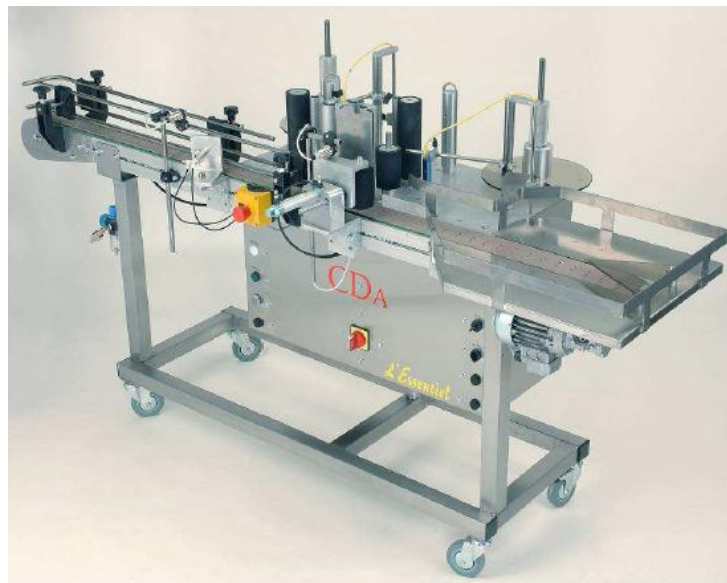
- Sistema de funcionamiento sincrónico: El carrusel de paletas y el cilindro de transferencia giran en el mismo sentido.
- Mando de las paletas mediante rodillo de leva movido en un baño de aceite
- Rodillo encolador de acero templado en combinación con paletas recubiertas de goma
- Alojamiento libre de juego del rodillo encolador y de los ejes de paletas y debido a ello poco desgaste
- Ajuste continuo de la capa de adhesivo en el rodillo encolador con rosca fina e indicador de referencia mediante el desarrollo oscilante del movimiento de las paletas encoladoras, garantiza un elevado estándar higiénico y un esfuerzo reducido de las etiquetas.
- Hygienic Design (diseño higiénico): superficies inclinadas en el fondo
- Opcional: Ejecución del conjunto ajustable en altura

### 2.4.2.3 Máquina Etiquetadora Lineal<sup>10</sup>

Las etiquetadoras lineales tienen un transportador motorizado perfilado en aluminio anodizado, creado por CDA, con cadena transportadora de platillos en resina acetálica de 82.5 mm de ancho. Guías laterales en acero inoxidable de Ø 12 mm; regulables en anchura para permitir el paso de productos de hasta 110 mm de ancho. Según el tipo de producto por etiquetar, un sistema de selección por cilindro neumático o por sin fin regulado por variador de frecuencia, está instalado en entrada del transportador para cadenciar los productos.

Según configuración deseada:

- Una mesa de recolección cuadrada está instalada al fin del transportador
- Un sistema de transferencia de productos está montado al fin del transportador



**Figura 2.12:** Máquina etiquetadora lineal modelo NIN ETIK  
**Fuente:** [http://www.com /Cdafrance/ modelo NIN ETIK](http://www.com/Cdafrance/modelo%20NIN%20ETIK)

### Etiquetado

- Una estación de etiquetado para aplicar etiquetas equipada con:
  - Un cabezal dispensador de etiquetas

<sup>10</sup>CDA, Chabot Delrieu Associes, “Etiquetadora Lineal Modelo NIN ETIK, <http://www.cdafrance.com>



- Un cabezal dispensador de contra etiquetas
  - Regulación manual de la altura de etiquetado
- Regulación manual de la altura de etiquetado
  - Control y gestión de los parámetros de la máquina por pantalla táctil
  - Avance de la banda de etiquetas por motor de corriente continua
  - Cadencia de producción hasta 800 productos/hora según diámetro y tipo de etiquetado.

### Opciones

- Fotocélula de detección para posicionar una etiqueta adicional en productos ya etiquetados
- Fotocélula de detección de muesca para posicionar etiquetas en envases con muesca
- Extensión de transportador
- Marcado de etiquetas por chorro de tinta (ink-jet)
- Sensor para la detección de etiquetas transparentes
- Sistema para alisar sellos de garantía

### Dispensador de Etiquetas

Es un sistema encarga de mantener tensionado la etiqueta, de controlar la velocidad de salida y de controlar la altura de la etiqueta mediante la utilización de rodillos y bobinas antes de ser aplicados al producto.



**Figura 2.13:** Cabezal de etiquetado de una etiquetadora lineal  
**Fuente:** <http://www.cdafrance.com>

### 2.4.3 ETIQUETAS<sup>11</sup>

Las etiquetas son parte importante del diseño de un envase y ayudan en la comercialización y venta de los productos. Las etiquetas posibilitan que los envasadores utilicen los mismos envases. Para diferentes productos, ya que es relativamente fácil cambiar las etiquetas, además, al utilizar un envase genérico se evita la necesidad de almacenar grandes cantidades de envases pre impreso. Las etiquetas pueden contener imágenes y decoraciones para hacer más atractivo el envase.



**Figura 2.14:** Etiquetados de Botellas

**Fuente:** <http://www.amee.org.mx> (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje)

De igual manera pueden mostrar al consumidor información relativa al producto, como pueden ser el contenido o las características de éste. Proporcionan información nutrimental e ingredientes de los alimentos, información de las dosis cuando se trata de medicamentos, etc. También se imprimen notas de advertencia relativas al uso, manejo y aplicación del producto.

#### 2.4.3.1 Tipos de etiquetas

Las etiquetas se fabrican en una gran variedad de tamaños, formas, diseños, materiales y adhesivos. Las etiquetas pueden estar hechas de papel, plástico, papel

---

<sup>11</sup>Lic. Hiram Cruz Cortés, “El Etiquetado”, Asesorías y Normatividad, AMEE (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje); Mundo Alimentario, Noviembre/Diciembre 2006, Año 13; N° 76

metalizado o laminado. Pueden estar grabadas o impresas, se ubican en diversas posiciones en los envases o productos que pueden ser grandes o pequeños.

#### 2.4.3.2 Etiquetas Autoadhesivas



*Figura 2.15: Etiquetas Autoadhesivas*

*Fuente: <http://www.amee.org.mx> (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje)*

Se ubican en cualquier superficie del envase. Estas etiquetas pueden ser aplicadas manualmente o con máquina etiquetadora ya que su presentación es en rollo. Un envase tiene etiquetas localizadas en la parte frontal, trasera, el cuello y/o en la parte superior. De igual manera, estas etiquetas se colocan casi en cualquier cara de una caja. Los sellos fiscales (marbetes) ubicados en la parte superior de los envases de las bebidas alcohólicas y paquetes de cigarrillos también son etiquetas autoadheribles.

#### 2.4.3.3 Etiquetas Cilíndricas.



*Figura 2.16: Etiquetas Cilíndricas*

*Fuente: <http://www.amee.org.mx> (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje)*

Se enrollan completamente en el envase. Las etiquetas se sobrepone intencionalmente con adhesivo. Este se aplica en los bordes para fabricar el sello.

Frecuentemente se utilizan en latas y botellas, pero también se utilizan en cajas y otros envases. Algunos productos alimenticios embotellados las utilizan como sello para tapas

#### **2.4.3.4 Etiquetas de Mangas.**

Se colocan en la botella y fijarlas en su lugar, estirando o contrayendo el material elástico con el que fueron hechas. Otra aplicación de estas etiquetas es el sello de seguridad que se utiliza en botellas de medicamentos y en algunos otros productos alimenticios.

#### **2.4.3.5 Etiquetas Termoencogibles.**

“Estas etiquetas son utilizadas en envases de plástico, vidrio, latas de aluminio, etc., dándole una excelente imagen al producto a través de un material altamente brillante, impreso con imágenes y textos en 360 grados; lo cual maximiza la imagen de marca y su superficie, facilitando la segmentación del producto hacia un determinado público objetivo. De esta forma, se logra una clara diferenciación sobre los productos de la competencia, y además, las etiquetas termo contraíbles tienen la capacidad de contraer hasta poco más de un 70%, logrando adaptarse a las curvas de cada envase.<sup>12,</sup>”

#### **2.4.3.6 Adhesivos para Etiquetas**

La selección de adhesivos puede ser especialmente importante para las etiquetas que se colocan en botellas diseñadas para ser lavadas y vueltas a utilizar, ya que el adhesivo debe sostener la etiqueta con fuerza pero de forma tal que no sea difícil retirarla, ya que no debe dejar residuos en los envases.

La elección adecuada de un adhesivo depende de los siguientes factores:

- Material y estilo de etiqueta.

---

<sup>12</sup> Vidales Giovannetti, Dolores, El Mundo del Envase, páginas 29-31, México, 2003

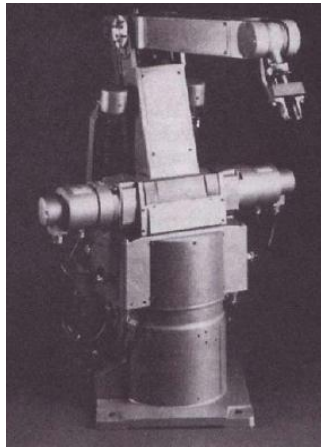
- Características del envase.
- Requisitos de la máquina etiquetadora.
- Condiciones bajo las que se almacenan los envases.

Tipos de adhesivos:

- Adhesivos líquidos fríos.
- Adhesivos fundidos.
- Adhesivos sensibles a la presión.
- Adhesivos sensibles al calor.

#### 2.4.4 SISTEMAS MECÁNICOS<sup>13</sup>

Los sistemas mecanismos son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por un conjunto de dispositivos o elementos, que cumplen una función para lograr un fin específico



*Figura 2.17: Manipulador industrial Yasukawa Motoman L-3*  
*Fuente: CRAIG J., (2006), Robótica, Editorial Pearson Educación, 3ra. Edición, México.*

##### 2.4.4.1 Características de los Sistemas Mecánicos

Se caracterizan por presentar elementos o piezas sólidos, con el objeto de realizar movimientos por acción o efecto de una fuerza. En ocasiones, pueden asociarse con sistemas eléctricos y producir movimiento a partir de un motor accionado por la energía eléctrica. En general la mayor cantidad de sistemas mecánicos usados

<sup>13</sup> CRAIG J., (2006), "Robótica", Editorial Pearson Educación, 3ra. Edición, México.

actualmente son propulsados por motores de combustión interna. En los sistemas mecánicos se utilizan distintos elementos relacionados para transmitir un movimiento. Como el movimiento tiene una intensidad y una dirección, en ocasiones es necesario cambiar esa dirección y/o aumentar la intensidad, y para ello se utilizan mecanismos.

#### **2.4.5 DISEÑO MECÁNICO<sup>14</sup>**

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica a resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño debe ser un proceso innovador y altamente iterativo. Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y el conocimiento son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, de transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y la teoría eléctrica y de la información. El diseño en la ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina. Un diseño debe permitir que la resistencia exceda al esfuerzo por un margen suficiente, de manera que a pesar de las incertidumbres, la falla no sea frecuente. La resistencia es una propiedad de un material o de un elemento mecánico. La resistencia de un elemento depende de la elección, el tratamiento y el procesamiento del material.

El esfuerzo es una propiedad de estado en un punto específico dentro de un cuerpo, la cual es una función de la carga, la geometría, la temperatura y el proceso de manufactura. La resistencia de un elemento es un asunto muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento. En tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño. La expresión factor de diseño significa alguna característica

---

<sup>14</sup> RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Parte 1 Fundamentos, Introducción al diseño Mecánico, páginas 4 -8, 8<sup>a</sup> Edición, México

o consideración que influye en el diseño de un elemento, quizá es todo el sistema, por lo que suelen tenerse en cuenta los factores:

- Funcionalidad
- Resistencia/Esfuerzo
- Distorsión/deflexión/rigidez
- Desgaste
- Seguridad
- Confiabilidad
- Peso
- Ruido
- Tamaño
- Control
- Lubricación
- Mantenimiento.

#### 2.4.5.1 Dimensiones y Tolerancias en el Diseño Mecánico

Por lo general para dimensionar se emplean los siguientes términos:

- **Tamaño nominal.-** Tamaño para designar un elemento.
- **Límites.-** Dimensiones máximas y mínimas establecidas.
- **Tolerancia.-** Diferencia entre dos límites
- **Tolerancia bilateral.-** Variación en ambas direcciones a partir de la dimensión básica
- **Tolerancia unilateral.-** Dimensión básica que se toma como uno de los límites, de la cual se permite una variación sólo en una dirección.
- **Holgura.-** Se refiere al acoplamiento de partes cilíndricas con un perno y un agujero. La palabra “holgura” se emplea cuando el diámetro del elemento interno es menor que el elemento externo. La holgura diametral es la diferencia medida en los dos diámetros. La holgura radial es la diferencia entre los dos radios
- **Interferencia.-** Es lo opuesto de la holgura, para el acoplamiento de parte cilíndricas, donde el elemento interno es mayor que el elemento externo.
- **Margen.-** Es la holgura mínima o la interferencia máxima establecida para partes ensambladas.

#### 2.4.6 MATERIALES<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Parte 2, Materiales, página 28, 8ª Edición, México, McGraw HILL.

La selección de un material para construir una parte de máquina o elemento estructural es una de las más importantes decisiones que debe tomar el diseñador. Por lo general, la decisión se toma antes de establecer las dimensiones de la parte. Después de seleccionar el proceso para crear la geometría deseada y el material el diseñador puede proporcionar el elemento de manera que se evite la pérdida de funcionalidad o que probabilidad de dicha pérdida de funcionalidad se mantenga a un nivel de riesgo aceptable. El diseñador mecánico debe estar familiarizado con todos los procesos de trabajo de metales a fin de que pueda efectuar el diseño más satisfactorio. Estos procesos incluyen el colado o fundido, maquinado, labrado en frío o en caliente y diversos tratamientos térmicos.

### **Acero**

“Acero es la denominación que comúnmente se le da en ingeniería metalúrgica a una aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,1 y el 2,1% en peso de su composición, aunque normalmente estos valores se encuentran entre el 0,2% y el 0,3%. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,0% se producen fundiciones que, en oposición al acero, son quebradizas y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas. El acero conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas.<sup>16</sup>”

### **Aceros Aleados**

En tanto que un acero al carbono simple es una aleación de hierro y carbono con pequeñas cantidades de manganeso, silicio, azufre y fósforo, el término acero aleado se aplica sólo cuando uno u más elementos diferentes del carbono se agregan al acero en cantidades suficientes para modificar sus propiedades en forma sustancial. Los aceros aleados no sólo poseen propiedades físicas más deseables sino que también permiten una mayor amplitud en el proceso de tratamiento térmico

---

<sup>16</sup> JOSEPH EDWARD SHIGLEY, (1986), “Diseño en Ingeniería Mecánica”, Capítulo 4, Materiales y sus Propiedades, página 193, 3ra Edición, México, McGraw HILL.



### **Aceros Resistentes a la Corrosión o Inoxidables**

“Aleaciones a base de hierro y que contienen por lo menos 12% de cromo se denominan aceros inoxidables La característica más importante de estos metales es su resistencia a muchas condiciones corrosivas, aunque no a todas. Los cuatro tipos disponibles son los aceros al cromo ferríticos, los aceros al cromo-níquel austeníticos y los aceros inoxidables martensíticos y templables por precipitación.

Los aceros al cromo ferríticos tienen un contenido de cromo que varía de 12% a 27%. Su resistencia a la corrosión depende del contenido de cromo, de modo que las aleaciones que contienen menos de 12% siguen presentando alguna resistencia a la corrosión aunque puedan oxidarse o enmohecerse. La templabilidad por enfriamiento rápido de estos aceros es función del contenido de cromo y de carbono.

Los aceros de muy alto carbono presentan buena templabilidad hasta aproximadamente 18% de cromo, en tanto que en los de carbono bajo desaparece aproximadamente con un 13% de cromo. Si se agrega algo de níquel estos aceros retienen un cierto grado de templabilidad hasta con un 20% de cromo. Si el contenido de este elemento excede de 18 %, se vuelven difíciles de soldar. Con muy altos contenidos de cromo la dureza se hace tan intensa que debe prestarse cuidadosa atención a las condiciones de servicio. Puesto que el cromo es costoso el diseñador habrá de elegir el contenido de cromo más bajo con las condiciones corrosivas<sup>17</sup>”

### **Materiales Plásticos**

El término termoplástico se utiliza para designar a un material plástico que se suaviza o es moldeable cuando se le aplica calor. También se aplica algunas veces a plásticos moldeables a presión que se pueden volver a moldear al recalentarlos. Se llama termoestable a un material plástico para el cual el proceso de polimerización termina en una prensa de moldeo en caliente, donde el material se derrite o licua a presión. Estos no pueden ser moldeados de nuevo.

---

<sup>17</sup> JOSEPH EDWARD SHIGLEY, (1986), “Diseño en Ingeniería Mecánica”, Capítulo 4, Materiales y sus Propiedades, página 194-195, 3ra Edición, México, McGraw HILL.

## 2.4.7 ANÁLISIS DE ESFUERZOS<sup>18</sup>

### 2.4.7.1 Esfuerzos Uniformemente Distribuidos

Con frecuencia en diseño se plantea la hipótesis de que hay una distribución uniforme de esfuerzo. Generalmente, al resultado obtenido con esta suposición se le llama tensión pura, compresión pura o cortante puro, dependiendo de cómo se aplique la carga. A veces se emplea la denominación de simple en vez de "puro", para expresar que no hay otros efectos complicantes. Entonces se dice que el esfuerzo  $\sigma$  está uniformemente distribuido y se calcula con la ecuación 2.1

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo normal [MPa]

F: Fuerza [N]

A: Área [m<sup>2</sup>]

La misma ecuación se verifica para una compresión simple. Sin embargo, una barra delgada en compresión puede fallar por pandeo, y esta posibilidad debe eliminarse de la consideración antes de que se use la ecuación 2.2

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (2.2)}$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante [MPa]

F: Fuerza [N]

A: Área [m<sup>2</sup>]

---

<sup>18</sup> RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Capítulo 3, Análisis de carga y Esfuerzo, páginas 67-97, 8ª Edición, México, McGraw HILL.

### 2.4.7.2 Esfuerzos Normales por Flexión en Vigas

La ecuación 2.3 establece que el esfuerzo por flexión es directamente proporcional a la distancia y desde el eje neutro y al momento flexionante  $M$ .

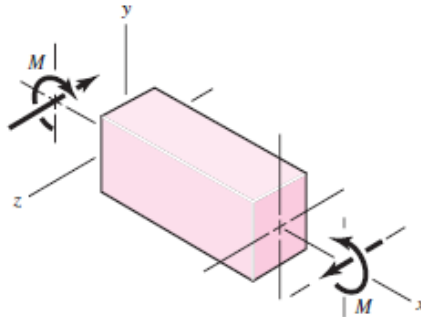
$$\sigma = \frac{M}{S} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo por Flexión Máximo [MPa]

$M$ : Momento flexionante Máximo [N.m]

$S$ : Modulo de sección [m<sup>3</sup>]

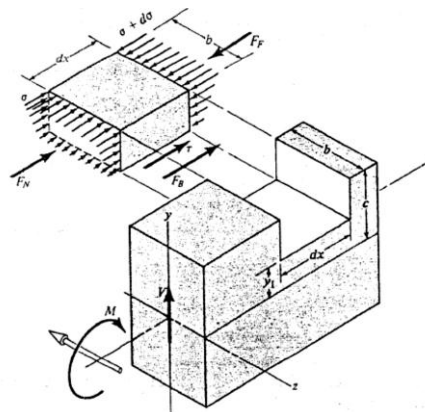


**Figura 2.18** Comportamiento de una viga a flexión

*Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8ª Edición, México*

### 2.4.7.3 Esfuerzos Cortantes en Vigas

En la figura 2.19 se representa una viga de sección transversal constante, sometida a una fuerza cortante  $V$  y a un momento flexionante  $M$ , donde, para obtener la ecuación de fuerza cortante se analiza un trozo de la viga.



**Figura 2.19:** Comportamiento de una viga a esfuerzos cortantes

*Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8ª Edición, México*

Con la ecuación 2.4 se puede determinar el esfuerzo cortante en una viga

$$\tau = \frac{VQ}{Ib} \quad \text{Ec. (2.4)}$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante [N/m<sup>2</sup>]

$V$ : Fuerza cortante [N]

$Q$ : Momento estático del área

$I$ : Momento de inercia de sección [m<sup>4</sup>]

$b$ : Ancho del área [m]

Esfuerzo cortante en sección rectangular:

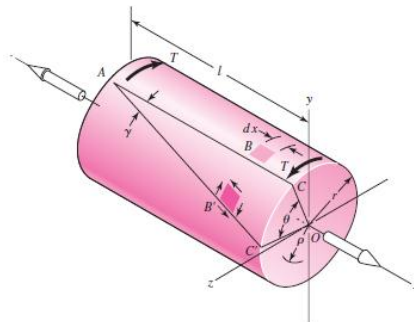
$$\tau_{max} = \frac{3V}{2A} \quad \text{Ec. (2.5)}$$

Esfuerzo cortante en sección circular macizo:

$$\tau_{max} = \frac{4V}{3A} \quad \text{Ec. (2.6)}$$

#### 2.4.7.5 Torsión en Vigas

Cualquier vector momento que sea colineal con un eje geométrico de un elemento mecánico se llama vector momento torsionante, debido a que la acción de tal carga hace que el elemento experimente una torcedura con respecto a ese eje. En la figura 2.20 se muestra el momento torsionante  $T$  y los vectores momento torsionante que se aplica a una barra



**Figura 2.20:** Torsión en una barra de sección circular

**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

Las siguientes ecuaciones son para calcular el momento polar de inercia y el esfuerzo cortante en diferentes secciones:

Ecuaciones para Eje de sección circular macizo:

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{Ec. (2.7)}$$

Eje de sección circular hueca:

$$\tau = \frac{16TD}{\pi(D^4 - d^4)} \quad \text{Ec. (2.8)}$$

Sección rectangular:

$$\tau = \frac{T}{wt^2} \left( 3 + 1.8 \frac{t}{w} \right) \quad \text{Ec. (2.9)}$$

Dónde:

W: lado mayor

t: lado menor

Para calcular el momento torsor a partir de la potencia a transmitir y la velocidad del eje rotatorio. A continuación se incluyen las ecuaciones correspondientes a los tres sistemas de unidades que se emplean en ingeniería.

$$H = \frac{2\pi Tn}{(33000)(12)} = \frac{FV}{33000} = \frac{Tn}{63000} \quad \text{Ec. (2.10)}$$

$$T = \frac{63000H}{n} \quad \text{Ec. (2.11)}$$

Donde:

H: Potencia [HP]

T: momento torsión [lb.pulg.]

F: Fuerza en la superficie exterior [lb.]

V: Velocidad periférica [pies/min.]

$n$ : Velocidad de rotación [rpm]

Si se utilizan unidades SI, la ecuación básica aplicable es:

$$P = T\omega \quad \text{Ec. (2.12)}$$

Donde:

P: Potencia [W]

T: Momento de torsión [N.m]

$\omega$ : Velocidad angular [rad/s]

#### **2.4.8 DISEÑO POR RESISTENCIA ESTÁTICA<sup>19</sup>**

Al diseñar un elemento de máquina, el ingeniero dispondrá de los resultados de una buena cantidad de ensayos de resistencia realizados con el material particular elegido para el elemento. Esos ensayos se deben haber hecho con probetas que tengan el mismo tratamiento térmico, acabado superficial y tamaño que el elemento en diseño; además deberán efectuarse exactamente bajo las mismas condiciones de carga que estaría expuesto el elemento durante el servicio.

##### **2.4.8.1 Cargas Estáticas y Factor de Seguridad**

El factor de seguridad se define por la ecuación 2.13

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{Ec. (2.13)}$$

Donde:

$S_y$ : Resistencia del material [MPa]

$\sigma$ : Esfuerzo Máximo por Flexión [MPa]

##### **2.4.8.2 Teorías de Fallas de un Material**

---

<sup>19</sup> RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Parte 2, Capítulo 5, Fallas Resultantes de carga Estática, páginas 206-228, 8ª Edición, México, McGraw HILL.

Al diseñar elementos mecánicos que resistan las fallas se debe estar seguro de que los esfuerzos internos no rebasen la resistencia del material. Si el que se empleará es dúctil, entonces lo que más interesa es la resistencia de fluencia, ya que una deformación permanente sería considerada como falla; sin embargo, existen excepciones a esta regla.

### **Teoría del Esfuerzo normal Máximo**

La teoría del esfuerzo normal máximo establece que la falla suele ocurrir siempre que el esfuerzo principal mayor sea igual a la resistencia. Supóngase que se ordenan los tres esfuerzos principales para cualquier estado de esfuerzo en la forma.

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3 \quad \text{Ec. (2.14)}$$

Luego, si la fluencia fuera el criterio de falla, esta teoría anticipa que él desperfecto sucede siempre que (Materiales dúctiles).

$$\sigma_1 = S_{yt} \text{ o bien } \sigma_3 = S_{yc} \quad \text{Ec. (2.15)}$$

Donde  $S_{yt}$  y  $S_{yc}$  son las resistencias de fluencia a la tensión y compresión.

Si se usa la resistencia última, como en el caso de los materiales frágiles, la falla ocurrirá siempre que: (Materiales frágiles).

$$\sigma_1 = S_{ut} \text{ o bien } \sigma_3 = -S_{uc} \quad \text{Ec. (2.16)}$$

Donde  $S_{ut}$  y  $S_{uc}$  son las resistencias últimas a la tensión y compresión.

Para encontrar su factor de seguridad su ecuación es:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_1} \quad \text{Ec. (2.17)}$$

### **Teoría del Esfuerzo Cortante Máximo**

La teoría del esfuerzo cortante máximo afirma que se inicia la fluencia siempre que, en un elemento mecánico, el esfuerzo cortante máximo se vuelve igual al

esfuerzo cortante máximo en una probeta a tensión cuando ese espécimen empieza a ceder.

El esfuerzo cortante máximo para tensión simple es:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{S}{2} \quad Ec. (2.18)$$

El esfuerzo cortante máximo para torsión pura es:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad Ec. (2.19)$$

En consecuencia, la teoría del esfuerzo cortante máximo predice que la falla se producirá siempre que.

$$\tau_{max} = \frac{S_y}{2} \quad \text{o bien} \quad \sigma_1 - \sigma_3 = S_y \quad Ec. (2.20)$$

Para encontrar su factor de seguridad su ecuación es:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_1 - \sigma_3} \quad Ec. (2.21)$$

### **Teoría de la Energía de la Distorsión**

Esta teoría de falla también se llama teoría de la energía de cortante o teoría von Mises Hencky. Como la del esfuerzo cortante máximo, ésta se emplea solo para definir el principio de fluencia. Para estudios de análisis y diseño conviene definir el concepto de esfuerzo de von Mises como:

$$\sigma' = [\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2]^{1/2} \quad Ec. (2.22)$$

Donde:

$\sigma'$ : Esfuerzo de Von Mises [MPa]

$\sigma_x$ : Esfuerzo por Flexión Máximo [MPa]

$\tau_{xy}$ : Esfuerzo por Torsión Máximo [MPa]



Para encontrar su factor de seguridad su ecuación es:

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ec. (2.23)}$$

Donde:

$\sigma'$ : Esfuerzo de Von Mises [MPa]

$S_y$ : Resistencia del Material [MPa]

#### 2.4.9 DISEÑO POR RESISTENCIA A FATIGA<sup>20</sup>

En muchos casos hay que analizar elementos de máquina que han fallado bajo la acción de esfuerzos repetidos o fluctuantes y, sin embargo, después de un cuidadoso análisis se descubre que los esfuerzos máximos reales fueron inferiores a la resistencia última del material y, muchas veces, aún menores que la resistencia de fluencia. La característica más notable de estas fallas ha sido que los esfuerzos se repitieron muchas veces. Por lo tanto, la falla se denomina falla por fatiga. Entonces para predecir una falla por fatiga es necesario calcular el límite de resistencia de fatiga ( $S'_e$ ) que tiene el material. Generalmente se usan las siguientes relaciones

Para materiales Dúctiles (Aceros)

$$S'_e = 0.5 S_{ut} \quad S_{ut} \leq 200 \text{ Kpsi (1400 MPa)} \quad \text{Ec. (2.24)}$$

$$S'_e = 100 \text{ Kpsi} \quad S_{ut} > 200 \text{ Kpsi (1400 MPa)} \quad \text{Ec. (2.25)}$$

Para materiales Frágiles (Hierros Fundidos)

$$S'_e = 0.45 S_{ut} \quad S_{ut} \leq 88 \text{ Kpsi (600 MPa)} \quad \text{Ec. (2.26)}$$

$$S'_e = 40 \text{ Kpsi} \quad S_{ut} > 88 \text{ Kpsi (600 MPa)} \quad \text{Ec. (2.27)}$$

---

<sup>20</sup> RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Capítulo 6, Fallas por fatiga resultantes de carga variable, páginas 258- 299, 8ª Edición, México, McGraw HILL.

### 2.4.9.1 Resistencia a la fatiga

Permiten calcular la resistencia del material a un determinado número de ciclos, esta resistencia a la fatiga se determina a partir de la ecuación 2.28:

$$S_f = aN^b \quad \text{Ec. (2.28)}$$

Donde:

N: Número de Ciclos

a y b: Constantes

$S_f$ : Resistencia a la Fatiga [MPa]

Las constantes se obtienen a partir de las ecuaciones 2.29 y 2.30:

$$a = \frac{(fS_{ut})^2}{S_e} \quad \text{Ec. (2.29)}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left( \frac{fS_{ut}}{S_e} \right) \quad \text{Ec. (2.30)}$$

Con el propósito de realizar un análisis conservador, para  $S_{ut} < 70$  kpsi, sea  $f = 0.9$ <sup>21</sup>

### 2.4.9.2 Factores que Modifican el Límite de Resistencia a la Fatiga

Para tener en cuenta las más importantes de estas condiciones se emplea una diversidad de factores de modificación, de los cuales cada uno corresponde a un solo efecto. Con base a lo anterior se tiene.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e \quad \text{Ec. (2.31)}$$

Donde:

---

<sup>21</sup> RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Capítulo 6, Fallas por fatiga resultantes de carga variable, página 277, 8ª Edición, México, McGraw HILL.

$S_e$ : Límite de Resistencia a la Fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina en la geometría y condición de uso [MPa]

$S'_e$ : Límite de Resistencia a la Fatiga en Vira Rotatoria [MPa]

$K_a$ : Factor de Modificación de la Condición Superficial

$K_b$ : Factor de Modificación del Tamaño

$K_c$ : Factor de Modificación de la Carga

$K_d$ : Factor de Modificación de la Temperatura

$K_e$ : Factor de Confiabilidad

$K_f$ : Factor de Modificación de Efectos Varios

### Factor de Superficie ( $K_a$ ).

Este factor depende de la calidad del acabado de la superficie de la parte y de la resistencia la tensión. A fin de determinar expresiones cuantitativas para acabados comunes de parte de máquinas (esmerilado, maquinado o estirado en frío, laminado en caliente y forjado, las coordenadas de los puntos de datos se recopilaron nuevamente de una gráfica del límite de resistencia a la fatiga contra la resistencia última a la tensión, a partir de datos recolectados por Lipson y Noll reproducidos por Horger. Los datos pueden expresarse mediante la ecuación 2.32.

$$K_a = aS_{ut}^b \quad \text{Ec. (2.32)}$$

Donde:

$S_{ut}$ : Resistencia Mínima a la Tensión [MPa]

a y b: Valores que se leen en la siguiente tabla.

**Tabla 2.1:** Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín

**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

Surface Finish	Factor a		Exponent b
	$S_{ut}$ , kpsi	$S_{ut}$ , MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hotrolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

**Factor de Tamaño (Kb).**

El factor de tamaño se evaluó en 133 conjuntos de puntos de datos. Los resultados para flexión y torsión pueden expresarse como:

$$k_b = \begin{matrix} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg.} \end{matrix} \quad \text{Ec. (2.33)}$$

**Factor de Modificación de Carga (Kc)**

Cuando se realizan los ensayos de fatiga con carga de flexión rotatoria, axial (empujar o jalar) y de torsión, los límites de resistencia a la fatiga difieren con  $S_{ut}$ .

$$k_c = \begin{matrix} 1 & Flexion \\ 0.85 & Axial \\ 0.59 & Torsion \end{matrix}$$

**Factor de Temperatura (Kd)**

Cuando las temperaturas de operación son menores que la temperatura ambiente, la fractura frágil es una posibilidad fuerte, por lo que se necesita investigar primero. Cuando las temperaturas de operación son mayores que la temperatura ambiente, primero se debe investigar la fluencia porque la resistencia a ésta disminuye con rapidez con la temperatura. La tabla 2.2 se obtuvo mediante la resistencia a la tensión.

**Tabla 2.2:** Efectos de la temperatura de Operación en resistencia a la tensión del acero  
 Fuente: RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8ª Edición, México*

Temperature, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperature, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1000	0.698
550	0.672	1100	0.567
600	0.549		

### Factor de Confiabilidad (Ke)

En la tabla 2.3 se proporcionan los factores de confiabilidad de algunas confiabilidades estándar especificadas

**Tabla 2.3:** Factores de Confiabilidad

*Fuente:* RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

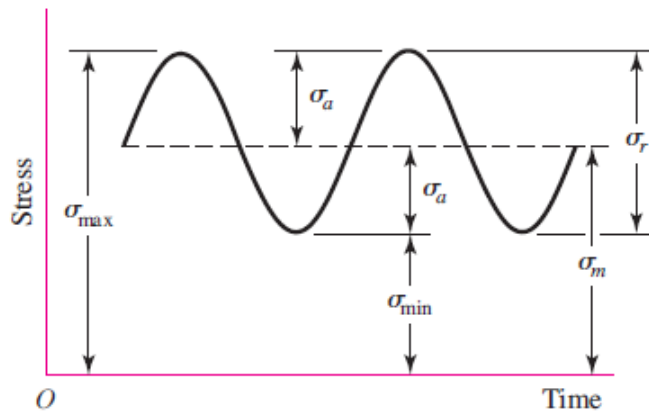
Reliability, %	Transformation Variate $z_a$	Reliability Factor $k_a$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

### Factor de efectos varios (Kf)

Este factor tiene el propósito de tomar en cuenta la reducción del límite de resistencia a la fatiga debido a todos los otros efectos. Los esfuerzos residuales mejoran el límite de resistencia a la fatiga o lo afectan de manera negativa, si el esfuerzo residual en la superficie de la parte es de compresión, el límite de resistencia a la fatiga mejora. Las fallas por fatigas parecen ser fallas por tensión, o al menos lo provoca un esfuerzo de tensión. Las operaciones como el granallado, el martillado y el laminado en frío acumulan esfuerzos de compresión en la superficie de la parte y mejoran mucho el límite de resistencia a la fatiga.

#### 2.4.9.3 Características de los Esfuerzos Fluctuantes

Los esfuerzos fluctuantes sobre la maquinaria adoptan la forma de un patrón sinusoidal debido a la naturaleza de algunas máquinas rotatorias. Sin embargo, también ocurren otros tipos de patrones, algunos muy irregulares. Se han determinado que en los patrones periódicos que presentan un solo máximo y un solo mínimo de la fuerza, la forma de la onda no resulta fundamental, pero los picos en el lado alto (máximo) y en el lado bajo (mínimo) son importantes. En la figura 2.21 se ilustran algunos de los varios registros esfuerzo-tiempo que ocurren.



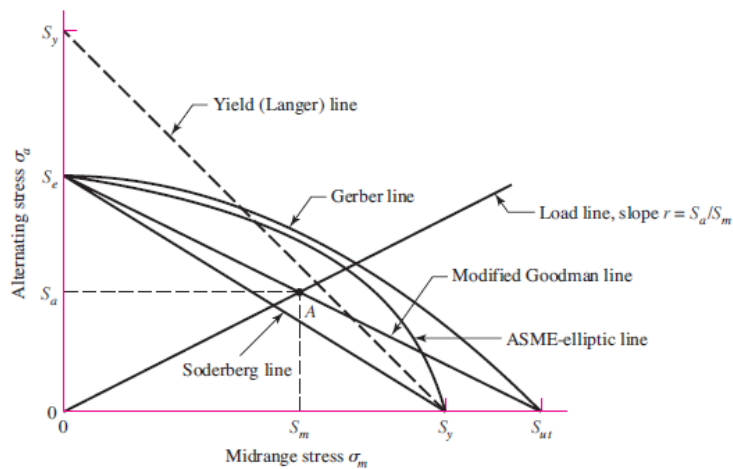
**Figura 2.21:** Relaciones Esfuerzo-Tiempo: Esfuerzo Fluctuante Sinusoidal  
**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

Las componentes del esfuerzo de una onda fluctuante sinusoidal son:

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| $\sigma_{max}$ : Esfuerzo Máximo    | $\sigma_m$ : Componente de Esfuerzo Medio  |
| $\sigma_{min}$ : Esfuerzo Mínimo    | $\sigma_r$ : Intervalo de Esfuerzo         |
| $\sigma_a$ : Componente de Amplitud | $\sigma_s$ : Esfuerzo Estático o constante |

#### 2.4.9.4 Criterio de Fallas por Fatiga ante Esfuerzos variables

Luego que se han definido las diversas componentes del esfuerzo asociadas con una parte sometida a esfuerzo fluctuante, se desea variar el esfuerzo medio y su amplitud, o componente alternante, para comprender acerca de la resistencia a la fatiga de partes sometidas a esos esfuerzos. En la figura 2.22 se ilustran un diagrama de fatiga donde se proporcionan varios criterios de falla



**Figura 2.22:** Diagrama de los Criterios de Falla a Fatiga  
**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

En la figura 2.22 se presentan cinco criterios de falla que son:

- Criterio de Falla de Soderberg
- Criterio de Falla de Goodman Modificado
- Criterio de Falla de Gerber
- Criterio de Falla ASME-Elíptica
- Criterio de Falla de Fluencia Estática de Langer

A continuación se proporcionan las expresiones formales del factor de seguridad correspondiente a cada criterio de falla a fatiga usando la siguiente terminología

$\sigma_a$ : Esfuerzo de Amplitud [MPa]

$\sigma_m$ : Esfuerzo de Medio [MPa]

$S_e$ : Límite de Resistencia a la Fatiga [MPa]

$S_{ut}$ : Resistencia a la Tensión [MPa] (En función del Material)

Criterio de Falla de Goodman Modificado y Langer

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} \quad \text{Ec. (2.34)}$$

Criterio de Falla de Gerber y Langer

$$n_f = \frac{1}{2} \left( \frac{S_{ut}}{\sigma_m} \right)^2 \frac{\sigma_a}{S_e} \left[ -1 + \sqrt{1 + \left( \frac{2\sigma_m S_e}{S_{ut} \sigma_a} \right)^2} \right] \quad \text{Ec. (2.35)}$$

Criterio de Falla de ASME Elíptica y Langer

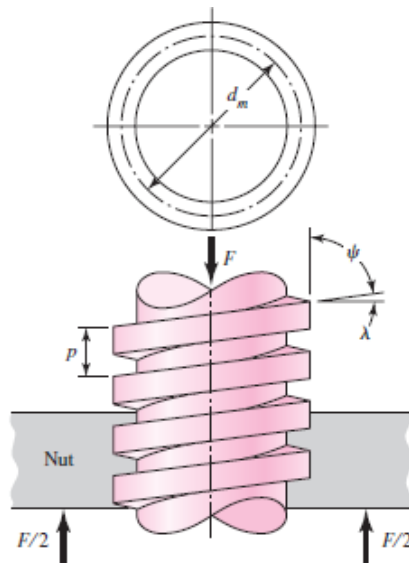
$$n_f = \sqrt{\frac{1}{\left( \frac{\sigma_a}{S_e} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_m}{S_y} \right)^2}} \quad \text{Ec. (2.36)}$$

#### 2.4.10 DISEÑO DE TORNILLOS DE POTENCIA<sup>22</sup>

<sup>22</sup> RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Capítulo 8, Tornillos Sujetadores y diseño de uniones no permanentes, páginas 396-404, 8ª Edición, México, 8ª Edición, México, McGRAW HILL.

### 2.4.10.1 Mecánica de los Tornillos de Potencia

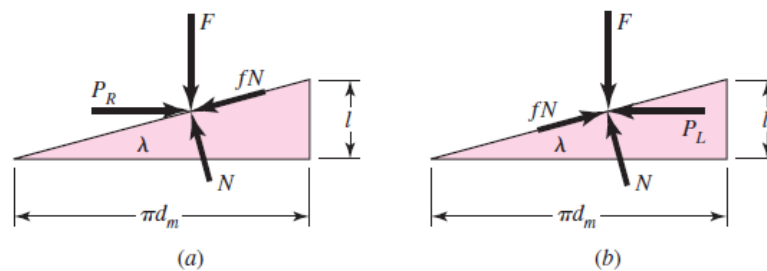
Un tornillo de potencia es un dispositivo que se utiliza en maquinaria para cambiar el movimiento angular a movimiento lineal y, por lo general, para transmitir potencia. En la figura 2.23 se muestra un tornillo de potencia de rosca cuadrada, de un solo filete, que tiene un diámetro medio, un paso, un ángulo de avance y un ángulo de hélice; soporta una carga axial de compresión  $F$ .



**Figura 2.23.** Tornillo de fuerza o potencia

**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

Las fuerzas unitarias axiales que actúan sobre el área normal de la rosca se representa por  $F$ . Para elevar la Carga, una fuerza  $P_R$  que actúa a la derecha y para bajar la carga,  $P_L$  actúa hacia la izquierda. La fuerza de fricción es el producto del coeficiente de fricción  $f$  por la fuerza normal  $N$ , y actúa oponiéndose al movimiento con se ilustra en la figura 2.24.



**Figura 2.24.** Diagrama de Fuerza: a) Al subir la carga; b) Al bajar la carga

**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México



Por último, si se observa que el par de torsión es el producto de la fuerza P y el radio medio  $d_m/2$  para elevar la carga se puede escribir

$$T_R = \frac{Fd_m}{2} \left( \frac{l + \pi\mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right) \quad \text{Ec. (2.37)}$$

Donde  $T_R$  representa el par de torsión que se requiere para dos propósitos: superar la fricción de la rosca y elevar la carga. Se determina que el par de torsión para bajar la carga se puede determinar con ecuación 2.38.

$$T_L = \frac{Fdm}{2} \left( \frac{\pi\mu d_m - l}{\pi d_m + \mu l} \right) \quad \text{Ec. (2.38)}$$

Éste es el par de torsión que se requiere para superar una parte de la fricción al bajar la carga. Puede resultar, en casos específicos donde el avance sea grande o la fricción baje, que la carga baje por sí misma, lo que provoca que el tornillo gire sin ningún esfuerzo externo. En estos casos el par de torsión  $T_L$ . Por lo tanto la eficiencia es.

$$e = \frac{Fl}{2\pi T} \quad \text{Ec. (2.39)}$$

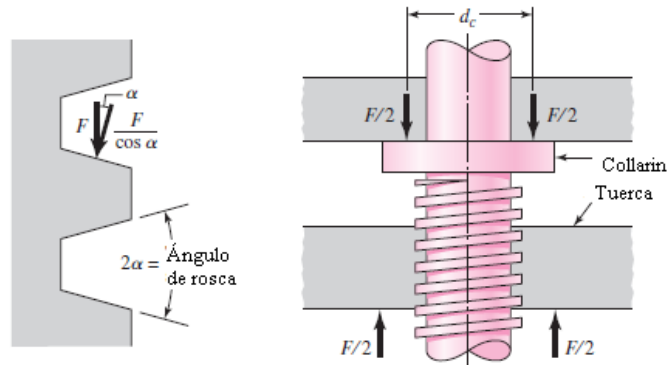
Los esfuerzos nominales en el cuerpo de los tornillos de potencia pueden relacionarse con los parámetros de la rosca en la forma siguiente. El esfuerzo cortante nominal en torsión  $\tau$  del cuerpo del tornillo puede expresarse como:

$$\tau = \frac{16T}{\pi d_r^3} \quad \text{Ec. (2.40)}$$

El esfuerzo axial  $\sigma$  en el cuerpo del tornillo debido a la carga F es:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d_r^2} \quad \text{Ec. (2.41)}$$

Por lo general, se debe utilizar un tercer componente del par de torsión en las aplicaciones de tornillo de potencia. Cuando el tornillo se cargue axialmente, debe usarse un cojinete de empuje o collarín de empuje entre los elementos rotatorio y estacionario, con objeto de soportar el efecto de la componente axial. En la figura 2.25 se ilustra un collarín de empuje común para el que se supone que la carga está concentrada en el diámetro medio del collarín  $d_c$ .



**Figura 2.25:** a) Fuerza normal en la rosca, b) collarín de empuje

**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

Si  $f_c$  es el coeficiente de fricción del collarín, el par de torsión que requiere es.

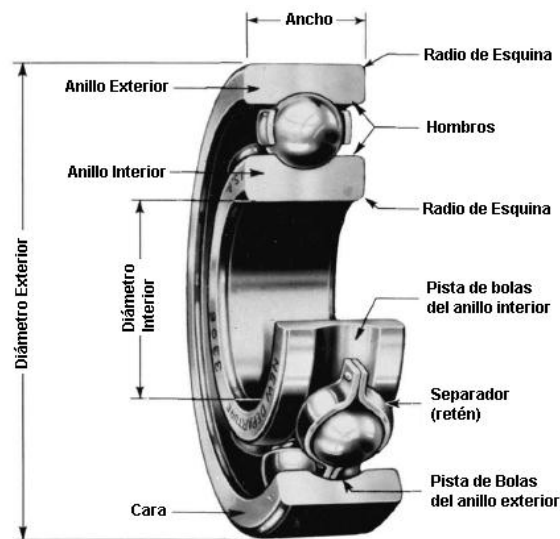
$$T_c = \frac{F f_c d_c}{2} \quad \text{Ec. (2.42)}$$

#### 2.4.11 COJINETES DE RODAMIENTO<sup>23</sup>

Son aquellos en los que la carga principal se transmite a través de elementos en contacto de rodadura y no de deslizamiento. En un cojinete de rodamiento la fricción inicial es aproximadamente igual al doble de la que hay a la velocidad de funcionamiento y, por lo tanto, es despreciable en comparación con el rozamiento inicial de un cojinete de casquillo o de manguito. La carga, la velocidad y la viscosidad de operación del lubricante afectan las características relacionadas con el rozamiento de un cojinete con contacto de rodamiento.

<sup>23</sup> RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, Capítulo 11, Cojinetes de Contacto, páginas 550-571, 8ª Edición, México, 8ª Edición, México, McGraw HILL.

### 2.4.11.1 Partes de un rodamiento



*Figura 2.26. Nomenclatura de un cojinete de bolas*

*Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8ª Edición, México*

### 2.4.11.2 Tipos de Rodamientos

Según la forma de construcción de los rodamientos y sus aplicaciones se los puede clasificar en:

- Rodamientos rígidos de bolas
- Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular
- Rodamientos de agujas
- Rodamientos de rodillos cónicos
- Rodamientos de rodillos cilíndricos de empuje
- Rodamientos axiales de rodillos a rótula
- Rodamientos de bolas a rótula
- Rodamientos de rodillos a rótula
- Rodamientos axiales de bolas de simple efecto

### 2.4.11.3 Carga en cojinetes

Mediante la experimentación se ha demostrado que dos grupos de cojinetes idénticos, probados con cargas diferentes  $F_1$  y  $F_2$ , tienen vidas  $L_1$  y  $L_2$  respectivamente, y están relacionarías en la siguiente forma:

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^a \quad \text{Ec. (2.43)}$$

a = 3 para cojinetes de bolas

a = 10/3 para cojinetes de rodillos

La capacidad de carga de un cojinete está dada por la relación:

$$C_R = F \left[ \left( \frac{L_D}{L_R} \right) \left( \frac{n_D}{n_R} \right) \right]^{1/a} \quad \text{Ec. (2.44)}$$

Donde:

CR = Capacidad de carga básica

F = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

LD = Vida útil requerida para el diseño

LR = 3000 horas de vida a 500 rpm

n<sub>D</sub> = Rpm a las que va a trabajar el rodamiento

n<sub>R</sub> = 500 rpm

#### 2.4.11.4 Vida útil en cojinetes

Es el número de revoluciones totales o también las horas de trabajo de un cojinete a una velocidad constante. Se establece un tiempo de vida útil, de acuerdo a las horas que se mantiene la máquina en funcionamiento y al número de revoluciones por minuto.

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 * n} \left( \frac{C_R}{F} \right)^a \quad \text{Ec. (2.45)}$$

Donde:

L10h = Duración nominal en millones de revoluciones

CR = Capacidad de carga básica

F = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

$n$  = Velocidad constante de rotación en rpm

$a$  = exponente, 3 para rodamientos de bolas

## 2.4.12 ELEMENTOS MECÁNICOS FLEXIBLES<sup>24</sup>

### 2.4.12.1 Bandas

Las bandas se utilizan para transmitir potencia entre dos ejes paralelos. Tales ejes deben estar situados a cierta distancia mínima, dependiendo del tipo de banda, para trabajar con la mayor eficiencia. Las bandas tienen las siguientes características:

- Pueden utilizarse para grandes distancias entre centros.
- Debido a los efectos de deslizamiento y estirado que se producen, la relación entre las velocidades angulares de los dos ejes no es constante ni exactamente igual a la relación entre los diámetros de las poleas.
- Cuando se utilizan bandas planas puede obtenerse acción de embrague si se pasa de una polea libre a una de fuerza.
- Cuando se emplean bandas V (o trapeciales) es posible obtener alguna variación en la relación de velocidad angular si se emplea una polea menor con lados cargados por resortes. Por lo tanto, el diámetro de la polea es función de la tensión de la banda y puede modificársele cambiando la distancia entre centros.
- Generalmente es necesario algún ajuste de la distancia entre centros cuando se utilizan las bandas.
- El empleo de poleas escalonadas es un medio económico para cambiar la relación de velocidad.

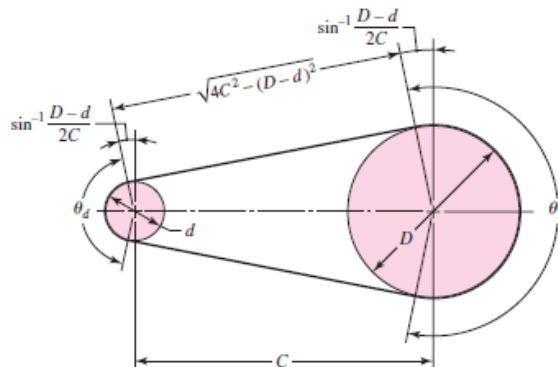
### 2.4.12.2 Geometría de una Banda Abierta

En la figura 2.27 se ilustra la geometría abierta de una transmisión de banda plana. Se emplea en ejes paralelos si el giro de estos es en un mismo sentido. Es la

---

<sup>24</sup> RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Capítulo 17, Elementos Mecánicos Flexibles, páginas 860-571, 8ª Edición, México, 8ª Edición, México, McGraw HILL.

transmisión más difundida. En estas transmisiones, la flexión en la correa es normal y depende fundamentalmente del diámetro de la polea menor.

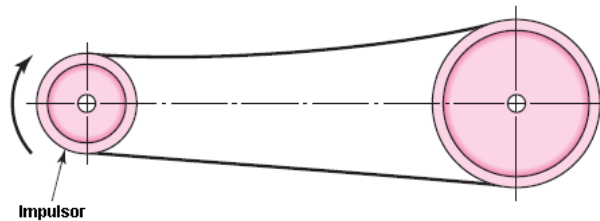


**Figura 2.27:** Banda Abierta

**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

### 2.4.12.3 Transmisión de Bandas

En la figura 2.28 se ilustra la transmisión de una banda abierta no inversora



**Figura 2.28:** Banda abierta no inversora

**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

### 2.4.12.4 Angulo de contacto en Transmisión de Banda Abierta

Polea Menor

$$\theta_d = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{D - d}{2C} \quad \text{Ec. (2.46)}$$

Polea Mayor

$$\theta_D = \pi + 2\text{sen}^{-1} \frac{D - d}{2C} \quad \text{Ec. (2.47)}$$

Donde:

$\theta_D$ : Angulo de Contacto Polea Mayor

C: Distancia entre centros [pulg.]

D: Polea mayor [pulg.]

d: Polea menor [pulg.]

#### 2.4.12.5 Longitud de la Banda en un Sistema de Transmisión Abierta

$$L = [4C^2 - (D - d)^2]^{1/2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d) \quad \text{Ec. (2.48)}$$

Donde:

$\theta_D$ : Angulo de Contacto Polea Mayor

$\theta_d$ : Angulo de Contacto Polea Menor

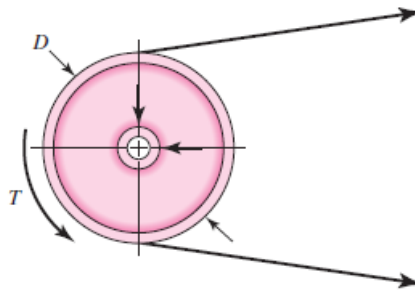
C: Distancia entre centros [pulg.]

D: Polea mayor [pulg.]

d: Polea menor [pulg.]

#### 2.4.12.6 Fuerzas y Pares de Torsión en una Polea

En la figura 2.29 se ilustra un diagrama de cuerpo libre de una polea y de una parte de la banda.



**Figura 2.29** Fuerzas y pares de torsión en una polea

**Fuente:** RICHARD G. (2005), *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª Edición, México

La tensión del lado ajustado o tenso  $F_1$  y la tensión del lado holgado  $F_2$ , se tienen las siguientes componentes aditivas

$$F_1 = F_i + F_C + \Delta F' = F_i + F_C + \frac{T}{D} \quad \text{Ec. (2.49)}$$

$$F_2 = F_i + F_c - \Delta F' = F_i + F_c - \frac{T}{D} \quad Ec. (2.50)$$

Donde:

$F_i$ : Tensión inicial

$F_c$ : Tensión circunferencial debida a la fuerza centrífuga

$\Delta F'$ : Tensión debida al par de torsión transmitido T

D: Diámetro de la polea

### **Tensión Centrífuga**

$$F_c = K_c \left( \frac{V}{1000} \right)^2 \quad Ec. (2.51)$$

Donde:

$F_c$ : Tensión Centrífuga [lb]

$K_c$ : Parámetro según el tipo de banda

V: Velocidad Periférica [pies/min]

### **Tensión debida al Par de Torsión Transmitido**

$$\Delta F = \frac{63025 H_d / N_b}{n \left( \frac{d}{2} \right)} \quad Ec. (2.52)$$

$H_d$ : Potencia de Diseño [HP]

$N_b$ : Número de Bandas

d: Diámetro de la polea Motriz [pulg]

n: Velocidad de la Polea Motriz [rpm]

### **Tensión Mayor**

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1} \quad Ec. (2.53)$$



### **Tensión Menor**

$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad \text{Ec. (2.54)}$$

### **Tensión Inicial**

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c \quad \text{Ec. (2.55)}$$

#### **2.4.12.7 Velocidad Periférica**

Es la velocidad que se genera en la polea motriz del sistema de transmisión y se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$V = \frac{\pi dn}{12} \quad \text{Ec. (2.56)}$$

Donde:

V: Velocidad de la banda [pies/min]

d: Diámetro de la polea [pulg].

n: Velocidad rotacional [rpm]

#### **2.4.12.8 Bandas Planas**

Están hechas de cuero curtido con corteza de roble o de tela, como de algodón o rayón, impregnada de caucho o hule. La banda (o correa) plana moderna consta de una parte central elástica fuerte, como un núcleo de alambre de acero o de cuerdas de nylon, que resiste la tensión y transmite la potencia, combinada con una cubierta flexible que proporciona fricción entre la banda y la polea. Las correas planas son muy eficaces para altas velocidades pues resultan silenciosas, pueden transmitir altas potencias a distancias entre ejes relativamente grandes.

“Las modernas transmisiones de banda plana consisten en un núcleo elástico fuerte rodeado por un elastómero; estas bandas tienen notables ventajas sobre las transmisiones de engranes y las de banda en V. Una transmisión de banda plana

presenta una eficiencia de aproximadamente 98%, que es más o menos igual a la de una transmisión por engranes. Por otro lado, la eficiencia de una transmisión de banda en V varía de casi 70 a 96%. Las de banda plana producen muy poco ruido y absorben más vibración torsional del sistema que las de banda en V o los engranes.<sup>25</sup>»



**Figura 2.30:** Banda Plana  
**Fuente:** Catálogo Bandas Transportadoras y de Procesamiento HABASIT

### Tensión Máxima Permisible en una Banda Plana

$$(F_1)_a = b F_a C_p C_v \quad \text{Ec. (2.57)}$$

Donde:

$(F_1)_a$ : Tensión máxima permisible

b: ancho de la banda (pulga.)

$F_a$ : Tensión permitida por el fabricante (lb. /Pulga.)

$C_p$ : Factor de corrección de la polea

$C_v$ : Factor de corrección de la velocidad

### Tensión Circunferencial

Para determinar la tensión circunferencial debida a la fuerza centrífuga de la banda se calcula a partir de la siguiente 2.69

$$F_c = \frac{w}{g} \left( \frac{V}{60} \right)^2 \quad \text{Ec. (2.58)}$$

<sup>25</sup> RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Capítulo 17, Elementos Mecánicos Flexibles, página 863, 8ª Edición, México, 8ª Edición, México, McGRAW HILL.

Donde:

Fc: Tensión Circunferencial [lb]

w: Peso de la Banda [lb/pie]

g: Gravedad [pies/s<sup>2</sup>]

V: Velocidad de la banda [pies/min]

### **Par de Torsión necesario**

$$T = \frac{63025 H_{nom} K_s n_d}{n} \quad Ec. (2.59)$$

Donde:

T: Par de Torsión Necesario [lb.pulg]

Hnom: Potencia del Motor [HP]

Ks: Factor de Servicio

N<sub>d</sub>: Factor de Diseño

### **Tensión del Lado Holgado en una Banda Plana**

$$F_2 = (F_1)_a - [(F_1)_a - F_2] \quad Ec. (2.60)$$

### **Desarrollo de la Fricción**

La fricción permite determinar si no existe peligro de deslizamiento, razón por la cual

$$f' = \frac{1}{\theta} \ln \left( \frac{(F_1)_a - F_c}{F_2 - F_c} \right) \quad Ec. (2.61)$$

### **Potencia de diseño**

$$H_d = H_{nom} K_s n_d \quad Ec. (2.62)$$

Donde:

H<sub>nom</sub> = Potencia del Motor [HP]

Ks: Factor de Servicio

N<sub>d</sub>: Factor de diseño

### Factor de seguridad

$$n_{fs} = \frac{H_d}{H_{nom} K_s} \quad Ec. (2.63)$$

$H_d$ : Potencia de Diseño [HP]

$H_{nom}$ : Potencia de Nominal [HP]

### 2.4.12.9 Bandas en V

Los fabricantes estandarizaron las dimensiones de la sección transversal de las bandas en V, y designaron cada sección con una letra del alfabeto para los tamaños en pulgadas. Las dimensiones métricas se designan mediante números, el procedimiento para analizarlas y diseñarlas es el mismo que se presenta aquí.

### Longitud de Paso

$$L_p = L + L_C \quad Ec. (2.64)$$

Donde:

$L_p$ : Longitud de paso [pulg.]

$L$ : Longitud interior de la banda [pulg.]

$L_c$ : Dimensión de Conversión de longitud

### Distancia entre Centros

$$C = 0.25 \left\{ \left[ L_p - \frac{\pi}{2} (D + d) \right] + \sqrt{\left[ L_p - \frac{\pi}{2} (D + d) \right]^2 - 2(D - d)^2} \right\} \quad Ec. (2.65)$$

Donde:

$C$ : Distancia entre centros [pulg.]

$L_p$ : Longitud de paso [pulg.]

$D$ : Polea mayor [pulg.]

$d$ : Polea menor [pulg.]

### **Potencia permitida de una Banda**

$$H_a = K_1 K_2 H_{tab} \quad Ec. (2.66)$$

Donde:

$H_a$ : Potencia permitida [HP]

$K_1$ : Factor de corrección del ángulo de contacto

$K_2$ : Factor de corrección de longitud de banda

$H_{tab}$ : Potencia de tablas

### **Potencia de Diseño**

$$H_d = K_s \cdot H_{nom} \quad Ec. (2.67)$$

Donde:

$H_d$ : Potencia de diseño [HP]

$K_s$ : Factor de Servicio

$H_{nom}$ : Potencia del motor [HP]

### **Número de Bandas**

$$N_b = \frac{H_d}{H_a} \quad Ec. (2.68)$$

Donde:

$N_b$ : Número de bandas

$H_d$ : Potencia de diseño [HP]

$H_a$ : Potencia Permitida [HP]

### **Factor de Seguridad**

$$\eta_{fs} = \frac{H_a N_b}{H_{nom} K_s} \quad Ec. (2.69)$$

### 2.4.13 PROCESOS INDUSTRIALES<sup>26</sup>

Los procesos industriales tienen un propósito principal, el de transformar materias primas en un producto final. Durante el proceso de la producción de estos bienes, se tienen diversos procesos, ya sea que sean reutilizados los materiales, o se convierta energía para producir el producto final. La instrumentación provee el significado del proceso de producción para asegurar que los productos sean elaborados apropiadamente. Aunque hay varios procesos industriales y ninguno es idéntico es importante saber que los principios que aplica en los procesos son semejantes en sus principios.

#### 2.4.13.1 Tipos de procesos

Tras muchos años, se han afianzado cuatro tipos estándar de procesos:

**Job Shops.-** Es un tipo de producción que permite fabricar una amplia gama de productos en series de tamaño pequeño o mediano. Los productos suelen ser conjuntos de componentes, posiblemente complicados o de alta tecnología, montados. Se utiliza para la fabricación de ciertas máquinas herramientas, robots, aviones, aeronaves y algunos prototipos.

**Producción por lotes.-** Está orientada a la fabricación de lotes de tamaño medio de un determinado producto. La maquinaria y el personal han de estar preparados para realizar con celeridad las operaciones de cambio de lote. Es quizás el tipo de producción que se emplea para fabricar mayor número de productos. Las industrias de calzado, muebles, electrodomésticos, máquina-herramienta y otras muchas, lo utilizan.

**Líneas de producción.-** Estos procesos son el resultado de la evolución de la producción en cadena, ideada por Henry Ford. Se utiliza para producir grandes

---

<sup>26</sup> GONZALES, José Mari González de Durana, (2004), “Automatización de Procesos Industriales”, La empresa productiva, página 13-14.

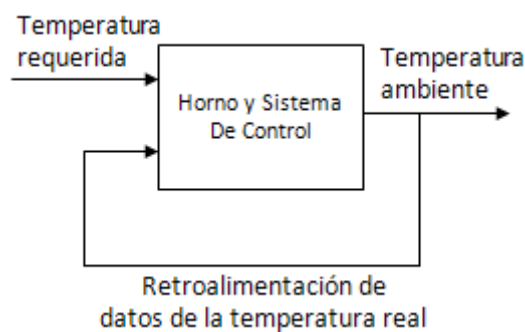
series de unos pocos productos, que suelen estar formados mediante el montaje de piezas. El producto se desplaza colocado en cintas transportadoras, en carros o en otros elementos de transporte y va pasando por estaciones de trabajo en cada una de las cuales se le aplica un determinado proceso.

**Producción continúa.-** Es el tipo indicado cuando se desea producir pocos productos, de naturaleza simple (no compuestos de muchas piezas) y en grandes cantidades. Se puede ver como un flujo continuo de producto sobre el que se van realizando una serie de operaciones

## 2.4.14 SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL<sup>27</sup>

### 2.4.14.1 Sistema de control por retroalimentación

Estos sistemas comparan la salida real retroalimentada con el valor que se requiere y ajusta su salida de acuerdo con el resultado



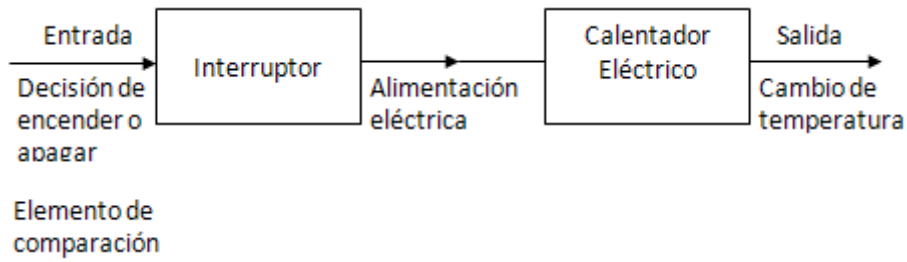
*Figura 2.31: Ejemplo de un sistema de control por retroalimentación*  
*Fuente: BOLTON, W, Mecatrónica,, Editorial Alfa omega, 2da. Edición*

### 2.4.14.2 Sistema de control en lazo abierto

En un sistema en lazo abierto, la salida del sistema no tiene efecto en la señal de entrada. Los sistemas en lazo abierto tienen la ventaja de ser relativamente sencillos, por lo que su costo es bajo y en general su confiabilidad es buena. Sin embargo, con frecuencia son imprecisos ya que no hay corrección de errores.

---

<sup>27</sup> BOLTON, W, Mecatrónica, Alfa omega, 2da. Edición



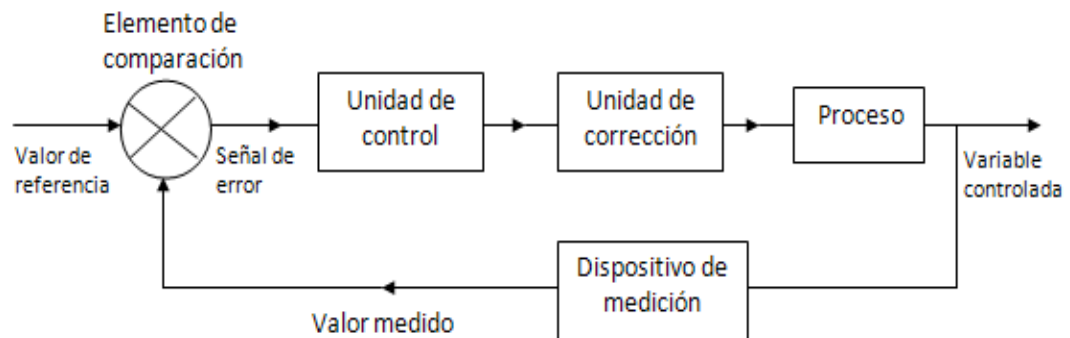
**Figura 2.32:** Sistema de control de lazo abierto (Calefacción de una habitación)  
**Fuente:** BOLTON, W, Mecatrónica, Editorial Alfa omega, 2da. Edición

### 2.4.14.3 Sistema de control en lazo cerrado

En un sistema de control en lazo cerrado, la salida sí tiene efecto en la señal de entrada, modificándola para mantener la señal de salida en el valor requerido. Los sistemas en lazo cerrado tienen la ventaja de ser bastante precisos para igualar el valor real y el deseado. Pero son más complejos y, por lo tanto, más costosos y con mayor probar.

### 2.4.14.4 Elementos básicos de un sistema de control en lazo cerrado

En la figura 2.33 se presenta un sistema general de control en lazo cerrado



**Figura 2.33:** Elementos de un sistema de control de lazo cerrado  
**Fuente:** BOLTON, W, Mecatrónica, Editorial Alfa omega, 2da. Edición

**Elemento de Comparación.-** Compara el valor deseado o de referencia de la condición variable que se controla con el valor medido de lo que se produce y genera una señal de error. Se le puede considerar como un sumador que añade la señal de referencia, positiva, a la señal del valor medido, que en este caso es negativa.



**Elemento de control.**-En cuanto recibe una señal de error, el elemento de control decide qué acción llevar a cabo.

**Elemento de corrección.**- El elemento de corrección produce un cambio en el proceso a fin de corregir o modificar la condición controlada. El término actuador designa al elemento de una unidad de corrección que proporciona la energía para realizar la acción de control.

**Elemento de proceso.**- El proceso es aquello que se está controlando.

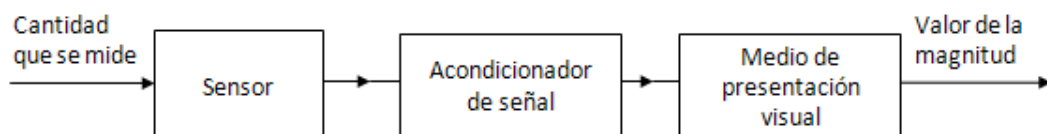
**Elemento de medición.**- Produce una señal relacionada con el estado de la variable del proceso que se controla.

#### 2.4.14.5 Sistema de Medición

Un sistema de medición se podría considerar como una caja negra que se utiliza para medir. Su entrada es la magnitud que se desea medir y su salida es el valor correspondiente a dicha magnitud

#### 2.4.14.6 Elementos de un sistema de medición

En general, puede decirse que los sistemas de medición están formados por tres elementos como se muestra en la figura 2.34.



**Figura 2.34:** Elementos de un sistema de medición  
*Fuente:* BOLTON, W, *Mecatrónica*, Editorial Alfa omega, 2da. Edición

**Sensor.**- el cual responde a la cantidad que se mide, dando como salida una señal relacionada con dicha cantidad.

**Acondicionador de señal.**-el cual toma la señal del sensor y la manipula para convertirla a una forma adecuada para su presentación visual o, como en el caso de un sistema de control, para que ejerza una acción de control.

**Sistema de presentación visual (pantalla o display).**- es donde se despliega la salida producida por el acondicionador de señal.

#### **2.4.15 AUTOMATIZACIÓN<sup>28</sup>**

Automatizar un proceso es conseguir que, funcione sin intervención humana. Como veremos, esta idea resulta muy clara en el caso del control de procesos continuos, pero también se ve que funciona en el caso de otros tipos de control, como es el caso de los procesos movidos por eventos.

##### **2.4.15.1 Ventajas e inconvenientes de la automatización**

Como es lógico, la automatización tiene sus ventajas e inconvenientes. Entre las primeras podemos citar:

- Permite aumentar la producción y adaptarla a la demanda
- Disminuye el coste del producto
- Consigue mejorar la calidad del producto y mantenerla constante
- Mejora la gestión de la empresa
- Disminuye de la mano de obra necesaria
- Hace más flexible el uso de la herramienta

Algunos inconvenientes son:

- Incremento del paro en la sociedad
- Incremento de la energía consumida por producto
- Repercusión de la inversión en el coste del producto
- Exigencia de mayor nivel de conocimientos de los operarios

---

<sup>28</sup> GONZALES, José Mari González de Durana, (2004), “Automatización de Procesos Industriales”, La empresa productiva, página 19-24.

#### **2.4.15.2 Automatización Industrial**

Un sistema de automatización provee una interface entre el hombre y el proceso, el tipo de proceso a desarrollar será quien defina el sistema de automatización a usar. La automatización debe ser considerada como una herramienta para el personal o operarios, ya que busca hacer más eficiente el trabajo; se debe tener en cuenta que es el operario quien conoce el proceso, mientras que el personal que diseña e instala el sistema de automatización solo le brinda facilidades técnicas para poder producir más y mejor. En un proceso productivo no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas.

#### **2.4.15.3 Estructuras de automatización**

En el intento de automatizar cualquier empresa siempre nos van a surgir un buen número de cuestiones: ¿dónde va ubicado y cómo se realiza el control de cada proceso? ¿Cómo se conectan unos controles con otros? ¿Se pueden controlar y/o supervisar procesos desde la gestión de la empresa? Para responderlas, habremos de idear algún plan para estructurar el control.

El grado de automatización deseado va a ser fundamental para trazar dicho plan. Se suelen distinguir como cuatro categorías:

**Automatización fija.-** Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto y, por tanto, se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas

**Automatización programable.-** Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de productos a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a las variaciones de configuración del producto y esta adaptación se realiza por medio de Software.

**Automatización flexible.-** Es más adecuada para un rango de producción medio. Los sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

**Automatización total.-** de la producción, en la que, idealmente, la fabricación se realizaría sin intervención humana.

#### **2.4.15.4 Elementos de la Automatización**

**Controlador Eléctrico.-** Un controlador eléctrico es uno o conjunto de dispositivos que rigen de cierta manera el suministro de potencia eléctrica al aparato que se está controlando. Por ejemplo un arrancador, este se encarga de limitar la corriente que le llega al motor de tal manera que el pico de arranque del mismo sea controlado para evitar daños en el motor.

**Controlador Automático.-** Un controlador automático se puede definir como aquel que trabaja por el mismo cuando la variable controlada se altera manteniéndola en el parámetro deseado. Por ejemplo un PLC (controlador lógico programable).

**Controlador Manual.-** Es aquel que actúa necesariamente con la ayuda de un operador, sin el no realiza ninguna actividad.

#### **2.4.15.5 SENSOR<sup>29</sup>**

Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio. ¿Y qué es esta “condición de cambio”? Con frecuencia se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color

---

<sup>29</sup> [www.marcombo.com/sensores/tipos](http://www.marcombo.com/sensores/tipos) de sensores.

(detección analógica). Esta información, o salida del sensor, es la base del proceso de monitoreo y control de un proceso de fabricación.



*Figura 2.35: Fotografía de Diferentes Sensores*  
*Fuente: <http://www.marcombo.com>*

### **Tipos de Sensores**

Los sensores básicamente pueden ser de 2 tipos:

- Sensores Analógicos
- Sensores Digitales

Los sensores analógicos, se requieren cuando el fenómeno a captar es variable en el tiempo. En estos casos el sensor es un transductor y se conectará a una entrada especial con un dispositivo convertidor analógico/digital. En el caso de los sensores digitales, la información que se transmite al PLC, es solo sobre presencia o ausencia, abierto o cerrado, cercano o lejano, prendido o apagado, o cualquier otra información que se pueda representar en forma binaria. A éstos algunas veces se le llama detectores o interruptores.

### **Características de los Sensores Digitales**

Los sensores digitales son los más usados en automatización con PLC's. Existe en el mercado una gran variedad de marcas y tipos de sensores, pero la mayoría pertenece, según su accionamiento, a alguna de las clasificaciones dadas a continuación:

#### **De acción mecánica o de contacto**

- Interruptores de final de carrera
- Interruptores miniatura

- Botones pulsadores
- Interruptores de enclavamiento
- Interruptores de selección
- Interruptores de levas

#### **De acción magnética**

- Sensores inductivos
- Interruptores electromagnéticos
- Interruptores de límite sensibles a un campo magnético.

#### **De acción capacitiva**

- Sensores capacitivos

#### **Accionados por luz**

- Celda fotoeléctrica
- Interruptor Optoelectrónico

#### **De acción ultrasónica**

- Sensores ultrasónicos

#### **De acción neumática**

- Presos tatos
- Interruptores centrífugos

### **Sensores fotoeléctricos Réflex**

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que “ve” la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de censado se basan en este principio de funcionamiento.

Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas. Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.



**Figura 2.36:** Sensor Fotoeléctrico  
**Fuente:** <http://www.marcombo.com>

### **Elección del Tipo de Sensor**

Para la elección del sensor Optoelectrónico se debe tener en cuenta lo siguiente:

**Tipo de material a ser censado.-** Es muy importante saber qué tipo de material se va a censar para poder elegir el sensor mas ideal para la aplicación que se desea, por ejemplo un sensor diseñado para censar plástico no puede ser usado para censar metal y viceversa. Por otro lado los sensores censan casi todo tipo de material sin importar su composición ya que su función se basa en la emisión y recepción de un haz de luz el mismo que choca con el material a ser censado, es en este momento que el receptor del haz de luz envía una señal eléctrica al sistema de control.

**El alcance del sensor.-** Se refiere a la distancia máxima a la que el sensor puede detectar un objeto y enviar la respectiva señal al sistema de control. Los sensores Optoelectrónicos tienen la ventaja de tener un alcance bastante grande debido a que su señal depende de un haz de luz enviado por un transmisor y por lo tanto se puede colocar el receptor a la distancia que se desee.

**El lugar en donde va a trabajar el sensor.-** Esto es si el sensor va a trabajar en ambiente contaminado, en ambientes húmedos, en lugares muy oscuros o muy iluminados

**La sensibilidad del sensor.-** Se refiere a la cantidad de luz que se necesita para que el sensor se active o se desactive según sea el caso, la sensibilidad es muy importante debido a que un sensor muy sensible podría activarse con señales externas como por ejemplo la luz de una lámpara o la misma luz del día y por el contrario un sensor poco sensible podría fallar a la hora de censar elementos con un grado de transparencia.

#### **2.4.15.6 VARIADOR DE FRECUENCIA<sup>30</sup>**

Un variador de velocidad es un dispositivo electrónico en cargado de controlar el funcionamiento de un motor de inducción. Entre las principales funciones de un variador de frecuencia está realizar un arranque suave del motor, eliminando los picos en la corriente de arranque que se presentan cuando un motor trifásico es encendido.



*Figura 2.37: Variador de Frecuencia 3G3EV  
Fuente: <http://www.omron.com>*

El variador de frecuencia también conocido como arrancador tiene la función de controlar la cantidad de corriente y voltaje que ingresa al motor en el momento del arranque, logrando de esta manera que el arranque del motor sea progresivo de menos a más con la corriente y voltaje, estrictamente necesarios

#### **Elección de un Variador**

El número de aplicaciones que requieren el uso de un variador aumenta de manera constante, aunque todavía no alcanza al de aplicaciones que utilizan un contactor.

---

<sup>30</sup> Variador de frecuencia 3G3EV, “Manual de Usuario”, <http://www.omron.com>



Para las aplicaciones corrientes, que representan la gran mayoría de los casos, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El tipo de motor que se alimenta, alterno o continuo.
- La tensión de la red.
- La potencia del motor.

#### **2.4.15.7 AUTÓMATAS PROGRAMABLES<sup>31</sup>**

Los autómatas son unidades de control, conformadas por equipos electrónicos, los cuales cuentan con un cableado interno independiente del proceso a controlar (hardware), y mediante algoritmos definen la estrategia y caminos a seguir para controlar un proceso (software). Estos equipos son conectados hacia los dispositivos de medida (sensores) y hacia los dispositivos encargados de realizar acciones (actuadores).

Una vez que el autómatas está provisto de un algoritmo en su memoria, y que además cuenta con las conexiones respectivas hacia los equipos de planta, se convierte en el cerebro de la fábrica, teniendo a su cargo el desempeño y funcionamiento de toda la cadena productiva; los operarios deben supervisar que este se comporte tal como se había planificado y conforme a la lógica ideada por el programador.

#### **Controlador Lógico Programable**

Los controladores lógicos programables (PLC por las siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy utilizados en el ambiente industrial, principalmente para el control de los diferentes procesos productivos y de maquinaria. Los PLC son dispositivos que sirven para la obtención de datos de los procesos y además para su transmisión a través de una red, si fuere el caso. Para este propósito estos dispositivos cuentan con puertos de comunicación o tarjetas para conectarse a la red que el usuario necesite, mediante protocolos estándar.

---

<sup>31</sup> GONZALES, José Mari González de Durana, (2004), “Automatización de Procesos Industriales”, Capítulo 7, Autómatas Programables, página 112.



**Figura 2.38:** Tipos de Controladores Lógicos Programables  
*Fuente:* Revista Somos Mecatrónica, Año 3, Febrero 2011, Edición Digital

### **Partes de un Autómata programable**

**Fuente de alimentación.-** Brinda el suministro eléctrico a la unidad, permite la conversión de la energía alterna de la red eléctrica a energía continua requerida por los componentes electrónicos.

**Tarjeta procesadora.-** Es el cerebro del autómata programable que interpreta las instrucciones que constituyen el programa grabado en la memoria, interpreta y deduce las operaciones a realizar, y acciones de control o supervisión a llevarse a cabo.

**Tarjeta de memoria.-** Contiene los componentes electrónicos que permiten memorizar el programa, los datos de los sensores (señales de entrada) y los accionadores que deben realizar los actuadores (señales de salida).

**Módulos de entrada /salida.-** Son tarjeta que permite el conexionado con dispositivos de entrada y/o salida tanto de tipo analógico como de tipo digital

### **Lenguajes de Programación**

**Lista de instrucciones (IL).-** Es un lenguaje de bajo nivel, similar al lenguaje ensamblador. Solo permite una operación por línea. Este lenguaje es adecuado

para pequeñas aplicaciones y para optimizar partes de una aplicación. Este lenguaje puede programarse usando dispositivos acoplados al PLC.

**Texto estructurado (ST).**- Es un lenguaje de alto nivel estructurado por bloques que posee una sintaxis parecida al PASCAL. Se emplea para realizar sentencias más complicadas, leer y escribir datos de tipo analógico y digital, permite el manejo de timers y contadores, además puede hacerse uso de lazos de repetición, y funciones matemáticas.

**Diagrama de escalera (LD).**- También conocido como diagrama ladder, es el lenguaje más usado, semeja el uso de bobinas y contactores, este lenguaje es una aproximación al lenguaje eléctrico que se usaba para los controladores basados en contactos (abierto/cerrado). Posee bloques de funciones adicionales como: timers, contadores, controladores PID

## 2.5 HIPÓTESIS

¿Un prototipo de etiquetadora de botellas cilíndricas mejorará el proceso productivo dentro del prototipo de embotelladora en el Laboratorio de Automatización?

## 2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

**Variable Independiente:** Etiquetadora de botellas cilíndricas

**Variable Dependiente:** Proceso productivo dentro del prototipo de embotelladora

**Término de Relación:** Mejorará

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE**

El enfoque que se va a presentar será de tipo cualitativo, ya que se interpretará la calidad del etiquetado, la velocidad del etiquetado, el sistema de giro de los envases, el tiempo de etiquetado con relación a otros métodos de etiquetado, además es menester también aplicar un enfoque cuantitativo porque en base a normas, especificaciones y parámetros se buscará la mejor alternativa para la selección del correcto funcionamiento y automatización de una etiquetadora automática y su utilización en los procesos de aprendizaje de los estudiantes de la carrera de ingeniería Mecánica. En consecuencia se puede decir que en esta investigación se realizará un enfoque mixto.

#### **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.**

Porque se recolectará toda la información posible que permita realizar un estudio sistemático sobre los tipos y sistemas de etiquetado que se utilizan en las empresas envasadoras de bebidas con el propósito de enriquecer el desarrollo del estudio planteado

##### **3.2.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Porque mediante la utilización de diferentes libros de Ingeniería, Catálogos, Revistas, páginas web, normas, folletos podremos ampliar y profundizar las diferentes teorías, criterios para poder obtener un concepto claro y así aplicarlo en

el estudio de una etiquetadora de botellas, con la finalidad de tener los instrumentos apropiados para la correcta elaboración del proyecto.

### **3.2.3 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL**

Porque durante el desarrollo de la presente investigación, experimentalmente se podrán determinar los parámetros para el dimensionado y también se podrán seleccionar los elementos de control para la máquina etiquetadora. Además, porque se realizarán pruebas de funcionamiento, permitiendo obtener las mejores características del correcto funcionamiento de la etiquetadora de botellas.

## **3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA**

Por ser un caso que no ha sido analizado previamente, se basará en el estudio de máquinas con similares características debido a que no se cuenta con una idea clara y precisa para realizar el estudio de una etiquetadora y con la certeza de que el estudio a ejecutarse permitirá la realización de nuevos estudios a futuro.

### **3.3.2 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA**

Para ir detallando paso a paso todo lo que se va realizando en el proyecto, es decir, se puede mencionar el adelanto del proyecto, los problemas que se van presentando conjuntamente con sus posibles soluciones durante el dimensionado de la etiquetadora, y sobre todo hacer constar el conocimiento adquirido

### **3.3.3 INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA**

Porque se expondrá todos los aspectos que influyen en el dimensionado y automatizado de la etiquetadora, para poder llegar de una mejor manera y lograr

ser comprendidos por parte de cada uno de los interesados en conocer acerca de este tema.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1 POBLACIÓN**

Para la recolección de la información necesaria para la aplicación del proyecto se realizará una guía de observación en el cuál se tomará nota de los movimientos, requerimientos, dimensiones de la botella, velocidad de transportación, características del material de operación, espacio longitudinal entre botellas y tiempos de etiquetado dentro del proceso de embotellado.

#### **3.4.2 MUESTRA**

Mediante una guía de observación se tomará nota del tiempo total aproximado para colocar la etiqueta en la botella en un minuto, en una hora y en un día de trabajo (8 horas), con ayuda de un gráfico de barras se representará la producción aproximada que tiene la etiquetadora.

### **3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

### 3.5.1 Variable Independiente: Estudio de una etiquetadora de botellas

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	ÍTEMS	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>La Etiquetadora de botellas Cilíndricas se conceptúa como:</b></p> <p>Es una máquina que se utiliza para el etiquetado de botellas el cual permite tener una presentación del producto conveniente que brinda mayor protección y la de una mayor estética al momento de ser vendidos. Pueden trabajar en forma continua y de una manera más rápida dentro de una línea de producción cumpliendo todos los estándares de calidad establecidos</p>	Etiquetado de botellas	<p>Tipo de etiquetas que se pueden utilizar</p> <p>Dimensiones de la Etiqueta</p> <p>Sistema de etiquetado óptimo</p> <p>Tipos de botellas que se pueden etiquetar</p> <p>Dimensiones de las botellas a etiquetar</p>	<p>Etiquetas auto adheribles</p> <p>Etiquetas de goma</p> <p>Etiquetas Termoencogibles</p> <p>Largo: 90 mm x 55 mm.</p> <p>Etiquetado en frío</p> <p>Etiquetado en caliente</p> <p>Botellas plásticas</p> <p>Botellas de vidrio</p> <p>Volumen: ( 3,2, ½ litros)</p> <p>Altura: (370, 350,220 mm.)</p> <p>Diámetro:(115,150,65 mm)</p>	<p>Bibliográfico</p> <p>Bibliográfico</p> <p>Bibliográfico para conocer datos técnicos Bibliográfico.</p> <p>Bibliográfico</p> <p>Bibliográfico</p>

**3.5.2 Variable Dependiente:** Mejorar el proceso de productividad dentro del prototipo de embotelladora

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	ÍTEMS	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>La implementación de la automatización dentro de las líneas de producción reducen los tiempos en los proceso de embotellado de bebidas, minimizando costos de producción y mano de obra.</p>	<p>Cantidad</p> <p>Parte Operativa</p> <p>Mandos del equipo</p>	<p>Número de botellas que se pueden etiqueta</p> <p>Elementos que forman la parte operativa</p> <p>Dispositivos que se utilizan en la parte de mando</p>	<p>50000 botellas /hora</p> <p>1500 botellas /hora</p> <p>Motores</p> <p>Banda transportadora</p> <p>Tarjetas electrónicas</p> <p>Sensores, PLC, Contactores</p>	<p>Guía de observación</p> <p>Bibliográfico para conocer datos técnicos</p>
<p>El prototipo de embotelladora tiene la finalidad de proponer al estudiante realizar prácticas de laboratorio donde tendrán la posibilidad de manipular los equipos usados en la industria real.</p>	<p>Prácticas de laboratorio</p>	<p>Tipo de prácticas que se pueden realizar</p>	<p>Mantenimiento preventivo</p> <p>Mantenimiento predictivo</p>	<p>Guía de observación</p>



### 3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En el desarrollo de la investigación se utilizará las siguientes técnicas de recolección de la información:

<b>Técnicas</b>	<b>Tipos</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Instrumentos de Registros</b>
Observación	Directa	Ficha de campo	Papel y Lápiz

Toda la información será recolectada mediante observación directa para que nos permita estar en contacto con el objeto de estudio y con ayuda de una ficha de campo describiremos lo observado, destacando los aspectos más sobresalientes logrando así información que sirva de aporte para la construcción del proyecto

### 3.7 PROCESAMIENTO INFORMACIÓN

- Revisión crítica de toda la información recopilada
- Representación escrita donde se indicaran la cantidad de botellas etiquetadas en un determinado tiempo y el tiempo que se demora en etiquetar cada botella.
- Representación tabular para presentar los datos numéricos obtenidos ordenados en filas y columnas, con las especificaciones correspondientes

### 3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- El Análisis de los resultados se realizará destacando la tendencia de acuerdo con los objetivos e hipótesis planteados en la investigación
- La Interpretación de los resultados obtenidos se lo realizará con apoyo del marco teórico

## **CAPÍTULO IV**

### **4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Con la finalidad de dar una visión clara del tipo de etiquetadora, sistema de etiquetado y tipo de etiqueta a utilizar en el prototipo de embotelladora, se realizó un análisis de la información de la investigación documental bibliográfica recopilada a través de revistas técnicas, páginas web relacionadas con el etiquetado de productos y libros publicados en el internet; el cual nos permitió conformar varias alternativas, las cuales se analizarán de acuerdo a las partes constitutivas de cada una de las máquinas etiquetadoras.

#### **4.1 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO**

La máquina etiquetadora seleccionada deber satisfacer las necesidades del prototipo de embotelladora y a la vez ajustarse al espacio disponible en el Laboratorio de Automatización; por lo que; es necesario establecer los parámetros tanto de diseño como funcionales que a continuación se describen:

##### **Parámetros de Diseño**

Este parámetro parte de las especificaciones y de los requerimientos necesarios por parte del prototipo de embotelladora del Laboratorio de Automatización. Por lo que, la máquina seleccionada debe manejarse bajo los siguientes parámetros:

- Tener una capacidad de Producción: 20 botellas/minuto
- La máquina debe etiquetar envases plásticos de ½ litro (Altura: 220 mm; Diámetro: 65 mm)

##### **Parámetros Funcionales**

La etiquetadora seleccionada debe cumplir todas las exigencias para las que fue desarrollada y que se detallan a continuación:

- La máquina debe trabajar en forma continua
- La etiquetadora debe ser de fácil manejo, montaje y mantenimiento para etiquetar envases de manera rápida y eficaz
- La velocidad de producción debe ser variable

## 4.2 CONFORMACIÓN DE ALTERNATIVAS

### 4.2.1 Máquinas Etiquetadoras

#### Alternativa 1: Máquina Etiquetadora Modular<sup>32</sup>

*Tabla 4.1: Máquina Etiquetadora Modular*

*Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>MÁQUINA ETIQUETADORA MODULAR</b>	
<b>Características Técnicas</b>	
	Conjunto Etiquetador con Adhesivo en Frío
ESTACIONES DE ETIQUETADO	Dispensador de Etiquetas Autoadhesivas
	Conjunto Canmatic para etiquetas Envolventes Precortadas
	Conjunto Contiroll para etiquetas envolventes desde la bobina
	Tornillo sin fin de Separación de Envases
SISTEMA	Estrella de Entrada
TRANSPORTADOR	Estrella de Salida
	Mesa portaenvases con mando servomotor
DIMENSIONES	Largo Máquina: 300 mm
	Alto Máquina: 300 mm
ENVASES	Botellas Cilíndricas de Vidrio
	Botellas Cilíndricas de Plástico
PRODUCCIÓN	6.000 a 72.000 envases por hora según el diámetro
VENTAJAS	Se puede utilizar varios sistemas de etiquetado
	Rápida puesta en marcha
	Efectos de ahorro dependientes de cada sistema
	Trabajan las 24 horas

<sup>32</sup> Etiquetadoras Modulares de KRONES, “Los multitalentos”, KRONES, Alemania, Agosto 2009.

Tabla 4.1 (Cont.)

VENTAJAS	Alisador de etiquetas por cepillos
	Alisador de botellas por cepillos
DESVENTAJAS	Consumen Mucha Energía
	Ocupan mucho espacio físico
	Requieren de mucho tiempo para el anclaje de cada estación
	Costo muy elevado
	Costo de mantenimiento muy elevado
	Son muy pesados

### Alternativa 2: Máquina Etiquetadora Rotativa<sup>33</sup>

*Tabla 4.2: Máquina Etiquetadora Rotativa  
Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>MÁQUINA ETIQUETADORA ROTATIVA</b>	
<b>Características Técnicas</b>	
ESTACION DE E.	Dos conjuntos etiquetadores con Adhesivo en frío
	Tornillo sinfín de separación
SISTEMA	Estrella de Entrada
TRANSPORTADOR	Estrella de Salida
	Carrusel (Según el diámetro de los envases)
DIMENSIONES	Largo Máquina: 300 mm
	Alto Máquina: 300 mm
ENVASES	Botellas Cilíndricas de Vidrio
	Botellas Cilíndricas de Plástico
	Tarros Cilíndricos Metálicos y Plásticos
PRODUCCIÓN	6.000 a 72.000 envases por hora según el diámetro
VENTAJAS	Pantalla Táctil a Color
	Precisión en el Etiquetado
	Lubricación Automática de aceite para el carrusel
	Trabajan 24 horas seguidas
	Alisador de etiquetas por cepillos

<sup>33</sup> Etiquetadoras de adhesivo frío de KRONES, “Las clásicas”, KRONES, Alemania, Septiembre 2009, <http://www.krones.com>

Tabla 4.2 (Cont.)

VENTAJAS	Alisador de botellas por cepillos
DESVENTAJAS	Ocupan mucho espacio físico
	Mayor consumo de energía
	Cambio de formato provoca el cambio de estrellas
	Cambio de tornillo sinfín para cada formato de botella a etiquetar
	Son muy pesadas
	Costo de fabricación muy elevado

### Alternativa 3: Máquina Etiquetadora Lineal<sup>34</sup>

*Tabla 4.3: Máquina Etiquetadora Lineal  
Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>MÁQUINA ETIQUETADORA LINEAL</b>	
<b>Características Técnicas</b>	
ESTACION DE ETIQUETADO	Pueden tener hasta tres cabezales etiquetadores
	Cabezal dispensador de etiquetas motorizado
	Banda Transportadora para la entrada y salida de envases
SISTEMA	Guías Regulables según el diámetro del envase
TRANSPORTADOR	Transportador es controlado por variador de frecuencia
	Alisador de etiquetas por cepillo
DIMENSIONES	Largo: 1525 mm.
	Alto Máquina: 1209 mm.
ENVASES	Botellas Cilíndricas de Vidrio
	Botellas Cilíndricas de Plástico
	Tarros Cilíndricos Metálicos y Plásticos
PRODUCCIÓN	2000 a 10000 envases por hora según el diámetro del envase
VENTAJAS	Ocupan Poco Espacio
	Facilidad de Manejo
	Se adaptan a cualquier línea de producción
	Trabajan 24 horas seguidas

<sup>34</sup> CDA, Chabot Delrieu Associates, “Etiquetadora Lineal Modelo NIN ETIK, <http://www.cdafrance.com>

Tabla 4.3 (Cont.)

VENTAJAS	Se utilizan en grandes, medianas y pequeñas empresas
	Consumen poca Energía
	Son fáciles de movilizarlas
	Bajo costo de Mantenimiento
DESVENTAJAS	No disponen de un cargador automático de etiquetas
	Algunas no disponen de pantalla táctil
	No tienen lubricación automática

#### 4.2.2 Tipo de Etiquetas<sup>35</sup>

##### Alternativa 1: Etiquetas Autoadhesivas.

Son de papel o plástico se pueden ubicar en la parte frontal, trasera, el cuello o en la parte superior del envase y en cualquier cara de una caja. Pueden ser aplicadas manualmente o con máquina etiquetadora ya que su presentación es en rollo.

*Tabla 4.4: Etiquetas Autoadhesivas  
Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>ETIQUETAS AUTOADHESIVAS</b>	
CARACTERÍSTICAS	Flexibles y Duraderas
	Resistentes
	Versátiles
	Son de papel blanco, Metalizado, Plástico
	Buena presentación
VENTAJAS	Se pueden aplicar en cualquier superficie del envase
	Se pueden aplicar de forma manual y automática
	Rápida y de fácil aplicación
	Buena Adherencia a las superficies
	Permite estampación en caliente y en frío
	Resistentes a la humedad, productos químicos y agua
DESVENTAJAS	No cubren totalmente el envase

##### Alternativa 2: Etiquetas de goma.

<sup>35</sup> Asociación Mexicana de Envase y Embalaje; Órgano Informativo; Sistemas de Etiquetado; Noviembre-Diciembre 2006, Año 13; N° 76

Se enrollan completamente en botellas son muy económicas. Requieren de sistemas engomadores para aplicar la etiqueta.

**Tabla 4.5: Etiquetas de Goma**  
*Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>ETIQUETAS DE GOMA</b>	
CARACTERÍSTICAS	Son de Papel
	Flexibles
	Buena Presentación
VENTAJAS	Económicos
	Se pueden aplicar de forma manual
DESVENTAJAS	Poca resistencia al agua. Humedad y agua
	Requieren de Sistemas de engomado
	La etiqueta se ensucia mucho.
	Requieren de tiempo para el secado
	No pueden trabajar con máquinas

### **Alternativa 3: Etiquetas Termoencogibles.**

Son utilizadas en envases de plástico, vidrio, latas de aluminio, etc., dándole una excelente imagen al producto a través de un material altamente brillante, que puede ser impreso con imágenes y textos en 360 grados; lo cual maximiza la imagen de marca.

**Tabla 4.6: Etiquetas Termoencogibles**  
*Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>ETIQUETAS TERMOENCOGIBLES</b>	
CARACTERÍSTICAS	Son de películas de PVC Termoencogibles
	Son de plástico
	Resistentes
	Flexibles
	Buena presentación
VENTAJAS	Se colocan en envases de plástico y vidrio
	Se adaptan a la forma del envase
	Cubren los 360 grados el envase con la etiqueta
	Resiste a la humedad y abrasión
	Buena Adherencia al envase
DESVENTAJAS	Elevado costo
	No son versátiles

Tabla 4.6 (Cont.)

DESVENTAJAS	Requieren de tiempo para adaptar la forma del envase
	Requieren de un sistema térmico para contraer la etiqueta

### 4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS

Luego de haber conformado las alternativas con sus respectivas ventajas, desventajas y datos técnicos de cada uno de las máquinas etiquetadoras recopiladas mediante la investigación documental bibliográfica, también se realizó una investigación sobre el costo que tendría cada máquina para su fabricación en nuestro medio.

*Tabla 4.7: Costos de Fabricación de cada Máquina  
Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)*

Modelo	Costo Fabricación
Etiquetadora Modular con dos estaciones de etiquetado	17.783,00
Etiquetadora rotativa con una estación de etiquetado	13.367,00
Etiquetadora lineal con una estación de etiquetado	1.367,00

### 4.4 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

#### 4.4.1 Selección de la Máquina Etiquetadora

Dentro del Prototipo de Embotelladora es utilizar una máquina que pueda etiquetar botellas cilíndricas en forma segura. Por lo que, para seleccionar la mejor alternativa se tomaron en cuenta los siguientes factores considerados como los más importantes, teniendo en cuenta que hay factores más importantes que otros, y por esto se debe hacer un análisis ponderado.

**Codificación:**

**M1:** Máquina Etiquetadora Modular

**M2:** Máquina Etiquetadora Rotativa

**M3:** Máquina Etiquetadora Lineal

**Ponderación:**

**Alto:** 1

**Medio:** 2

**Bajo:** 3



**Tabla 4.8: Matriz de decisión (Máquina Etiquetadora)**  
**Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)**

<b>Nro.</b>	<b>Criterios de Selección</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
1	Costo	1	1	3
2	Espacio	1	1	2
3	Consumo de energía	1	1	2
4	Facilidad construcción	1	1	3
5	Frecuencia de mantenimiento	2	2	2
6	Facilidad de instalación	1	1	2
7	Adaptación a líneas de producción	1	2	3
8	Producción	1	1	1
	<b>RESULTADOS</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>18</b>

Finalmente luego de haber realizado el análisis ponderado de los resultados proporcionados por la investigación que contribuyeron para mejorar la operación de etiquetado, se logró seleccionar una Etiquetadora Lineal, ya que es una máquina que satisface las necesidades del prototipo de embotelladora, porque, es de fácil montaje, transportación y mantenimiento;

Además, porque ocupa poco espacio, puede trabajar en forma continua con poco consumo de energía, tiene una cadencia de producción acorde a las necesidades y lo más importante que su costo de fabricación no es muy elevado.

#### **4.4.2 Selección de la Etiqueta**

En la selección de la etiqueta es importante tomar en cuenta varios factores teniendo en cuenta que uno es más importante que el otro, por lo que, es menester realizar un análisis ponderado para escoger la mejor etiqueta.

##### **Codificación:**

**E1:** Etiqueta Autoadhesiva

**E2:** Etiqueta de Goma

**E3:** Etiqueta Termoencogibles

##### **Ponderación:**

**Alto:** 3

**Medio:** 2

**Bajo:** 1

**Tabla 4.9: Matriz de decisión (Etiqueta)**  
**Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)**

<b>Nro.</b>	<b>Criterios de Selección</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
1	Flexibilidad	3	2	1
2	Duración	3	1	3
3	Adherencia	3	2	2
4	Costo	3	1	3
5	Calidad	3	1	3
	<b>RESULTADOS</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>12</b>

De lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta la mejor alternativa que mayor puntaje obtuvo es la Etiqueta Autoadhesiva.

#### **4.4.3 Descripción de la alternativa seleccionada**

Se trata de una máquina etiquetadora lineal, el cual podrá ser controlado a través de un controlador lógico programable (PLC) de 6 entradas y 6 salidas; dos variadores de frecuencia para controlar la velocidad de los motores trifásicos de la banda transportadora, sistema de giro de envases y sistema rebobinador, un sensor fotoeléctrico réflex para detectar la presencia de los envases y un sensor óptico para controlar la salida de las etiquetas.

Es una máquina que permite obtener envases de plástico de ½ litro etiquetados, con un rendimiento aproximadamente de 20 botellas por minuto.

El material de etiquetado se alimenta desde una bobina de etiquetas que es conducido a través de rodillos guía hacia el envase, en donde, mediante un placa separadora desprende la etiqueta de la cinta protectora para ser colocada en la superficie del envase. Luego de haber sido colocada la etiqueta el envase gira mediante una banda plana para lograr un pegado uniforme. Los envases ingresan y salen a través de una banda transportadora que es accionado por un motor y controlado por un variador de frecuencia.

#### **4.5 PRUEBAS DE ETIQUETADO**

### 4.5.1 Etiquetado Manual

Para obtener datos de tiempos de etiquetado que sirvan para verificar la hipótesis, se realizó experimentalmente varias pruebas de etiquetado manual. En la Figura 4.1 se indica los envases etiquetados manualmente



**Figura 4.1:** Etiquetado Manual  
*Elaborado:* Investigador (Criollo Fabián)

Para determinar el tiempo que se demora en la operación de etiquetado se tomaron en cuenta algunos factores que se muestran en la tabla 4.10

**Tabla 4.10:** Prueba de Etiquetado Manual  
*Elaborado:* Investigador (Criollo Fabián)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
CARRERA DE INGENIERÍA MÉCANICA							
FICHA DE OBSERVACIÓN							
ETIQUETADO MANUAL							
<b>Lugar:</b> Laboratorio de Automatización							
<b>Investigador:</b> Fabián Criollo							
Nº	Tiempo de Etiquetado de 1 Envase				Envases Etiquetados		
	Despegado	Colocado	Alisado	Tiempo (s)	1 Minuto	1 Hora	8 Horas
1	7,15	12,14	7,68	26,97	2,22	133,48	1067,85
2	2,25	10,65	8,68	21,58	2,78	166,82	1334,57
3	3,33	9,78	5,02	18,13	3,31	198,57	1588,53
4	6,35	7,68	7,36	21,39	2,81	168,30	1346,42
5	7,01	4,15	5,26	16,42	3,65	219,24	1753,96
6	5,38	5,36	3,21	13,95	4,30	258,06	2064,52
7	5,31	6,35	5,85	17,51	3,43	205,60	1644,77
8	3,02	5,86	2,85	11,73	5,12	306,91	2455,24

Luego de haber obtenido los tiempos de etiquetado durante las pruebas realizadas, se calculó un promedio de los tiempos y producción que se lograría con un etiquetado manual.

**Tabla 4.11:** Valor Promedio de Tiempos y Producción  
*Elaborado:* Investigador (Criollo Fabián)

ETIQUETADO MANUAL				
TIEMPO DE ETIQUETADO (SEGUNDOS)		PRODUCCIÓN		
1 ENVASE		(BOTELLAS ETIQUETADAS)		
		1 minuto	1 hora	8 horas
VALOR PROMEDIO	18,5	3,5	207	1657

#### 4.5.2 Etiquetado Automático

Para realizar las pruebas con la máquina etiquetadora lineal automatizada se establecieron dos puntos de referencia, el primero punto es el sensor réflex que se encuentra ubicado en la banda transportadora antes de llegar a la placa separadora de etiquetas, el segundo punto es a la salida de la banda plana de giro de botellas como se muestra en la figura 4.2.



**Figura 4.2:** Punto de Referencia para toma de tiempo de Etiquetado  
*Elaborado:* Investigador (Criollo Fabián)

Las pruebas experimentales de etiquetado que se realizaron en la máquina etiquetadora se la hicieron dentro de un rango de frecuencias de salida, porque, si

se trabaja a frecuencias menores de 5 Hz en el Sistema Rebobinador de desperdicio pierde fuerza y no gira el cual provoca que no salga a tiempo la etiqueta para ser colocado a la botella; de igual manera si se trabaja a frecuencias menores de 3.1 Hz en el Sistema giro de envases y la Banda Transportadora pierden fuerza provocando que los motores pierdan torque y no giren.

Por otro lado si se trabaja a frecuencias mayores de 12 Hz en el Sistema Rebobinador de desperdicio provoca que las etiquetas salga rápida, la cinta protectora se rompa y las señales del sensor óptico llegue a destiempo al PLC provocando un mal funcionamiento del sistema

También si el Sistema giro de envases y la Banda Transportadora trabajan a frecuencias mayores a 10.1 Hz, ocasiona que las botellas a etiquetar pierdan su equilibrio y se caigan durante el transporte al etiquetado, que el sistema giro de envases expulse muy rápido la botella etiquetada y no se pegue uniformemente y además que el sensor réflex pierda la estabilidad de la luz infrarroja impidiendo que las señales lleguen a destiempo o muy rápidas al PLC. En las figuras 4.3, 4.4 y 4.5 se muestran el proceso de etiquetado con la máquina seleccionada mediante el análisis ponderado.



**Figura 4.3:** Ingreso de los Envases a la Máquina Etiquetadora  
**Elaborado:** Investigador (Criollo Fabián)



**Figura 4.4:** Colocación de la Etiqueta  
**Elaborado:** Investigador (Criollo Fabián)



**Figura 4.5:** Envase Etiquetado  
**Elaborado:** Investigador (Criollo Fabián)

En la tabla 4.11 se presentan los tiempos de etiquetado obtenidos experimentalmente a diferentes frecuencias de funcionamiento de la máquina etiquetadora.

*Tabla 4.12: Prueba de Etiquetado Automático  
Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)*

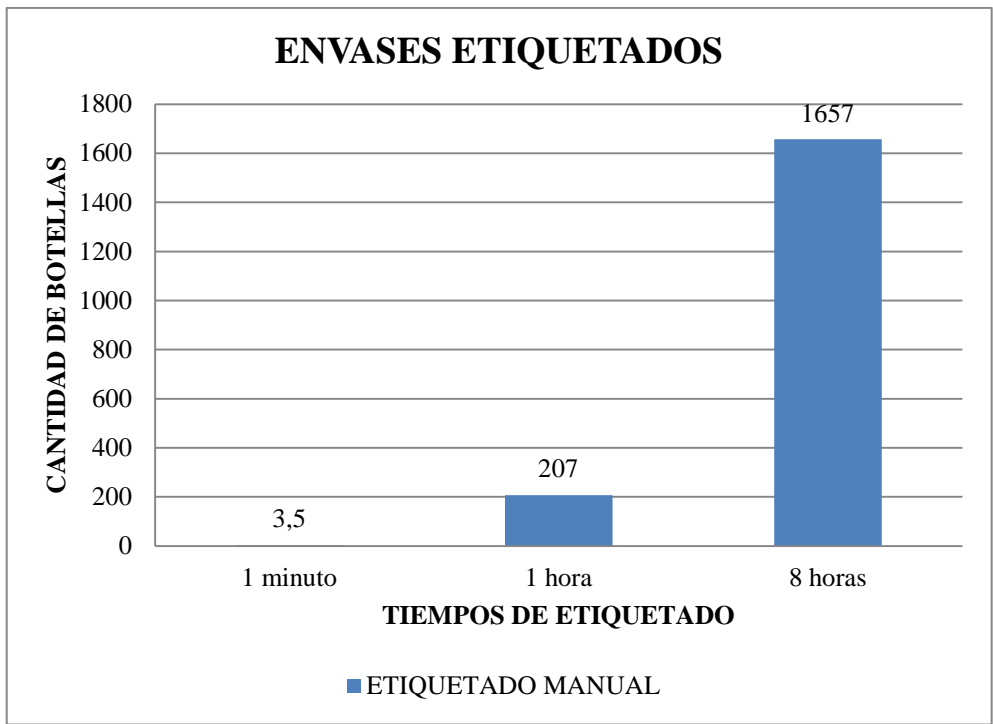
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA MÉCANICA					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
ETIQUETADO AUTOMÁTICO					
<b>Lugar:</b> Laboratorio de Automatización					
<b>Investigador:</b> Fabián Criollo					
Frecuencia de Salida		Tiempo de Etiquetado	Producción		
(Hz)		(Segundo)	(Botellas Etiquetadas)		
S. R.	S.G.E. y B.T.	1 Botellas	1 Minuto	1 Hora	8 Horas
5	3,1	7,73	7,8	465,7	3725,7
6	4,1	5,35	11,2	672,9	5383,2
7	5,1	4,37	13,7	823,8	6590,4
8	6,1	3,58	16,8	1005,6	8044,7
9	7,1	2,95	20,3	1220,3	9762,7
10	8,1	2,29	26,2	1572,1	12576,4
11	9,1	2,18	27,5	1651,4	13211
12	10,1	1,89	31,7	1904,8	15238,1
<b>S.R:</b> Sistema Rebobinador de Desperdicio					
<b>S.G.E:</b> Sistema Giro de Envases					
<b>B.T:</b> Banda Transportadora					

#### 4.6 INTERPRETACIÓN DE DATOS

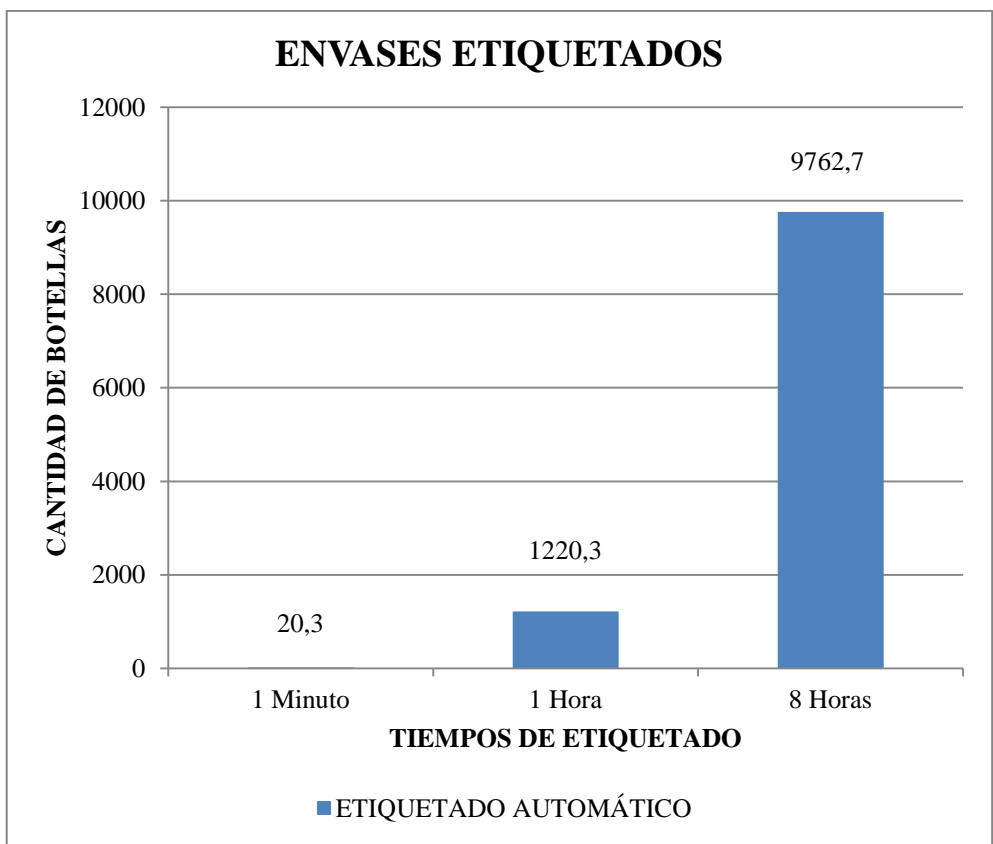
Los resultados obtenidos a través del análisis ponderado ayudaron notablemente para seleccionar el tipo de etiqueta, el modelo de etiquetadora y así poder realizar las pruebas experimentales para obtener los tiempos de etiquetado.

A continuación, en el gráfico 4.1 se indica mediante un gráfico de barras, los valores promedios obtenidos (Tabla 4.11); luego de haber realizado las pruebas de etiquetado manual.

En el gráfico 4.2 se indica un gráfico de barras con la producción obtenida en función de los parámetros de diseño establecidos en el subíndice 4.1, luego de haber realizado las pruebas de etiquetado automático



**Gráfico 4.1:** Cantidad de Botellas Etiquetadas (Etiquetado Manual)  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)



**Gráfico 4.2:** Cantidad de Botellas Etiquetadas (Máquina Etiquetadora)  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)



Los resultados generados indican que al realizar el etiquetado automático con la máquina etiquetadora disminuye el tiempo de etiquetado de un envase y que además puede adaptarse fácilmente al prototipo de embotelladora del Laboratorio de Automatización.

#### 4.7 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Con la investigación que se realizó y mediante un análisis ponderado de la tabla 4.8 se logró seleccionar la Etiquetadora Lineal de una estación de etiquetado; el cual permitió realizar pruebas para determinar la capacidad de producción de la máquina, para luego ser comparados con la producción del etiquetado manual realizado en el subíndice 4.5.1.

En la tabla 4.12 se muestra la producción obtenida mediante el etiquetado manual y el etiquetado automático con el prototipo de Etiquetadora seleccionada.

**Tabla 4.13:** Producción de Etiquetado  
*Elaborado: Investigador (Criollo Fabián)*

TIPO DE ETIQUETADO	CANTIDAD DE ENVASES ETIQUETADOS		
	1 Minuto	1 Hora	8 Horas
Etiquetado Manual	3,5	207	1657
Etiquetado Automático	20,3	1220,3	9762,7

Con los gráficos 4.1 y 4.2 obtenidos de las pruebas realizadas se comprobó que el prototipo de etiquetadora mejorará el proceso productivo dentro del prototipo de embotelladora, debido a que la operación de etiquetado se realiza de forma rápida sin consumo de mucho tiempo como se indica en la Tabal 4.13.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Los parámetros establecidos en el subíndice 4.1 sirvieron de gran aporte para seleccionar el Modelo de Etiquetadora, debido a que son parámetros que sirven para cumplir con los requerimientos necesarios por parte del prototipo de embotelladora
- De la Tabla 4.8 se seleccionó la Máquina Etiquetadora Lineal por ser la alternativa que mayor puntaje obtuvo luego de realizar un análisis ponderado, debido a que el costo de fabricación y mantenimiento no es alto; además que ocupa poco espacio, consumo de energía y permite adaptarse a cualquier línea de producción.
- De la Tabla 4.9 se realizó un análisis ponderado y la alternativa que mayor puntaje obtuvo fue la etiqueta autoadhesiva por tener flexibilidad, mayor duración, buena adherencia a cualquier superficie y bajo costo; además porque se pueden adaptar a cualquier estación de etiquetado con facilidad y de manera rápida por su presentación en rollo.
- Existe una amplia variedad de etiquetas que se utilizan en el emvasado de bebidas, por lo que, a través de la Tabla 4.3 y mediante un análisis ponderado la mejor alternativa fue las etiquetas autoadhesivas, debido a que tienen una buena adherencia a cualquier superficie del envase; ya sean estos de vidrio, plástico y además porque se adaptan a cualquier sistema de etiquetado con facilidad y de manera rápida.

- Para una larga vida útil de la máquina etiquetadora lineal se logró seleccionar platinas, acero estructural cuadro y redondo ASTM A-36, Ejes de Transmisión AISI 1018 de diferente diámetro teniendo en cuenta que no sufran cambios en sus propiedades mecánicas debido a la variación de temperatura, que puedan soportar el peso de todas las partes que conforman la misma y para lograr un buen funcionamiento se seleccionó un Autómata Programable (PLC) de seis entradas y seis salidas con la finalidad de recibir y enviar pulsos eléctricos de un sensor fotoeléctrico encargado de detectar la presencia del envase a etiquetar, además de recibir los mismos pulsos de un sensor óptico que tiene su emisor y receptor de señal en un mismo punto, que es el encargado de detectar la separación entre etiquetas; además de controlar un variador de frecuencia que es el encargado de controlar la velocidad del motor del sistema desbobinador de etiquetas y otro que es el encargado de controlar la velocidad de la banda transportadora y la banda plana del sistema giro de envases que funcionan a la par.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Establecer parámetros de diseño y funcionales para conocer bajo que condiciones va a trabajar y así lograr un buen desempeño de la Máquina Etiquetadora dentro del Prototipo de Embotelladora
- Seleccionar una máquina en base a un estudio de necesidades y de acuerdo al tipo de producto, teniendo en cuenta que trabaje de forma continua, realice una operación de etiquetado no muy compleja y que el producto terminado tenga una excelente presentación.
- Trabajar con etiquetas que faciliten su colocación en las diversas superficies de los envases y a su vez ofrezca una buena presentación minimizando los defectos en el producto final.

- Seleccionar los materiales y equipos tanto de la parte operativa como la de mando adecuados, estándar y comercializables dentro del mercado nacional para facilitar la construcción de la máquina; además alinear correctamente los sensores para enviar de manera rápida las señales al Autómata Programable (PLC) para lograr un buen funcionamiento de los equipos y la máquina, así como de realizar el cableado y las conexiones de los equipos de forma correcta y segura para evitar un daño prematuro de los motores y variadores

## **CAPÍTULO VI**

### **6. PROPUESTA**

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

##### **6.1.1 Título**

Diseño y Construcción de una Etiquetadora de botellas cilíndricas automatizado para mejorar la productividad en el prototipo de embotelladora en el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

##### **6.1.2 Institución Ejecutora**

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

##### **6.1.3 Beneficiarios**

Laboratorio de Automatización de la Carrera de Ingeniería Mecánica  
Prototipo de Embotelladora  
Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica

##### **6.1.4 Ubicación**

Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato

##### **6.1.5 Tiempo estimado para la ejecución**

**Inicio:** Ambato 05 de Octubre de 2011

**Fin:** Ambato 31 de Abril de 2013

### **6.1.6 Equipo Técnico Responsable**

Criollo Cholota Fabián Danilo, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

### **6.1.7 Costo**

El diseño y construcción de la Máquina Etiquetadora tiene un costo de 1700,00 dólares

## **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

La máquina etiquetadora lineal y la etiqueta autoadhesiva con el cual va a trabajar se han seleccionado mediante un análisis ponderado debido a que, entre los diferentes tipos de modelos comparados la lineal resultó la más idónea por el costo, espacio, facilidad de construcción, mantenimiento y adaptación a cualquier línea de producción, con el finalidad de realizar una operación etiquetado con etiquetas que ofrecen buena flexibilidad y adherencia; además de contar con un sistema de control de fácil operación permitiendo ajustarse a las necesidades del prototipo de embotelladora.

Debido a la gran demanda de bebidas gaseosas y jugos naturales, algunas empresas envasadoras han presentado un problema en la presentación del producto final como es el etiquetado; es por eso que se visto la necesidad de solucionar este problema y es así que luego de haber realizado una investigación acerca de proyectos similares relacionados con este problema se encontró que:

En la Escuela de Formación de Tecnólogos de Electromecánica de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador el Sr. Bayardo Julián Barahona Quelal realizó la

construcción de una máquina etiquetadora automática para envases cilíndricos con etiquetas autoadhesivas controlados con los siguientes equipos:

- Dos contactores de AC3 trifásicos
- Tres relé de 24V CC encargados de accionar el motor del sistema giro de envases y el motor de arrastre de etiquetas
- Un variador de velocidad LENZE monofásico a 220V
- Un sensor Optoelectrónico encargado de censar los envases a etiquetar
- Un sensor óptico de horquilla de luz infrarroja encargado de controlar el paso de etiquetas.

Llegando a la conclusión que el utilizar acero inoxidable alarga la vida útil de la etiquetadora, además que es más beneficioso realizar el control del proceso de etiquetado a 24V de CC, debido a que los sensores funcionan a ese voltaje. Los motores seleccionados consumen una corriente alrededor de 1.1 A que es muy bajo y es por eso que se utilizó relés que funcionan a 24V de CC que consumen poca energía.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN**

Dentro de un mercado que cada día es más competitivo y la constante tendencia de mejorar la calidad del producto empleando sistemas automatizados que trabajen cada vez más rápidos y al menor costo, justifica la importancia del desarrollo de este proyecto. Además que permita ofrecer una alternativa de modernización a las empresas que se dedican a la producción de bebidas con la implementación de máquinas flexibles de bajo costo que puedan ser ajustada a cualquier línea de embotellado alcanzando así su introducción a las pequeñas y medianas empresas. Por otra parte, el diseño de esta máquina permite mejorar la operación de etiquetado dentro del prototipo de embotelladora logrando así una mejor presentación del producto final y a la vez de implementar el laboratorio con un elemento práctico en donde los estudiantes puedan realizar prácticas que les permita mejorar sus conocimientos y conocer los sistemas utilizados en la industria real para que a futuro puedan enfrentar y solucionar los nuevos retos tecnológicos una vez que estén en el campo laboral.

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar una máquina Etiquetadora Lineal Autoadhesiva de botellas cilíndricas para mejorar la operación de etiquetado y la productividad dentro del prototipo de embotelladora

### **6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer y dimensionar cada uno de las partes de la etiquetadora de botellas cilíndricas para mejorar el prototipo de embotelladora
- Seleccionar los elementos de control adecuados para lograr un buen funcionamiento tanto de la parte operativa como la de mando en la máquina
- Seleccionar los motores adecuados para accionar el sistema de arrastre de etiquetas, el sistema de transportación de los envases y el sistema de giro de envases
- Evaluar el sistema propuesto para realizar la operación de etiquetado dentro del prototipo de embotelladora

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

El diseño y construcción de una máquina etiquetadora automática para etiquetar botellas es factible realizarlo, debido a que en la actualidad se tienen sistemas similares, de los cuales se puede aprovechar sus principios de funcionamiento para llegar a un diseño en el cual se aplique tecnología propia o existente en nuestro mercado nacional. Por otra parte, es posible desarrollar el presente proyecto porque el laboratorio cuenta con un espacio físico acorde con las



dimensiones de la máquina y con unas instalaciones eléctricas modernas; además el laboratorio dispone de equipos de automatización industrial que son orientados a producción y que pueden ser utilizados para controlar el funcionamiento de la máquina.

Es de gran importancia tener claro los conceptos básicos con son: los tipos de etiquetadoras, el cabezal etiquetador, elementos básicos para la construcción de una etiquetadora, factores que se deben tener en cuenta durante el diseño de una máquina etiquetadora, sistema de giro de envases, la producción requerida, la potencia requerida, etc.

Además los materiales seleccionados para la construcción de la máquina se pueden encontrar sin ningún problema ya que son muy comercializables en nuestro medio y dentro del marco tecnológico podemos mencionar que se está utilizando equipos, controladores y accionadores de primer nivel usados en la actualidad, por lo que cabe indicar que la etiquetadora es de excelentes características

Con el desarrollo de la propuesta planteada se mejora la capacidad de producción, con una disminución en la mano de obra, debido que la etiquetadora coloca las etiquetas en un menor tiempo, evitando pérdidas de material.

## **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

### **6.6.1 PARÁMETROS DE LA MÁQUINA ETIQUETADORA**

Para la selección y diseño de cada una de las partes de la máquina se deben considerar algunos factores que son parte fundamental y que se deben tener en cuenta

#### **Dimensionado de la Máquina**

Los requisitos que se deben tener en cuenta al diseñar una máquina son de brindar seguridad, visibilidad y salud eliminando el estrés y esfuerzos físicos al operario, mejorando así la eficacia y la fiabilidad de funcionamiento, reduciendo la probabilidad de errores durante la utilización de la máquina. Tomando en cuenta estos requisitos y de acuerdo al espacio físico disponible en el

Laboratorio de Automatización, se llegó a establecer las siguientes dimensiones:

- Ancho de la máquina: 1101 mm.
- Largo de la máquina: 1386 mm.
- Alto de la máquina: 1168 mm.

### **Potencia Necesaria**

La potencia necesaria que es importante determinar es aquella necesaria para lograr mover tanto el sistema de giro de envases así como el cabezal dispensador de etiquetas a una velocidad adecuada, teniendo en cuenta el material que va a ser transportado.

### **Vida útil de la Máquina Etiquetadora**

Es un parámetro que está relacionado con el material seleccionado para la construcción de la máquina, con las condiciones de funcionamiento, con el procedimiento empleado para el montaje y desmontaje de la máquina durante el mantenimiento y con las horas de servicio. Por lo que, es importante trabajar con materiales que no cambien sus propiedades mecánicas, que sean resistentes a la corrosión y a los esfuerzos producidos durante el trabajo.

### **Características del material a Etiquetar**

Es importante tener en cuenta en qué tipo de material se va a aplicar la etiqueta, porque, mediante esto se puede determinar cómo van a funcionar cada uno de los sistemas de la máquina.

### **Costo**

La consideración del costo es tan importante en el proceso de las decisiones para el diseño, que tardaría uno tanto en estudiarlo como en estudiar el diseño mismo, por

lo que, con el desarrollo de esta investigación se pretende disminuir los costos de construcción.

### **Mantenimiento**

Es uno de los parámetros que está relacionado directamente con el diseño. El mantenimiento de una máquina debe ser económico, rápido y que su frecuencia de mantenimiento no sea muy seguido para evitar paros de producción que puedan disminuir la productividad.

### **Flexibilidad**

Debe ser una máquina que pueda adaptarse con mucha facilidad a cualquier línea de envasado sin pérdida de tiempo, además que sean flexibles para que puedan modificarse a futuro

## **6.6.2 SISTEMAS CONSTITUYENTES DE LA ETIQUETADORA**

La etiquetadora lineal de envases cilíndricos consta de sistemas que trabajan con precisión, rapidez y eficacia, mejorando la productividad dentro del proceso de embotellado.

La etiquetadora lineal se encuentra subdividida en los siguientes sistemas que a continuación son descritos:

### **Sistema Desbobinador**

Es el encargado de desenrollar la cinta etiquetas y mediante el accionamiento de un motor es llevado a través de rodillos guías a la placa separadora de etiquetas para la colocación de la misma en la superficie del envase.

### **Sistema Rebobinador**

Está encargado de arrastrar la cinta etiquetas a una velocidad ideal accionado por un motor que es controlado por variador de frecuencia, además consta de rodillos guías que tensionan y arrastran la cinta protectora de etiquetas para que se separe

la etiqueta de la película protectora con la ayuda de la plancha separadora de etiquetas

### **Sistema de giro de envases**

Es el encargado de hacer girar los envases mediante una banda plana con la finalidad de que la etiqueta se pegue en todo el contorno del envase luego de que se haya aplicado la misma en el envase.

### **Sistema de transporte.**

Tiene la misión de transportar el envase hacia el cabezal dispensador de etiquetas a una velocidad ideal que es accionado por un motor y controlado mediante un variador de frecuencia.

### **Sistema eléctrico y de control**

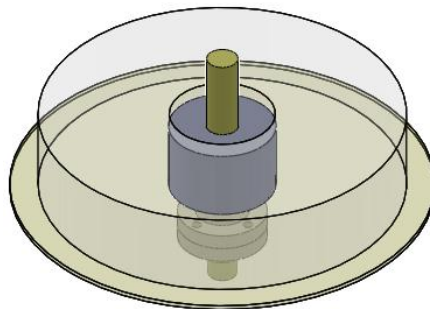
Está encargado de controlar y accionar los diferentes sistemas de la máquina.

## **6.6.3 CÁLCULOS DE INERCIAS**

Para determinar la potencia requerida para el motor es necesario conocer las inercias de todas las masas que se encuentran en movimiento.

### **6.6.3.1 Sistema Desbobinador de Etiquetas**

Este sistema tiene la función de desenrollar las etiquetas y mediante unos rodillos guías ser llevados hacia el envase para la colocación de las etiquetas.



*Figura 6.1: Desbobinador de Etiquetas  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

Los elementos que se encuentran en movimiento en el desbobinador de etiquetas son los siguientes:

### Eje Desbobinador

Para determinar la inercia de todo el eje vamos a calcular por partes debido a que el eje tiene una variación del diámetro como se muestra en la figura 6.2.



**Figura 6.2:** Eje Desbobinador de Etiquetas  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

La inercia para elementos cilíndricos se calcula con la ecuación 6.1:

$$I = \frac{1}{4}m(r^2 + \frac{L^2}{3}) \quad \text{Ec. (6.1)}$$

Donde:

m: Masa del cuerpo [kg]

L: Longitud del cilindro [m]

Datos:

$$m_1 = 0.3391 \text{ Kg} \quad L_1 = 0.111 \text{ m} \quad r_1 = 0.0111 \text{ m}$$

$$m_2 = 0.0654 \text{ Kg} \quad L_2 = 0.024 \text{ m} \quad r_2 = 0.0105 \text{ m}$$

$$m_3 = 0.1236 \text{ Kg} \quad L_3 = 0.05 \text{ m} \quad r_3 = 0.01 \text{ m}$$

$$I_1 = 3.5862 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$$

$$I_2 = 4.9418 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2$$

$$I_3 = 2.884 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^2$$

$$I_{EJE \text{ DESBOBINADOR}} = 3.9240 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$$

### Plato Soporte de Etiquetas

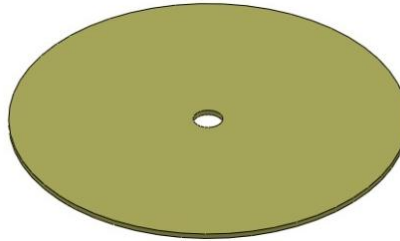
Tiene la forma de un disco, por lo que se calcula a partir de la ecuación 6.2:

$$I = \frac{mr^2}{2} \quad \text{Ec. (6.2)}$$

Donde:

m: Masa del cuerpo [kg]

r: Radio del disco [m]



**Figura 6.3:** Plato Soporte de Etiquetas  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

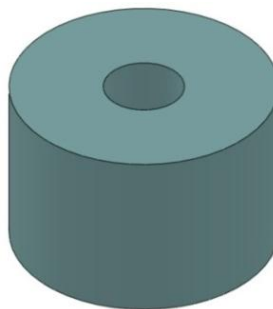
Datos:

$$m = 0.3374 \text{ Kg} \quad r = 0.15 \text{ m}$$

$$I_{PLATO} = 3.7957 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2$$

### Porta Etiquetas

Tiene la forma de un cilindro hueco como se muestra en la figura 6.4.



**Figura 6.4:** Porta Etiquetas  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

La inercia de un cilindro hueco se calcula a partir de la ecuación 6.3:

$$I = \frac{m}{8} (d_{ext}^2 + d_{int}^2) \quad \text{Ec. (6.3)}$$

Donde:

m: Masa del cuerpo [kg]

$d_{ext}$ : Diámetro exterior [m]

$d_{int}$ : Diámetro interior [m]

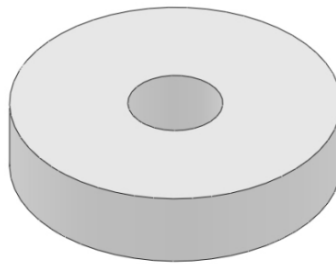
Datos:

$$m = 0.2383 \text{ Kg} \quad d_{ext} = 0.0762 \text{ m} \quad d_{int} = 0.0222 \text{ m}$$

$$I_{PORTA ETIQUETAS} = 1.8764 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$$

### Rollo de Etiquetas

Para determinar la inercia del rollo de etiquetas utilizaremos la ecuación 6.3 debido a que tiene la forma de un cilindro hueco.



**Figura 6.5:** Rollo etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

El peso del rollo es de 6.47 kg aproximadamente, considerando que son etiquetas para envases de tres litros.

Datos:

$$m = 6.47 \text{ Kg} \quad d_{ext} = 0.26 \text{ m} \quad d_{int} = 0.0762 \text{ m}$$

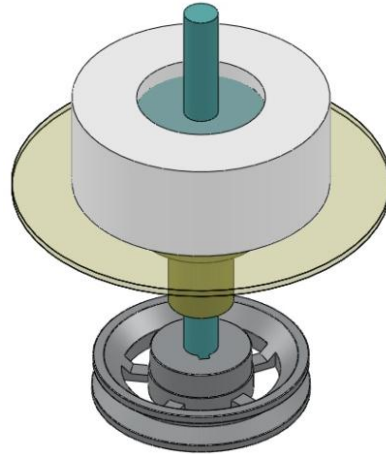
$$I_{RROLLO ETIQUETAS} = 0.0594 \text{ kg/m}^2$$

La inercia total del Sistema Desbobinador de Etiquetas se obtiene al sumar las inercias de todos los elementos calculados anteriormente que conforman este sistema.

$$I_{SISTEMA DESBOBINADOR} = 0.0638 \text{ kg/m}^2$$

### 6.6.3.2 Sistema Rebobinador de Desperdicio

Tiene la función de enrollar la cinta protectora de la etiqueta luego de haber sido colocada en el envase, por lo que, es importante calcular las inercias para determinar la potencia que se requiere para mover este sistema.



**Figura 6.6:** Rollo de Desperdicio  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Los elementos que se encuentran en movimiento en el sistema rebobinador de desperdicios son los siguientes:

#### Eje Rebobinador

La inercia de la figura 6.7 se calcula a partir de la ecuación 6.1



**Figura 6.7:** Eje Rebobinador  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Datos:

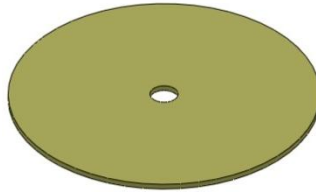
$$m = 0.66 \text{ Kg} \quad L = 0.268 \text{ m} \quad r = 0.01 \text{ m}$$

$$I_{EJE \text{ REBOBINADOR}} = 3.9668 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2$$

#### Plato Soporte de Desperdicio

Tiene forma de un disco, por lo que, se calcula a partir de la ecuación 6.2





**Figura 6.8:** Plato Soporte Desperdicio  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Datos:

$$m = 0.181 \text{ Kg} \quad r = 0.11 \text{ m}$$

$$I_{\text{PLATO DESPERDICIO}} = 1.0950 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2$$

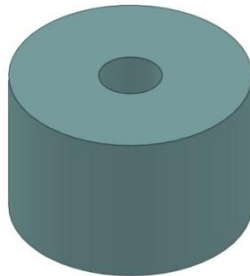
### Porta Desperdicio

La inercia se calcula a partir de la ecuación 6.3.

Datos:

$$m = 0.244 \text{ Kg} \quad d_{\text{ext}} = 0.0762 \text{ m} \quad d_{\text{int}} = 0.02 \text{ m}$$

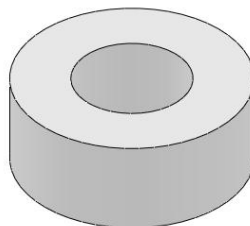
$$I_{\text{PORTA DESPERDICIO}} = 1.8929 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$$



**Figura 6.9:** Porta Desperdicio  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

### Rollo de Desperdicio

La inercia del rollo se calcula con la ecuación 6.3 utilizada anteriormente.



**Figura 6.10:** Rollo Desperdicio  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Datos:

$$m = 5.5 \text{ Kg} \quad d_{ext} = 0.15 \text{ m} \quad d_{int} = 0.0762 \text{ m}$$

$$I_{ROLLO \text{ DESPERDICIO}} = 0.0195 \text{ kg/m}^2$$

### **Polea Motriz del Eje Rebobinador**

La inercia del rollo se calcula con la ecuación 6.2 utilizada anteriormente.



**Figura 6.11:** Polea Motriz del Eje Rebobinador  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

Datos:

$$m = 0.424 \text{ Kg} \quad r = 0.0635 \text{ m}$$

$$I_{POLEA \text{ MOTRIZ D.}} = 8.5484 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$$

### **Polea Motor Rebobinador**

La inercia del rollo se calcula con la ecuación 6.2 utilizada anteriormente.



**Figura 6.12:** Polea Motor (Rebobinador)  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

Datos:

$$m = 0.119 \text{ Kg} \quad r = 0.0254 \text{ m}$$

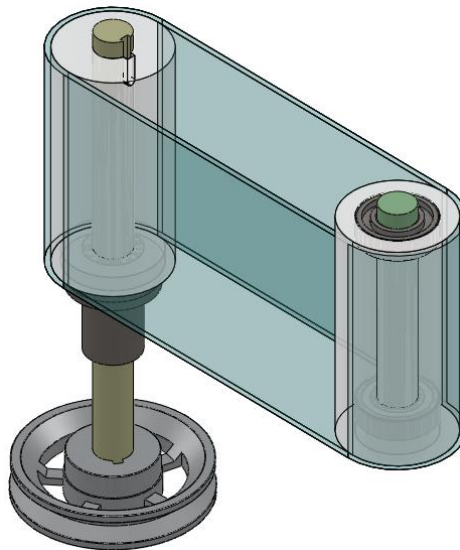
$$I_{POLEA\ MOTOR} = 3.8387 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^2$$

Luego de haber calculado las inercias de las masas que se encuentran en movimiento, a continuación determinaremos la inercia total del Sistema Rebobinador de Desperdicio al sumar las inercias de todos los elementos que conforman este sistema.

$$I_{SISTEMA\ REBOBINADOR} = 0.02564 \text{ kg/m}^2$$

### 6.6.3.3 Sistema Giro de Envases

Tiene la función de hacer girar el envase para que la etiqueta se pegue luego de haber sido colocada en la botella

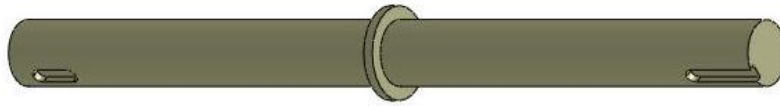


*Figura 6.13: Sistema de Giro de Envases  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

Los elementos que se encuentran en movimiento en el sistema de giro de envases son los siguientes:

#### **Eje Motriz.**

Es la parte principal del sistema de giro de envases porque es el encargado de accionar y de transmitir el giro del motor a todo el sistema a una determinada velocidad; la inercia del eje motriz se calcula a partir de la ecuación 6.1



**Figura 6.14: Eje Motriz**  
**Fuente: Investigador (Criollo Fabián)**

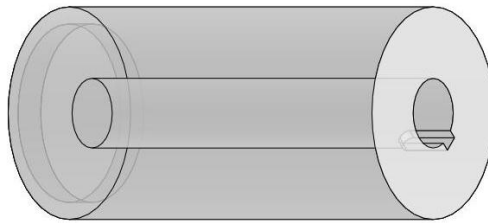
Datos:

$$m = 1.3372 \text{ Kg} \quad L = 0.344 \text{ m} \quad r = 0.0125 \text{ m}$$

$$I_{EJE \text{ MOTRIZ}} = 0.01324 \text{ kg/m}^2$$

### Rodillo Motriz

Encargado de transmitir el movimiento al rodillo impulsado, tiene la forma de un cilindro hueco como se muestra en la figura 6.15 y se calcula a partir de la ecuación 6.3



**Figura 6.15: Rodillo Motriz**  
**Fuente: Investigador (Criollo Fabián)**

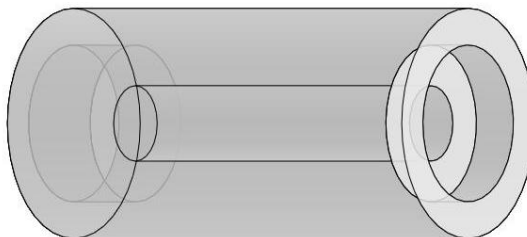
Datos:

$$m = 0.8728 \text{ Kg} \quad d_{ext} = 0.0762 \text{ m} \quad d_{int} = 0.025 \text{ m}$$

$$I_{RODILLO \text{ MOTRIZ}} = 7.0167 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$$

### Rodillo Impulsado

Tiene la forma de un cilindro hueco que es accionado por el rodillo motriz. La inercia de este elemento se calcula a partir de la ecuación 6.3.



**Figura 6.16: Rodillo Impulsado**  
**Fuente: Investigador (Criollo Fabián)**

Datos:

$$m = 0.820 \text{ Kg} \quad d_{ext} = 0.0762 \text{ m} \quad d_{int} = 0.025 \text{ m}$$

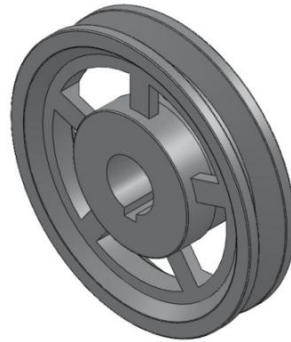
$$I_{RODILLO \text{ IMPULSADO}} = 6.5922 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$$

### **Polea Motriz Sistema Giro de Envases**

Encargado de transmitir el movimiento de giro del motor a todo el sistema que tiene la función de hacer girar el envase luego de haber colocado la etiqueta en el envase. La inercia se calcula a partir de la ecuación 6.2

Datos:

$$m = 0.4092 \text{ Kg} \quad r = 0.0635 \text{ m}$$



**Figura 6.17:** Polea Motriz (Sistema de Giro de Envases)  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

$$I_{POLEA \text{ MOTRIZ (S.G.E.)}} = 8.2499 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$$

### **Polea Motor Sistema Giro de Envases**

Encargado de transmitir el giro del rotor del motor a todo el sistema. La inercia se calcula a partir de la ecuación 6.2 utilizada anteriormente. Cabe mencionar que tiene las mismas dimensiones de la polea que se utilizó en el sistema rebobinador de desperdicio, por lo que, la inercia es la misma.

$$I_{POLEA \text{ MOTOR (S.G.E.)}} = 3.8387 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^2$$

Luego de haber calculado las inercias de las masas que se encuentran en movimiento, a continuación determinaremos la inercia total del Sistema de Giro de Envases.

$$I_{\text{SISTEMA GIRO DE ENVASES}} = 0.01546 \text{ kg/m}^2$$

#### 6.6.4 CÁLCULO DE VELOCIDADES ANGULARES

La velocidad angular a la que debe girar cada sistema que tiene la etiquetadora se calcula a partir de la ecuación 6.4:

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \text{Ec. (6.4)}$$

Donde:

$\omega$ : Velocidad Angular [rad/s]

$v$ : Velocidad Lineal [m/s]

$r$ : Radio [m]

##### 6.6.4.1 Sistema Desbobinador de Etiquetas

De acuerdo a las necesidades del prototipo de embotelladora que solicita el diseño, para evitar que las bobinas de etiquetas se rompan, la velocidad máxima lineal del papel deber ser de 16 m/min y una velocidad mínima de 8 m/min. Para determinar la velocidad angular utilizaremos la velocidad máxima lineal y además tomaremos el diámetro del eje que es el encargado de hacer girar todo el conjunto encargado de desbobinar el rollo de etiquetas

Datos:

$$V = 16 \text{ m/min.} = 0.2667 \text{ m/s}$$

$$r = 0.0111 \text{ m}$$

$$\omega = 24.027 \text{ rad/s}$$

##### 6.6.4.2 Sistema Rebobinador de Desperdicio

Para determinar la velocidad angular ( $\omega$ ) se realizara el mismo procedimiento que se hizo en el sistema desbobinador de etiquetas empleado las mismas formulas y

unidades; además estos dos sistemas funcionan a la misma velocidad por estar conectados por el rollo de etiquetas, por lo que, la velocidad angular es la misma.

$$\omega = 24.027 \text{ rad/s}$$

#### **6.6.4.3 Sistema Giro de Envases**

El sistema de giro de envases debe girar a una velocidad desacuerdo a las necesidades requeridas para evitar que el producto etiquetado salga disparado o la etiqueta salga mal pegada. De acuerdo a lo mencionado, este sistema tendrá una velocidad angular de 80 RPM., con el propósito de obtener un producto bien pegado y colocado

$$\omega = 80 \text{ rpm} = 8.3775 \text{ rad/s}$$

#### **6.6.5 CÁLCULO DE ACELERACIONES ANGULARES**

Para calcular las aceleraciones en los diferentes sistemas se utilizará la ecuación 6.5.

$$\omega = \omega_0 + \alpha t \quad \text{Ec. (6.5)}$$

Donde:

$\omega$ : Velocidad Angular [rad/s]

$\omega_0$ : Velocidad Angular Inicial [rad/s]

$\alpha$ : Aceleración Angular [rad/s<sup>2</sup>]

$t$ : Tiempo de Arranque [s]

##### **6.6.5.1 Sistema Desbobinador de Etiquetas**

Los elementos móviles serán acelerados desde el instante en que se encuentra en reposo, es decir que la velocidad angular inicial es cero, hasta que alcance la velocidad angular de funcionamiento de cada uno de ellos. Además el tiempo en

alcanzar la velocidad angular de funcionamiento se lo conoce como tiempo de arranque. Por cuestiones de diseño y de funcionamiento de la etiquetadora, se asigna un valor de tiempo de arranque igual a 0.5 segundos, tiempo que se demoran los motores para alcanzar una aceleración constante.

Datos:

$$\omega = 24.027 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = 48.054 \text{ rad/s}^2$$

#### **6.6.5.2 Sistema Rebobinador de Desperdicio**

La aceleración angular es la misma que en el sistema desbobinador de etiquetas debido a que estos dos sistemas trabajan conjuntamente por estar unidos por la película protectora de la etiqueta. Por lo tanto el valor de la aceleración angular es la siguiente:

$$\alpha = 48.054 \text{ rad/s}^2$$

#### **6.6.5.3 Sistema Giro de Envases**

Para determinar la aceleración angular del sistema se utilizará la ecuación 6.5, descrita anteriormente. Además el sistema de giro de envases será accionado desde el instante que se encuentra en reposo, por lo que, para alcanzar la aceleración angular de funcionamiento se requiere de un tiempo denominado de arranque. Este es el tiempo en que se demorará el motor en alcanzar su aceleración estable. Por cuestiones de diseño y de funcionamiento de la etiquetadora, se asigna un valor de tiempo de arranque igual a 0.5 segundos, tiempo que se demoran los motores para alcanzar una aceleración constante.

$$\alpha = 16.755 \text{ rad/s}^2$$



### 6.6.6 CÁLCULO DE TORQUES

El torque generado por el sistema se calcula con la ecuación 6.6

$$T = I \alpha \quad \text{Ec. (6.6)}$$

Donde:

$T$ : Torque [N.m]

$I$ : Inercia del Sistema [ $\text{kg/m}^2$ ]

$\alpha$ : Aceleración Angular [ $\text{rad/s}^2$ ]

Sistema Desbobinador de Etiquetas:  $T = 3.0658 \text{ N.m}$

Sistema Rebobinador de Desperdicio:  $T = 1.2321 \text{ N.m}$

Sistema Giro de Envases:  $T = 0.259 \text{ N.m}$

### 6.6.7 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA

La potencia que se necesita para accionar todos los elementos que conforman en cada sistema se obtiene a partir de la ecuación 2.12.

Sistema Desbobinador de Etiquetas:  $P = 73.6619 \text{ W} = 0.09878 \text{ HP}$

Sistema Rebobinador de Desperdicio:  $P = 29.6036 \text{ W} = 0.03969 \text{ HP}$

Sistema Giro de Envases:  $P = 2.1698 \text{ W} = 0.0029 \text{ HP}$

### 6.6.8 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

El motor a seleccionar para cada uno de los sistemas de la etiquetadora debe cubrir la potencia requerida ( $P_{\text{REQUERIDA}}$ ) para accionar los elementos móviles de los sistemas, además de vencer las fuerzas de fricción de los mismos.

Considerando situaciones de sistemas mecánicos en malas condiciones, como la cinta protectora de etiquetas mal tensada, mal anclaje del motor y vibraciones

excesivas, además de prolongadas horas de operación, numerosos arranques y malas instalaciones eléctricas se recomienda un factor de servicio<sup>36</sup> de 2

#### **6.6.8.1 Sistema de Etiquetado**

Para determinar la potencia necesaria para accionar todo el sistema de etiquetado se obtiene al sumar los valores de las potencias que actúan en el sistema desbobinador y sistema rebobinador debido a que funcionan conjuntamente

$$P_{MOTOR} = (P_{DESBOBINADOR} + P_{REBOBINADOR}) * f_s$$

$$P_{MOTOR} = (0.09878 \text{ HP} + 0.03969 \text{ HP}) * (2)$$

$$P_{MOTOR} = 0.277 \text{ HP}$$

Una vez determinado la potencia y verificando la disponibilidad en el mercado nacional se podrá seleccionar un motor trifásico de ½ HP de 1800 rpm, y que podrá ser controlado con un variador de frecuencia para obtener las revoluciones deseadas para accionar el sistema de etiquetado

#### **6.6.8.2 Sistema de Giro de Envases**

Para determinar la potencia que debe suministrar el motor, se realizará el mismo análisis como se lo hizo en el sistema de etiquetado, considerando el mismo factor de servicio debido a que estará sometido a las mismas situaciones que los sistemas mencionados.

$$P_{MOTOR} = (0.0029 \text{ HP}) * (2)$$

$$P_{MOTOR} = 0.0058 \text{ HP}$$

Igual que en el caso anterior, luego de haber determinado la potencia y verificando la disponibilidad se seleccionará un motor trifásico de ½ Hp de 1800

---

<sup>36</sup> JOSÉ ROLDÁN VILORIA; Prontuario de mecánica industrial aplicada; Editorial Paraninfo; España; 2002; pág. 258.

rpm debido a que dentro de nuestro medio no es muy comercializable y difícil de obtener un motor de menor capacidad.

### 6.6.9 SELECCIÓN DE BANDAS

Las bandas se utilizan para transmitir potencia entre dos ejes. Tales ejes deben estar situados a una distancia mínima, dependiendo del tipo de banda, para trabajar con la mayor eficiencia<sup>37</sup>.

#### 6.6.9.1 Sistema de Etiquetado

La banda a seleccionar tiene la finalidad de transmitir el movimiento de giro del motor al sistema rebobinador de desperdicio y por ende al sistema desbobinador de etiquetas. El sistema utilizará una transmisión por medio de poleas con una reducción de 5 a 2, en donde, la velocidad del sistema de etiquetado será controlado mediante un variador de frecuencia con la finalidad de ajustarse a las necesidades requeridas por el prototipo de embotelladora

Para la selección consideraremos los siguientes parámetros de funcionamiento:

- Transmisión: banda abierta
- Potencia: ½ HP
- Polea Mayor: D = 5 pulg.; n = 230 rpm
- Polea Menor: d = 2 pulg.; n = 575 rpm

Asumiremos una banda Tipo A26. (Anexo A1)

#### Cálculo de la Longitud de Paso

Se calcula en función de la banda asumida y se calcula a partir de la ecuación 2.64

$L_c = 1.3$ ; Leído en función del tipo de banda asumido en el Anexo A2

$$L_p = 26 + 1.3 = 27.3 \text{ pulg.}$$

---

<sup>37</sup> JOSEPH E. SIGHLEY, LARRY MITCHELL, (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial McGRAW - HILL, 4ta. Edición, México

### **Cálculo de la distancia entre centros**

De la ecuación 2.65

$$C = 8.0118 \text{ pulg} = 20.3499 \text{ cm}$$

### **Cálculo del ángulo de contacto de la polea menor**

De la ecuación 2.46

$$\theta_d = 2.7649 \text{ rad.} = 158.4171^\circ$$

$$\exp(0.5123\phi)^{38} = \exp(0.5123 * 2.7649) = 4.1225$$

### **Cálculo del ángulo de contacto de la polea mayor**

De la ecuación 2.47

$$\theta_D = 3.5182 \text{ rad} = 201.5812^\circ$$

### **Cálculo de la longitud de la banda**

De la ecuación 2.48

$$L = 27.3007 \text{ pulg.} \cong 28 \text{ pulg.}$$

Con el cálculo realizado nos dio una longitud de 27.3007 pulgadas de longitud, pero dentro de nuestro mercado nacional no existen bandas de esa dimensión, razón por la cual aproximamos a 28 pulgadas y poder adquirir con mayor facilidad.

### **Cálculo de la Velocidad Periférica**

De la ecuación 2.56

$$V = 301.0693 \text{ pies/min}$$

### **Cálculo del factor de corrección del ángulo de contacto**

Con el valor obtenido de la siguiente ecuación vamos al Anexo A3 y determinamos el factor  $K_1$

---

<sup>38</sup> JOSEPH E. SIGHLEY, LARRY MITCHELL, Diseño en Ingeniería Mecánica, Capítulo 17; pág. 885

$$\frac{D - d}{C} = \frac{5 - 2}{8.0118} = 0.3744$$

$$K_1 = 0.7974$$

### **Cálculo de corrección de longitud de banda**

Este factor se determinará en función del tipo de banda asumido y leído en el Anexo A4 tenemos el siguiente valor:  $K_2 = 0.85$

### **Cálculo de la Potencia permitida por la banda**

De la ecuación 2.66

$H_{tab} = 0.2898$ ; Leído en el Anexo A5 en función de la polea menor y de la velocidad periférica.

$$H_a = 0.1964 \text{ HP}$$

### **Cálculo de la Potencia de diseño**

De la ecuación 2.67

$K_s = 1.3$ ; Leído Anexo A6

$$H_d = 0.65 \text{ HP}$$

### **Cálculo del Número de Bandas**

De la ecuación 2.68

$$N_b = 3.31$$

### **Cálculo de la Tensión Centrífuga**

De la ecuación 2.51

$K_c = 0.561$ ; Leído en el Anexo A7 en función del tipo de banda

$$F_C = 0.0508 \text{ lb}$$

### **Cálculo de la tensión mayor**

Para determinar la tensión de uno de los lados de la banda, primero determinaremos la tensión debida al par de Torsión Transmitido y se calcula a partir de la ecuación 2.52

$$\Delta F = 21.5244$$

La tensión mayor se calcula a partir de la ecuación 2.53

$$F_1 = 28.4685 \text{ lb.}$$

#### **Cálculo de la Tensión Menor**

De la ecuación 2.54

$$F_2 = 6.9441 \text{ lb}$$

#### **Cálculo de la Tensión Inicial**

De la ecuación 2.55

$$F_i = 17.6555 \text{ lb}$$

#### **Cálculo del Factor de Seguridad**

De la ecuación 2.69

$$\eta_{fs} = 1$$

Finalmente luego de haber realizado los cálculos respectivos, obteniendo así un factor de seguridad satisfactorio nos indica que el tipo de banda asumido cumple con las condiciones de funcionamiento. Por lo tanto seleccionaremos una banda Tipo A26

#### **6.6.9.2 Sistema Giro de Envases**

De igual manera en este sistema se utilizará una transmisión por medio de poleas con una reducción de 5 a 2, en donde, la velocidad del sistema del sistema de giro de envases será controlado mediante un variador de frecuencia con la finalidad de ajustarse a las necesidades requeridas por el prototipo de embotelladora

Para la selección consideraremos los siguientes parámetros de funcionamiento:

- Transmisión: banda abierta
- Potencia: ½ HP
- Polea Mayor: D = 5 pulg.; n = 80 rpm

- Polea Menor:  $d = 2$  pulg.;  $n = 200$  rpm

Asumiremos una banda Tipo A33. (Anexo A1)

### **Cálculo de la Longitud de Paso**

Se calcula en función de la banda asumida y se calcula a partir de la ecuación 2.64

$L_c = 1.3$ ; Leído en función del tipo de banda asumido en el Anexo A2

$$L_p = 33 + 1.3 = 34.3 \text{ pulg.}$$

### **Cálculo de la distancia entre centros**

De la ecuación 2.65

$$C = 11.5548 \text{ pulg} = 29.3493 \text{ cm}$$

### **Cálculo del ángulo de contacto de la polea menor**

De la ecuación 2.46

$$\theta_d = 2.8813 \text{ rad.} = 165.0839^\circ$$

$$\exp(0.5123\phi)^{39} = \exp(0.5123 * 2.8813) = 4.3758$$

### **Cálculo del ángulo de contacto de la polea mayor**

De la ecuación 2.47

$$\theta_D = 3.4019 \text{ rad} = 194.9161^\circ$$

### **Cálculo de la longitud de la banda**

De la ecuación 2.48

$$L = 34.3005 \text{ pulg.} \cong 35 \text{ pulg.}$$

Con el cálculo realizado nos dio una longitud de 34.3005 pulgadas de longitud, pero dentro de nuestro mercado nacional no existen bandas de esa dimensión, razón por la cual aproximamos a 35 pulgadas y poder adquirir con mayor facilidad.

---

<sup>39</sup> JOSEPH E. SIGHLEY, LARRY MITCHELL, Diseño en Ingeniería Mecánica, Capítulo 17; pág. 885

### **Cálculo de la Velocidad Periférica**

De la ecuación 2.56

$$V = 104.7197 \text{ pies}/\text{min}$$

### **Cálculo del factor de corrección del ángulo de contacto**

Con el valor obtenido de la siguiente ecuación vamos al Anexo A3 y determinamos el factor  $K_1$

$$\frac{5 - 2}{11.5548} = 0.2596$$

$$K_1 = 0.78596$$

### **Cálculo de corrección de longitud de banda**

Este factor se determina en función del tipo de banda asumido y leído en el Anexo A4 tenemos el siguiente valor:  $K_2 = 0.85$

### **Cálculo de la Potencia permitida por la banda**

De la ecuación 2.66

$H_{\text{tab}} = 0.3193$ ; Leído en el Anexo A5 en función de la polea menor y de la velocidad periférica.

$$H_a = 0.2133 \text{ HP}$$

### **Cálculo de la Potencia de diseño**

De la ecuación 2.67

$K_s = 1.3$ ; Leído Anexo A6

$$H_d = 0.65 \text{ HP}$$

### **Cálculo del Número de Bandas**

De la ecuación 2.68

$$N_b = \frac{0.65}{0.2133} = 3.047$$

### **Cálculo de la Tensión Centrífuga**



De la ecuación 2.51

$K_c = 0.561$ ; Leído en el Anexo A7 en función del tipo de banda

$$F_C = 0.006152 \text{ lb}$$

### **Cálculo de la Tensión Mayor**

Para determinar la tensión de uno de los lados de la banda, primero determinaremos la tensión debida al par de Torsión Transmitido y se calcula a partir de la ecuación 2.52

$$\Delta F = 67.2239$$

La tensión mayor se calcula a partir de la ecuación 2.53

$$F_1 = 87.1435 \text{ lb.}$$

### **Cálculo de la Tensión Menor**

De la ecuación 2.54

$$F_2 = 19.9196 \text{ lb}$$

### **Cálculo de la Tensión Inicial**

De la ecuación 2.55

$$F_i = 53.5254 \text{ lb}$$

### **Cálculo del Factor de Seguridad**

De la ecuación 2.69

$$\eta_{fs} = 1$$

Finalmente luego de haber realizado los cálculos respectivos, obteniendo así un factor de seguridad satisfactorio nos indica que el tipo de banda asumido cumple con las condiciones de funcionamiento. Por lo tanto seleccionaremos una banda Tipo A33

### **6.6.9.3 Banda Plana Sistema Giro de Envases**

Encargado de hacer girar los envases luego de haber colocado la etiqueta, por lo que, seleccionaremos una banda plana que brinde seguridad, eficiencia y disponibilidad en el mercado nacional. Para realizar el diseño y selección de la banda plana, seleccionaremos una correa de transmisión con núcleo de tracción de poliamida de la serie T – T según el Anexo A8, debido a que son correas que amortiguan el nivel sonoro, son antiestáticas, tienen alta resistencia al aceite, polvo y calor y además porque aseguran marcha rectilínea, adherencia y estabilidad dimensional.<sup>40</sup>

Para la selección consideraremos los siguientes parámetros de funcionamiento:

- Transmisión: banda abierta
- Potencia: ½ HP
- Polea Mayor:  $d = 3$  pulg.;  $n = 80$  rpm
- Polea Menor:  $d = 3$  pulg.;  $n = 80$  rpm
- Distancia entre centros:  $C = 250$  mm = 9.8425 Pulga.

### **Cálculo del Ángulo de Contacto**

El ángulo de contacto son los mismos para los dos rodillos, debido a que son del mismo diámetro tanto el rodillo impulsor como el impulsado con una relación de transmisión de 1 a 1. ; Por lo que el ángulo de contacto es igual a  $\pi$ .

$$\theta = \pi$$

### **Cálculo de la Longitud de la banda**

De la ecuación 2.48

$$L = 29.1098 \text{ pulg.} = 73.9388 \text{ cm}$$

### **Cálculo de la Velocidad Periférica**

De la ecuación 2.56

$$V = 62.8318 \text{ pies/min}$$

### **Cálculo de la Tensión Circunferencial**

---

<sup>40</sup> Catálogo CHIORINO

Para determinar la tensión circunferencial debida a la fuerza centrífuga de la banda plana seleccionada utilizamos la ecuación 2.58

$w = 0.5513 \text{ Kg/m} = 0.3698 \text{ lb/pie}$ ; Leído Anexo A8 en función del tipo de banda asumido

$$F_C = 0.0126 \text{ lb}$$

### **Cálculo del Par de Torsión necesario**

De la ecuación 2.59

$K_s = 1.25$ ; Leído Anexo A6

$n_d = 1.1$ ; Asumido

$n = 80 \text{ rpm}$

$$T = \frac{(63025)(0.5)(1.25)(1.1)}{80} = 541.6211 \text{ lb.pulg}$$

$$(F_1)_a - F_2 = \frac{2T}{D} = \frac{(2)(541.6211 \text{ lb.pulg})}{(3 \text{ pulg})}$$

$$(F_1)_a - F_2 = 361.0807 \text{ lbf}$$

### **Cálculo de la Tensión Máxima Permisible**

De la ecuación 2.57

$b = 5.8646 \text{ pulg.}$

$F_a = 85.5525 \text{ lb/pulg.}$ ; Leído Anexo A8

$C_p = 0.95$ ; Leído Anexo A9

$C_v = 1$ ; Por ser de poliamida

$$(F_1)_a = (5.8646 \text{ pulg})(85.5525 \text{ lb/pulg})(0.95)(1)$$

$$(F_1)_a = 476.6446 \text{ lb}$$

### **Cálculo de la Tensión del Lado Holgado**

De la ecuación 2.60

$$F_2 = 476.6446 \text{ lbf} - 361.0807 \text{ lbf}$$

$$F_2 = 115.5639 \text{ lbf}$$

### **Cálculo de la Tensión inicial**

De la ecuación 2.55

$$F_i = 296.0916 \text{ lb}$$

### **Desarrollo de la Fricción**

El cálculo de la fricción se calcula a partir de la ecuación 2.61 el cual permite determinar si no existe peligro de deslizamiento

$$f' = 0.4511$$

El factor de fricción proporcionado por la banda seleccionada es de 0.7 y el calculado es de 0.451. Entonces  $f' < f$ , por lo tanto no existe peligro de deslizamiento.

### **Cálculo de la Potencia de diseño**

De la ecuación 2.62

$$K_s = 1.25; \text{ Leído Anexo A6}$$

$$n_d = 1.1; \text{ Asumido}$$

$$H_d = 0.6875 \text{ HP}$$

### **Cálculo del Factor de seguridad**

Este factor nos permite determinar si la banda seleccionada es confiable y segura; se calcula a partir de la ecuación 2.63

$$K_s = 1.25; \text{ Leído Anexo A6}$$

$$n_{fs} = 1.1$$

La banda seleccionada resulta satisfactoria, por lo tanto seleccionamos una banda plana de poliamida T – T de 3.4 mm de espesor.

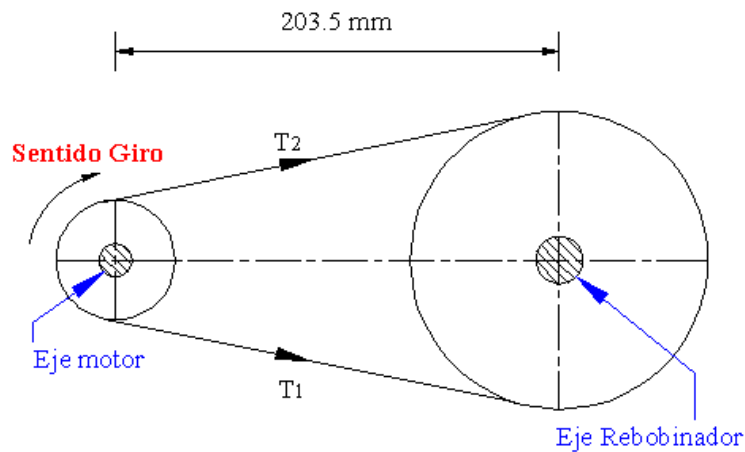
## **6.6.10 POSICIONAMIENTO DE LOS EJES**

El posicionamiento nos permite determinar cómo se encuentran ubicados los ejes motrices con respecto a los ejes del motor de cada sistema con la finalidad de

visualizar como se encuentran ubicados las tensiones de cada una de las bandas seleccionadas en el apartado anterior.

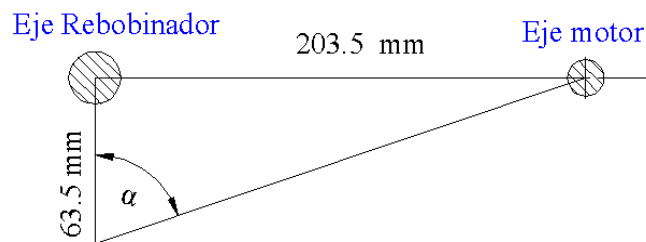
### 6.6.10.1 Sistema Rebobinador Desperdicio

El sistema de transmisión del rebobinador de desperdicio se encuentra formado por un juego de poleas como se ilustra en la figura 6.18.



**Figura 6.18:** Posición de los Ejes del Sistema Rebobinador Desperdicio  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Para determinar el ángulo que se encuentra formando las tensiones de la banda con el eje motriz del sistema rebobinador aplicaremos una función trigonométrica debido a que tenemos un triángulo rectángulo con se muestra en la figura 6.19



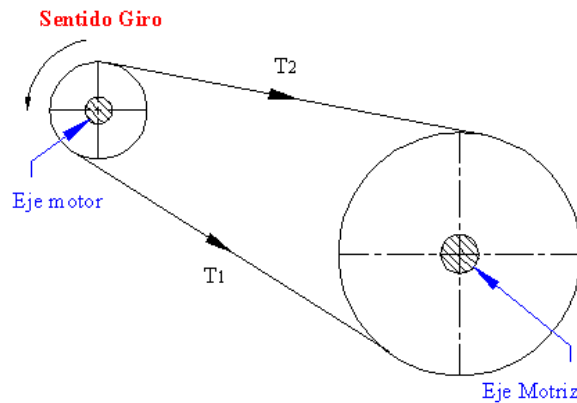
**Figura 6.19:** Diagrama de cuerpo Libre Sistema Rebobinador Desperdicio  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

$$\tan \alpha = \frac{203.5 \text{ mm}}{63.5 \text{ mm}}$$

$$\alpha = 72.7^\circ$$

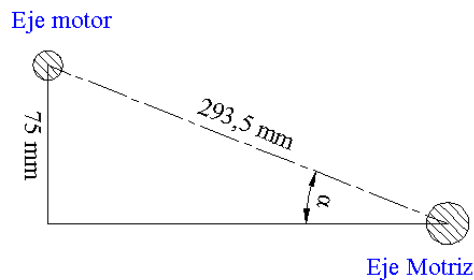
### 6.6.10.2 Sistema Giro de Envases

Los ejes y poleas de este sistema se encuentran posicionados con se muestra en la figura 6.20.



**Figura 6.20:** Posición de los Ejes del Sistema Giro de Envases  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Para calcular el ángulo aplicaremos una función trigonométrica para determinar la posición de las tensiones de la banda de este sistema



**Figura 6.21:** Diagrama de Cuerpo Libre del Sistema Giro de Envases  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

$$\text{sen } \alpha = \frac{75 \text{ mm}}{293,5 \text{ mm}} \quad \alpha = 14,8^\circ$$

### 6.6.11 TENSIÓN DEL PAPEL

El cálculo de la tensión que se debe aplicar al papel nos permite determinar si no se encuentra en el rango<sup>41</sup> de rotura que es de 2 kg/cm a 5 kg/cm. Este cálculo se determina a partir de los siguientes datos:

<sup>41</sup> [www.arclad.com/contenido/docs/hojas/papeles\\_mate/B75-P1-G62.pdf](http://www.arclad.com/contenido/docs/hojas/papeles_mate/B75-P1-G62.pdf).

- Inercia de la bobina de Etiquetas:  $I = 0.0594 \text{ kg/m}^2$
- Aceleración angular del sistema de etiquetado:  $\alpha = 48.054 \text{ rad/s}^2$

El torque generado por el rollo de etiquetas se calcula a partir de la ecuación 6.6

$$T = (0.0594 \text{ kg/m}^2)(48.054 \text{ rad/s}^2)$$

$$T = 2.8544 \text{ N.m}$$

La tensión que se genera en la banda de la cinta de etiquetas se calcula a partir de la ecuación 6.7:

$$T = F * r \tag{Ec. (6.7)}$$

Donde:

T: Torque del Rollo de etiquetas [N.m]

F: Tensión de la Banda del Papel [N]

r: Radio del Rollo de Etiquetas [m]

$$F = \frac{T}{r} = \frac{2.8544 \text{ N.m}}{0.13 \text{ m}} = 21.9569 \text{ N}$$

Esta fuerza se divide para el ancho de la bobina ( $l$ ) que se considero en el diseño de la etiquetadora y así se obtiene la tensión que se aplica durante su funcionamiento.

Esto es igual a:

$$F_{C.E.} = \frac{F}{l} \tag{Ec. (6.8)}$$

$$F_{C.E.} = \frac{21.9569 \text{ N}}{0.055 \text{ m}}$$

$$F_{C.E.} = 399.2178 \text{ N/m} = 40.7365 \text{ kg/m} = 0.4073 \text{ kg/cm}$$

De esta manera se comprueba que la tensión aplicada a la cinta de etiquetas durante su funcionamiento es menor que el rango de rotura. Por otro lado la

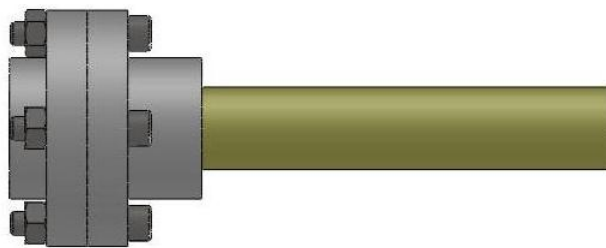
tensión de la cinta calculada nos servirá de ayuda para realizar el diseño de los ejes en los cuales se encuentra tensionado.

### 6.6.12 DISEÑO DE LOS EJES

Los componentes de una máquina como los ejes transmiten fuerzas y movimientos de un punto a otro, es por eso, que a continuación realizaremos el diseño de cada uno de los ejes de cada sistema con la finalidad que soporten las fuerzas que actúan en cada uno de ellos

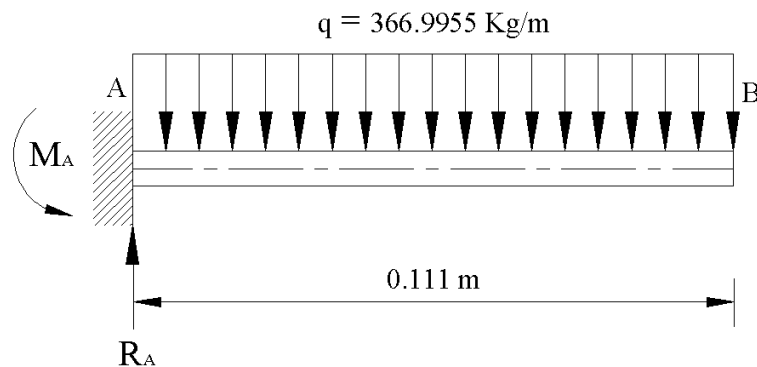
#### 6.6.12.1 Sistema Desbobinador Etiquetas

El eje desbobinador que se muestra en la figura 6.22 es el encargado de desenrollar las etiquetas y resistir largas horas de funcionamiento.



*Figura 6.22: Eje Desbobinador Etiquetas  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

Para realizar el diseño del eje se analiza como una viga en voladizo debido a que en uno de sus extremos se encuentra apoyado en una caja de rodapiés y se encuentra soportando una carga distribuida debido a la tensión del papel.



*Figura 6.23: Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Desbobinador Etiquetas  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*



## Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - (366.9955 \text{ kg/m})(0.111 \text{ m})(0.0555 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = 2.2609 \text{ kg.m}$$

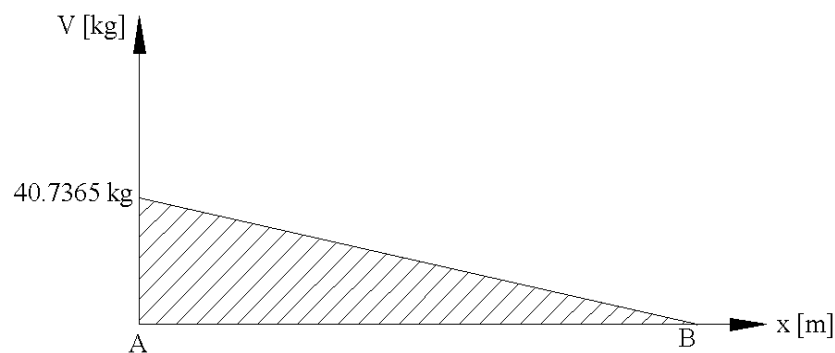
$$M_A = 22.1566 \text{ N.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - (366.9955 \text{ kg/m})(0.111 \text{ m}) = 0$$

$$R_A = 40.7365 \text{ kg.m}$$

$$R_A = 399.2177 \text{ N}$$



**Figura 6.24:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Desbobinador Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

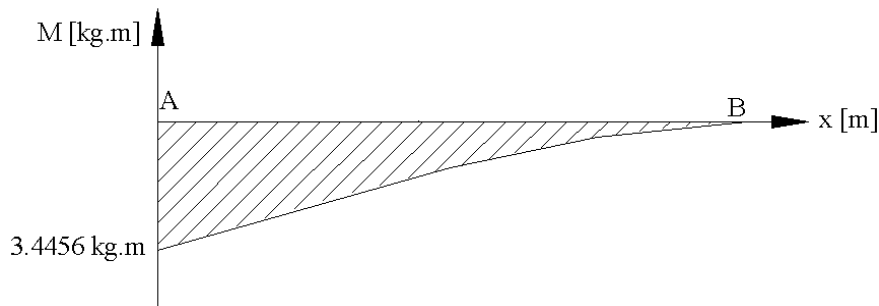
Para graficar el diagrama de momento flector del eje desbobinador de etiquetas utilizaremos el método de las áreas.

$$A_1 = \frac{(40.7365)(0.111)}{2}$$

$$A_1 = 2.2609$$

$$M_A = -2.2609 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -2.2609 \text{ kg.m} + 2.2609 = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.25:** Diagrama de Momento Flector del Eje Desbobinador Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

### Diseño Estático

Para realizar el diseño por resistencia estática consideraremos los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que el eje está sometido solo a esfuerzos por flexión y que se debe seleccionar una cero que sea comercializable en nuestro medio.

- Consideraremos un factor de seguridad de 2.8
- El eje es de sección circular en Acero AISI 1018 laminado en caliente por ser el más comercializable en nuestro medio.

El esfuerzo máximo por flexión de calcula a partir de la ecuación 2.3

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{(32)(22.1566 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{225.6853 \text{ N.m}}{d^3}$$

El diámetro del eje se determina a partir de la ecuación 2.13 y reemplazando la expresión anterior se obtiene la siguiente igualdad

$$\frac{225.6853 \text{ N.m}}{d^3} = \frac{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{2.8}$$

$$d = \left[ \frac{(2.8)(225.6853 \text{ N.m})}{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01422 \text{ m} = 14.22 \text{ mm}$$

### Diseño Dinámico

Para realizar el diseño del eje por resistencia a fatiga consideraremos los siguientes parámetros

- Material: Acero AISI 1018 laminado en caliente
- Velocidad angular del eje:  $n = 230$  rpm
- Número de ciclos:  $N = 331200$  ciclos, Considerando que trabaja 24 horas continuas
- Consideramos un factor de seguridad:  $n = 2.8$
- Suponemos:  $K_a K_b K_c K_d K_e K_f \cong 0.3$ ; Porque no se conoce el diámetro

### **Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria**

De la ecuación 2.24

Resistencia a la tensión:  $S_{ut} = 400$  MPa Para un Acero AISI 1018 Laminado en Caliente, Leído Anexo A10

$$S'_e = 0.5(400 \text{ MPa}) = 200 \text{ MPa}$$

### **Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina**

De la ecuación 2.31

$$S_e = (0.3)(200 \text{ MPa}) = 60 \text{ MPa}$$

### **Resistencia a la Fatiga**

De las ecuaciones 2.29, 2.30 y 2.28

$$f = 0.9 ; \text{ Porque } S_{ut} < 70 \text{ kpsi}$$

$$a = 2160 \text{ MPa}$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 79.8992 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a fatiga se determina a partir de la ecuación 6.9:

$$n = \frac{S_f}{\sigma} \tag{Ec. (6.9)}$$

$$d = \left[ \frac{32nM}{S_f \pi} \right]^{1/3} = \left[ \frac{(32)(2.8)(22.1566 \text{ N} \cdot \text{m})}{(79.8992 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \pi} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01992 \text{ m} = 19.92 \text{ mm} \cong 20 \text{ mm}$$

### **Refinamiento del Cálculo con $d = 20 \text{ mm}$**

Para realizar el cálculo de todos los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga utilizaremos el diámetro calculado anteriormente

### **Factor de Modificación de la Condición Superficial**

La Condición Superficial se calcula a partir de la ecuación 2.32

Donde:

$$a = 4.51; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$b = -0.265; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$K_a = 0.9217$$

### **Factor de Modificación del Tamaño**

El factor de Tamaño se evaluó según la ecuación 2.33

$$K_b = 0.9019$$

### **Factor de Modificación de la Carga**

El factor de carga es un valor medio que se obtiene Leído en el Anexo A12

$$K_c = 0.85,$$

### **Factor de Modificación de la Temperatura**

Este factor se determina en función de la temperatura en el cual va a trabajar el eje motriz. Para una temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , Leído en el Anexo A13 se tiene un valor de:

$$K_d = 1$$

### **Factor de Confiabilidad**

Para una confiabilidad del 90 %: Leído en el Anexo A14 se tiene un valor de:

$$K_e = 0.897$$

### **Factor de Modificación de Efectos Varios**

Como el eje es de sección uniforme

$$K_f = 1$$

Este factor también es conocido como factor de concentración del esfuerzo por fatiga<sup>42</sup>

### **Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina**

$$S_e = 126.7621 \text{ MPa}$$

### **Resistencia a la Fatiga**

$$a = 1022.3876 \text{ MPa}$$

$$b = -0.1511$$

$$S_f = 149.8062 \text{ MPa}$$

### **Factor de seguridad**

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{(32)(22.1566 \text{ N.m})}{\pi(0.020 \text{ m})^2} = 28.2106 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_f}{\sigma}$$

$$n = \frac{149.8062 \text{ MPa}}{28.2106 \text{ MPa}}$$

$$n = 5.3$$

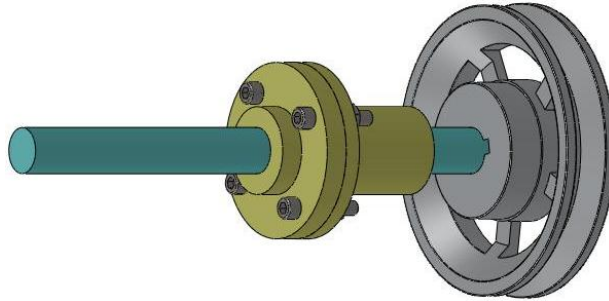
Luego de haber realizado el diseño del eje tanto por resistencia estática como a fatiga seleccionaremos un diámetro de 20 mm; pero cabe mencionar que dentro de nuestro mercado no existen eje de es diámetro, por lo que, para la construcción utilizaremos un eje de diámetro de 7/8 pulgada en acero AISI 1018 Laminado en Caliente que es comerciable y se puede adquirir con facilidad.

### **6.6.12.2 Sistema Rebobinador Desperdicio**

---

<sup>42</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica de Shirley. 8va. Edición. Capítulo 6. Fallas por fatiga. Pág. 287

El eje rebobinador de desperdicio de la figura 6.26 es el encargado de enrollar la cinta de desperdicio de las etiquetas, además, soporta la tensión de las bandas y la tensión del papel.



*Figura 6.26: Eje Rebobinador de Desperdicio*  
*Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

El eje se encuentra apoyado en una caja de rodamientos que esta sujeta mediante pernos a la placa base de la etiquetadora. Para realizar el diseño de este eje dividiremos en dos secciones:

La primera sección es parte del eje que se encuentra debajo de la placa base, el mismo que soporta las tensiones de la banda debido al sistema de transmisión que el encargado de transmitir el movimiento del motor a este.

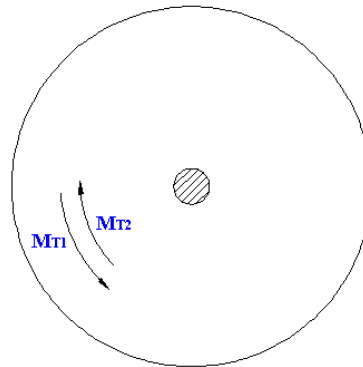
La segunda sección es parte del eje que se encuentra encima de la placa base, el mismo que se soporta la tensión del papel debido a que enrolla la cinta de desperdicio.

Para el análisis respectivo de cada sección diseñaremos como una viga en voladizo apoyado en uno de sus extremos y que soportan cargas puntuales y distribuidas.

### **Cálculo del Momento Torsor**

En una sección del eje se encuentra acoplado una polea con sus respectivas tensiones debido a la banda, por lo que, se genera un momento torsor que debe ser calculado para poder realizar el diseño del eje en el siguiente apartado.

Diámetro de la polea:  $\phi = 5"$



**Figura 6.27: Momentos Torsores (Polea Eje Rebobinador)**  
**Fuente: Investigador (Criollo Fabián)**

Se calcula a partir de la ecuación 6.10:

$$M_T = T * R \quad \text{Ec. (6.10)}$$

Donde:

$M_T$ : Momento Torsor [kg.m]

T: Tensión de las Bandas [kg]

R: Radio de la Polea [m]

$$M_{T1} = T_1 * R$$

$$M_{T1} = (12.9402 \text{ kg})(0.0635 \text{ m}) = 0.8217 \text{ kg.m}$$

$$M_{T2} = T_2 * R$$

$$M_{T2} = (3.1564 \text{ kg})(0.0635 \text{ m}) = 0.2 \text{ kg.m}$$

El momento total generado por la polea se obtiene al realizar la siguiente operación:

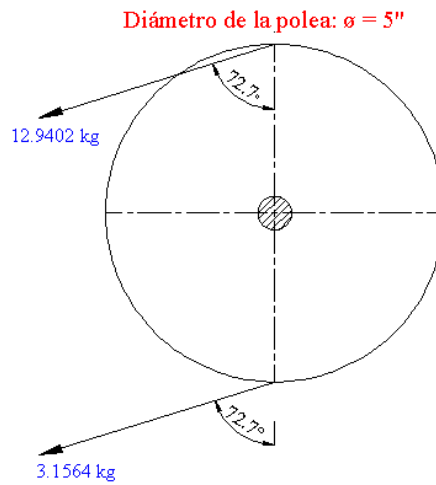
$$M_T = M_{T1} - M_{T2}$$

$$M_T = 0.8217 \text{ kg.m} - 0.2 \text{ kg.m} = 0.6217 \text{ kg.m} = 6.0923 \text{ N.m}$$

### **Cálculo de las componentes**

Para realizar el diseño del eje es importante en que plano y dirección se encuentran ubicados las tensiones de la banda. Además, cabe mencionar que los

tensiones generadas en la polea se encuentran formando un ángulo de  $72.7^\circ$  con el eje y como de ilustra en la figura 6.28.



**Figura 6.28:** Tensiones de la Banda  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$F = 12.9402 \text{ kg} + 3.1564 \text{ kg} = 16.0966 \text{ kg}$$

Al descomponer las tensiones de las bandas obtenemos un triangulo rectángulo y se determinan aplicando las siguientes funciones trigonométricas.

$$\text{sen } 72.7^\circ = \frac{F_Z}{F}$$

$$F_Z = F * \text{sen } 72.7^\circ$$

$$F_Z = 15.3684 \text{ Kg}$$

$$\text{cos } 72.7^\circ = \frac{F_Y}{F}$$

$$F_Y = F * \text{cos } 72.7^\circ$$

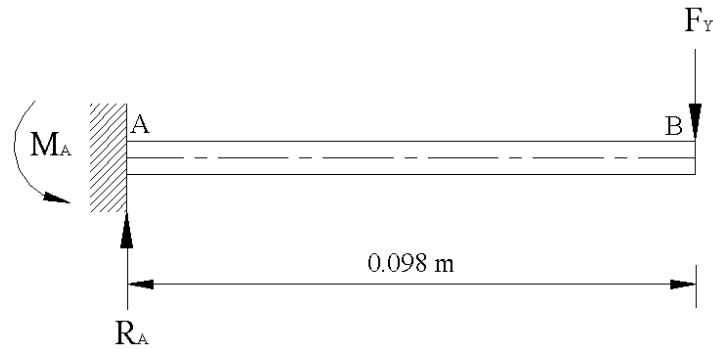
$$F_Y = 4.7867 \text{ Kg}$$

### Primera Sección

Esta sección soporta una carga puntual en uno de sus extremos tanto en el eje y como en el z y soporta esfuerzos por flexión y torsión, por lo que, para determinar las reacciones y momentos se la siguiente manera.



Plano (x - y)



**Figura 6.29:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Rebobinador Plano (x -y)  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

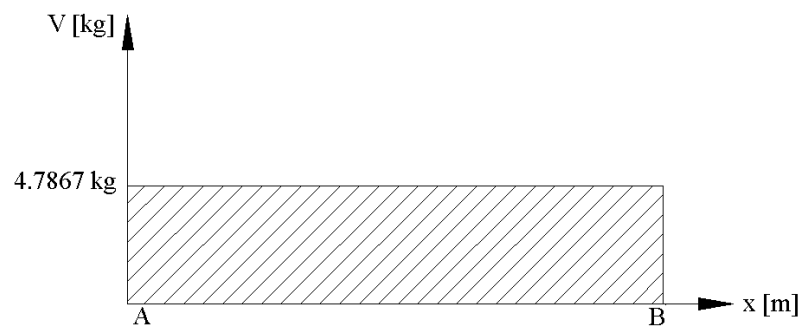
$$M_A - (4.7867 \text{ Kg})(0.098 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = 0.4691 \text{ kg.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - 4.7867 \text{ kg} = 0$$

$$R_A = 4.7867 \text{ kg}$$



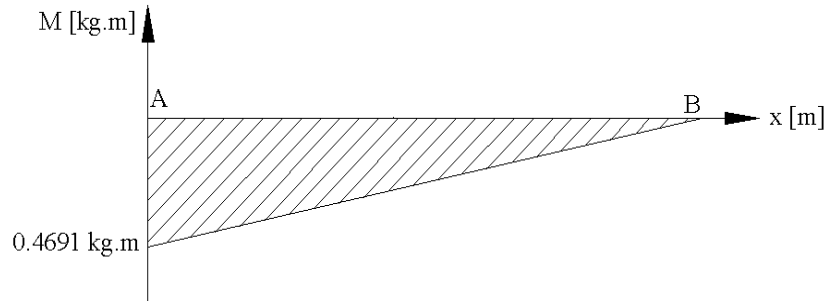
**Figura 6.30:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Rebobinador Plano (x -y)  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

Aplicando el método de las áreas determinaremos los momentos.

$$A_1 = (4.7867)(0.098) = 0.4691$$

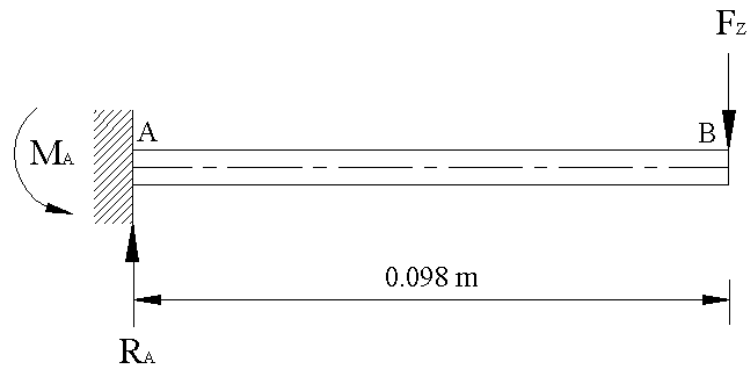
$$M_A = -0.4691 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -0.4691 \text{ kg.m} + 0.4691 = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.31:** Diagrama de Momento Flector del Eje Rebobinador Plano (x-y)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

**Plano (x-z)**



**Figura 6.32:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Rebobinador Plano (x-z)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

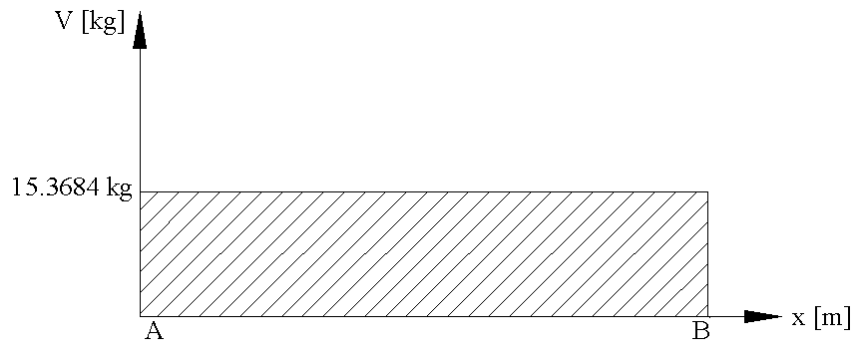
$$M_A - (15.3684 \text{ kg})(0.098 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = 1.5061 \text{ kg.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - 15.3684 \text{ kg} = 0$$

$$R_A = 15.3684 \text{ kg}$$



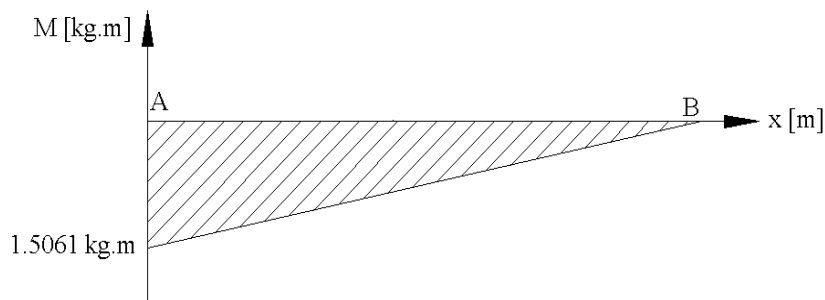
**Figura 6.33:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Rebobinador Plano ( $x-z$ )  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Aplicando el método de las áreas determinaremos los momentos.

$$A_1 = (0.098)(15.3684) = 1.5061$$

$$M_A = -1.5061 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -1.5061 \text{ kg.m} + 1.5061 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.34:** Diagrama de Momento Flector del Eje Rebobinador Plano ( $x-z$ )  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para determinar el momento máximo realizaremos la sumatoria de momentos en cada punto.

$$\vec{M}_A = 0\vec{i} - 0.4691\vec{j} - 1.5061\vec{k}$$

$$M_A = 1.5775 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{maximo}} = 15.4591 \text{ N.m}$$

### Diseño Estático

Para realizar el diseño consideraremos los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que el eje está sometido a esfuerzos por flexión y torsión; además que se debe seleccionar un material comercializable.

- Consideraremos un factor de seguridad de 2.8
- El eje es de sección circular en Acero AISI 1018 Laminado en Caliente que es comercializable en nuestro medio.

Es importante aclarar que para el diseño por resistencia estática se emplearán las mismas ecuaciones y teorías utilizadas en el diseño del eje desbobinador. También se utilizaran para los siguientes diseños en donde se haga uso de las mismas.

Esfuerzo Máximo por Flexión se calcula a partir de ecuación 2.3

$$\sigma_x = \frac{(32)(15.4591 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{157.4651 \text{ N.m}}{d^3}$$

Esfuerzo Máximo por Torsión se calcula a partir de ecuación 2.7

$$\tau_{xy} = \frac{(16)(6.0923 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{31.0278 \text{ N.m}}{d^3}$$

Para determinar el diámetro del eje se utilizará la Teoría de Von Mises<sup>43</sup> (Ecu. 2.22) que es la teoría más empleada para materiales dúctiles y recomendada para estos diseños, aplicando la ecuación se obtiene la siguiente expresión, debido a que no se conoce el diámetro del eje

$$\sigma' = \left[ \left( \frac{157.4651 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{31.0278 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \frac{166.3833}{d^3}$$

A partir de la ecuación 2.23 y reemplazo la ecuación del esfuerzo de Von Mises se obtiene la siguiente expresión que permite determinar el diámetro

---

<sup>43</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica de Shirley. 8va. Edición. Capítulo 5. Fallas por carga estática Pág. 216

$$\frac{166.3833}{d^3} = \frac{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{2.8}$$

$$d = \left[ \frac{(166.3833 \text{ N.m})(2.8)}{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01284 \text{ m} = 12.84 \text{ mm} \cong 13 \text{ mm}$$

### Diseño Dinámico

Para el diseño consideraremos los siguientes parámetros

- Material: Acero AISI 1018 Laminado en Caliente por ser comercializable
- Velocidad angular del eje:  $n = 230 \text{ rpm}$
- Número de ciclos:  $N = 331200$  ciclos, trabajando 24 horas continuas
- Consideramos un factor de seguridad:  $n = 2.8$
- Suponemos:  $K_a K_b K_c K_d K_e K_f \cong 0.3$ ; Porque no se conoce el diámetro

Para el diseño por fatiga también se emplearán las mismas ecuaciones y teorías utilizadas en el diseño del eje desbobinador; además se utilizarán para los siguientes diseños en donde se haga uso de las mismas.

### Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Resistencia a la Tensión:  $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$  Para un Acero AISI 1018 Laminado en Caliente, Leído Anexo A10

$$S'_e = 200 \text{ MPa}$$

### Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina en la geometría y condición de uso.

$$S_e = (0.3)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 60 \text{ MPa}$$

### Resistencia a la Fatiga

$f = 0.9$  ; Porque  $S_{ut} < 70 \text{ kpsi}$

$$a = 2160 \text{ MPa}$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 79.8992 \text{MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a fatiga se determina a partir de la ecuación 6.9

$$d = \left[ \frac{(32)(2.8)(15.4591 \text{ N.m})}{(79.8992 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \pi} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01767 \text{m} = 17.67 \text{ mm} \cong 18 \text{ mm}$$

### **Refinamiento del Cálculo con d = 18 mm**

Para realizar el cálculo de todos los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga utilizaremos el diámetro calculado anteriormente

### **Factor de Modificación de la Condición Superficial**

Donde:

$$a = 4.51; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$b = -0.265; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$K_a = 0.9217$$

### **Factor de Modificación del Tamaño**

El factor de Tamaño se evaluó según la ecuación 2.33

$$K_b = 0.912126$$

### **Factor de Modificación de la Carga**

El factor de carga es un valor medio que se obtiene Leído en el Anexo A12

$$K_c = 0.85$$

### **Factor de Modificación de la Temperatura**

Este factor se determina en función de la temperatura en el cual va a trabajar el eje motriz. Para una temperatura de 20 °C, Leído en el Anexo A13 se tiene un valor de:  $K_d = 1$

### **Factor de Confiabilidad**

Para una confiabilidad del 90 %: Leído en el Anexo A14 se tiene un valor de:

$$K_e = 0.897$$

### **Factor de Modificación de Efectos Varios**

Como el eje es de sección uniforme  $K_f = 1$

### **Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina**

$$S_e = (0.9217)(0.912126)(0.85)(1)(0.897)(1)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 128.1993 \text{ MPa}$$

### **Resistencia a la Fatiga**

$$a = 1010.9259 \text{ MPa}$$

$$b = -0.14947$$

$$S_f = 151.2277 \text{ MPa}$$

### **Factor de Seguridad**

$$n = \frac{151.2277 \text{ MPa}}{27 \text{ MPa}}$$

$$n = 5.6$$

Para evaluar la condición del material seleccionado se utilizará la teoría de falla por fatiga como es el Criterio de Goodman Modificado (Ecu. 2.34), debido a que es una teoría comúnmente utilizada por los diseñadores conservadores.<sup>44</sup>

$$\text{Esfuerzo Alterno: } \sigma_x = \sigma_a = 27 \text{ MPa}$$

$$\text{Esfuerzo Medio: } \sigma_m = \sqrt{3}\tau_{xy} = \sqrt{3}(5.32 \text{ MPa}) = 9.2149 \text{ MPa}$$

---

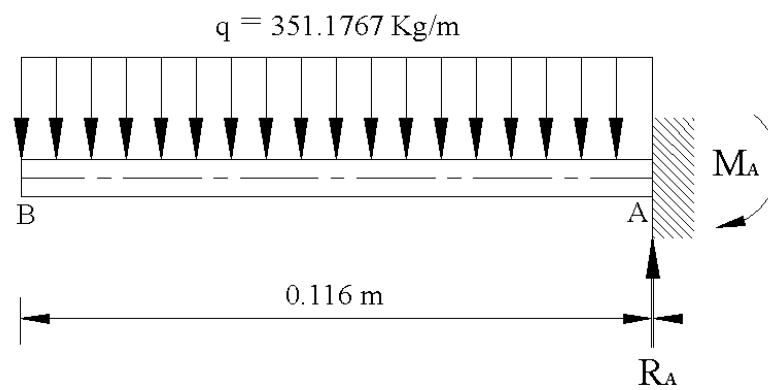
<sup>44</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica de Shirley. 8va. Edición. Capítulo 5. Fallas por fatiga Pág. 298

De la ecuación 2.34 se obtiene un factor de seguridad de:

$$n_f = 4.28$$

### Segunda Sección

Esta sección soporta una carga distribuida debido a la tensión generada por la cinta de etiquetas, para el análisis se debe tener en cuenta que esta sección soporta esfuerzos por flexión y torsión (Esfuerzos Combinados).



**Figura 6.35:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Rebobinador  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

$$-M_A + (351.1767 \text{ kg})(0.116\text{m})(0.058 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = 2.3627 \text{ kg.m}$$

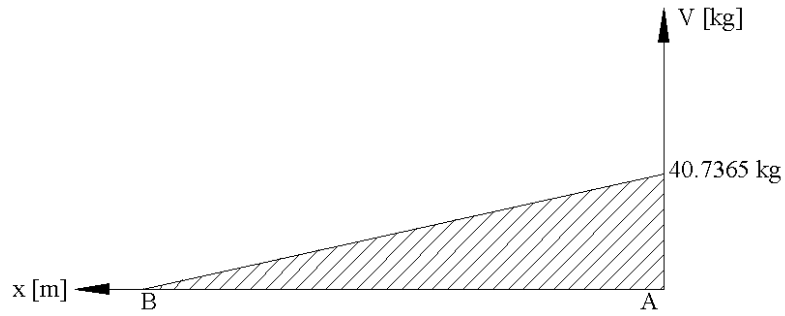
$$M_A = 23.1546 \text{ N.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - (351.1767 \text{ kg/m})(0.116 \text{ m}) = 0$$

$$R_A = 40.7365 \text{ kg}$$





**Figura 6.36:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Rebobinador Plano  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

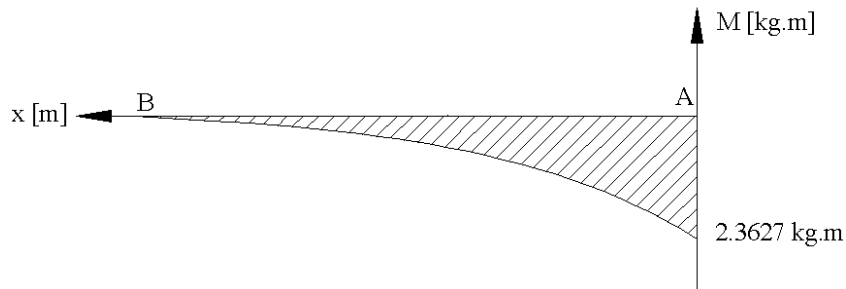
Aplicando el método de las áreas determinaremos los momentos.

$$A_1 = \frac{(0.116)(40.7365)}{2}$$

$$A_1 = 2.3627$$

$$M_A = -2.3627 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -2.3627 \text{ kg.m} + 2.3627 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.37:** Diagrama de Momento Flector del Eje Rebobinador  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$M_{\text{maximo}} = 23.1546 \text{ N.m}$$

### Diseño Estático

Para realizar el diseño consideraremos los mismos parámetros establecidos en la primera sección.

Esfuerzo Máximo por Flexión

$$\sigma_x = \frac{(32)(23.1546 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{235.8508 \text{ N.m}}{d^3}$$

Esfuerzo Máximo por Torsión

$$\tau_{xy} = \frac{(16)(6.0923 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{31.0278 \text{ N.m}}{d^3}$$

Para determinar el diámetro del eje se utilizará la Teoría de Von Mises (Ecu. 2.22) que es la teoría más empleada para materiales dúctiles y recomendada para estos diseños, aplicando la ecuación se obtiene la siguiente expresión, debido a que no se conoce el diámetro del eje

$$\sigma' = \left[ \left( \frac{235.8508 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{31.0278 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$
$$\sigma' = \frac{241.8962 \text{ N.m}}{d^3}$$

A partir de la ecuación 2.23 y reemplazo la ecuación del esfuerzo de Von Mises se obtiene la siguiente expresión que permite determinar el diámetro

$$d = \left[ \frac{(241.8962 \text{ N.m})(2.8)}{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \right]^{1/3}$$
$$d = 0.01455 \text{ m} = 14.55 \text{ mm} \cong 15 \text{ mm}$$

### **Diseño Dinámico**

Para el diseño por fatiga también consideraremos los mismos parámetros establecidos en la primera sección.

### **Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria**

Resistencia a la Tensión:  $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$  Para un Acero AISI 1018 Laminado en caliente, Leído Anexo A10

$$S'_e = 200 \text{ MPa}$$

**Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina en la geometría y condición de uso.**

$$S_e = (0.3)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 60 \text{ MPa}$$

### **Resistencia a la Fatiga**

$$f = 0.9 ; \text{ Porque } S_{ut} < 70 \text{ kpsi}$$

$$a = 2160 \text{ MPa}$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 79.8992 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a fatiga se determina a partir de la ecuación 6.9

$$d = \left[ \frac{(32)(2.8)(23.1546 \text{ N.m})}{(79.8992 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \pi} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.020 \text{ m} = 20 \text{ mm}$$

### **Refinamiento del Cálculo con $d = 20 \text{ mm}$**

Para realizar el cálculo de todos los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga utilizaremos el diámetro calculado anteriormente

### **Factor de Modificación de la Condición Superficial**

$$a = 4.51; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$b = -0.265; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$K_a = 0.9217$$

### **Factor de Modificación del Tamaño**

$$K_b = 0.9019$$

### **Factor de Modificación de la Carga**

$$K_c = 0.85, \text{ Leído Anexo A12}$$

### **Factor de Modificación de la Temperatura**

$$K_d = 1; \text{ Leído Anexo A13}$$

### **Factor de Confiabilidad**

$$K_e = 0.897; \text{ Leído Anexo A14}$$

### **Factor de Modificación de Efectos Varios**

Como el eje es de sección uniforme  $K_f = 1$

**Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina en la geometría y condición de uso.**

$$S_e = (0.9217)(0.9019)(0.85)(1)(0.897)(1)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 126.7621 \text{ MPa}$$

### **Resistencia a la Fatiga**

$$a = 1022.3876 \text{ MPa}$$

$$b = -0.1511$$

$$S_f = 149.8062 \text{ MPa}$$

### **Factor de Seguridad**

$$n = \frac{149.8062 \text{ MPa}}{29.4813 \text{ MPa}}$$

$$n = 5.1$$

Para evaluar la condición del material seleccionado se utilizará la teoría de falla por fatiga como es el Criterio de Goodman Modificado (Ecu. 2.34), debido a que es una teoría comúnmente utilizada por los diseñadores conservadores.<sup>45</sup>

$$\text{Esfuerzo Alternó: } \sigma_a = 29.4813 \text{ MPa}$$

$$\text{Esfuerzo Medio: } \sigma_m = \sqrt{3}(3.8785 \text{ MPa}) = 6.7177 \text{ MPa}$$

De la ecuación 2.34 se obtiene un factor de seguridad de:

---

<sup>45</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica de Shirley. 8va. Edición. Capítulo 5. Fallas por fatiga Pág. 298

$$n_f = 4$$

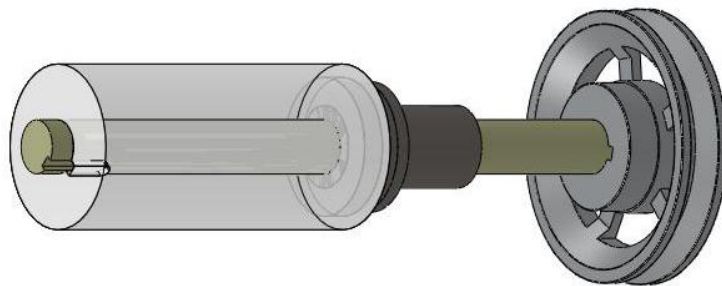
Luego de haber obtenido los diámetros por diseño estático y dinámico en cada una de las secciones, designaremos un diámetro de 20 mm para todo el eje en Acero AISI 1018 laminado en caliente que es comercializable en nuestro medio.

### 6.6.12.3 Sistema Giro de Envases

Está conformado por un eje motriz donde se encuentra acoplado una polea y un rodillo, también de un eje fijo en donde se encuentra acoplado un rodillo que gira libremente.

#### Eje Motriz

Tiene la función de transmitir el movimiento del giro del motor a la banda plana y por ende al eje fijo del sistema de giro de envases. Además, al eje se encuentra acoplado un rodillo, en donde, en la superficie del mismo actúan fuerzas de tensión generadas por la banda plana. Por otro parte, el eje soporta una carga distribuida en una de sus secciones y en la otra las tensiones generadas por la banda de transmisión.

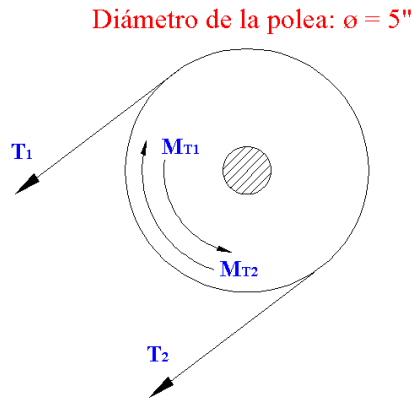


*Figura 6.38: Eje Motriz Sistema Giro de Envases  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

#### Cálculo del Momento Torsor

El eje motriz sufre torsión debido a la polea y al rodillo que se encuentran acoplados, razón por la cual es importante determinar estos momentos para realizar el diseño del mismo.

## Polea Motriz



**Figura 6.39:** Tensiones de la Polea Motriz del Eje Motriz  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

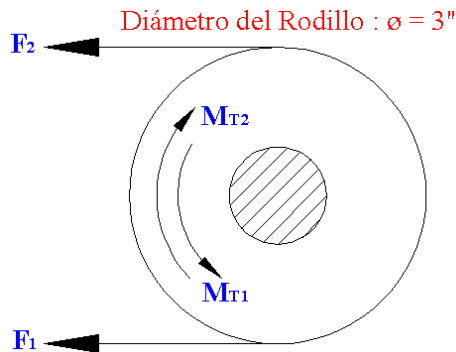
$$M_{T1} = T_1 * r = (39.6107 \text{ kg})(0.0635 \text{ m}) = 2.5153 \text{ kg.m}$$

$$M_{T2} = T_2 * r = (9.0544 \text{ kg})(0.0635 \text{ m}) = 0.5749 \text{ kg.m}$$

$$T_{POLEA} = 2.5153 \text{ kg.m} - 0.5749 \text{ kg.m}$$

$$T_{POLEA} = 1.9404 \text{ kg.m}$$

## Rodillo Motriz



**Figura 6.40:** Tensiones del Rodillo Motriz del Eje Motriz  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

$$M_{T1} = F_1 * r = (216.6566 \text{ kg})(0.0381 \text{ m}) = 8.2546 \text{ kg.m}$$

$$M_{T2} = F_2 * r = (52.529 \text{ kg})(0.0381 \text{ m}) = 2.0014 \text{ kg.m}$$

$$T_{RODILLO} = 8.2546 \text{ kg.m} - 2.0014 \text{ kg.m} = 6.2533 \text{ kg.m}$$

$$T = T_{POLEA} + T_{RODILLO}$$

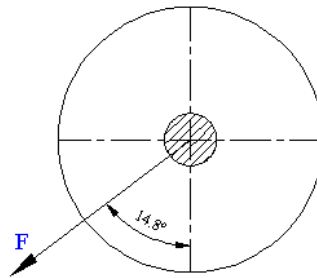
$$T = 1.9404 \text{ kg.m} + 6.2533 \text{ kg.m} = 8.1937 \text{ kg.m} = 80.2983 \text{ N.m}$$

$$T = 80.2983 \text{ N.m}$$

### Cálculo de las componentes

Para el diseño es importante en que plano y dirección se encuentran ubicados las tensiones de la banda. Cabe mencionar que la tensión total generada en la polea se encuentran formando un ángulo de  $14.8^\circ$  con el eje y como se ilustra en la figura 6.41.

Diámetro de la polea:  $\phi = 5''$



**Figura 6.41:** Tensión Total de la banda  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Al descomponer la tensión total de la banda obtenemos un triángulo rectángulo y las componentes se determinan aplicando las siguientes funciones trigonométricas.

$$F = 48.6651 \text{ kg}$$

$$\text{sen } 14.8^\circ = \frac{F_Z}{F}$$

$$F_Z = F * \text{sen } 14.8^\circ$$

$$F_Z = 12.4313 \text{ Kg}$$

$$\text{cos } 14.8^\circ = \frac{F_Y}{F}$$

$$F_Y = F * \text{cos } 14.8^\circ$$

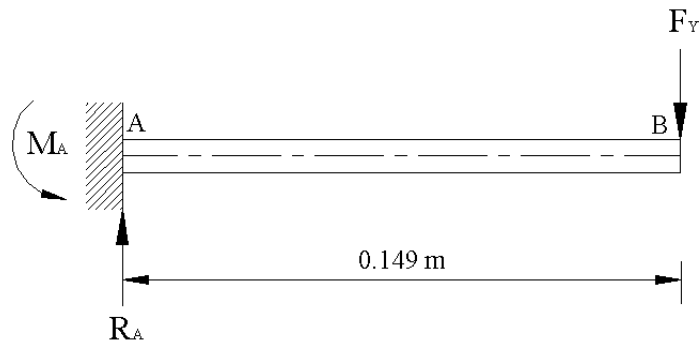
$$F_Y = 47.0506 \text{ Kg}$$

El diseño de este se lo analizara en dos secciones como se lo realizo en el diseño del eje rebobinador de desperdicio.

### Primera Sección

En esta sección uno de sus extremos se encuentra apoyado en una caja de rodamiento y el otro extremo se encuentra una carga debido a las tensiones generadas por la banda, por lo que, se analizará como una viga en voladizo

**Plano (x-y)**



**Figura 6.42:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Plano (x-y)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

**Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector**

$$\sum M_A = 0$$

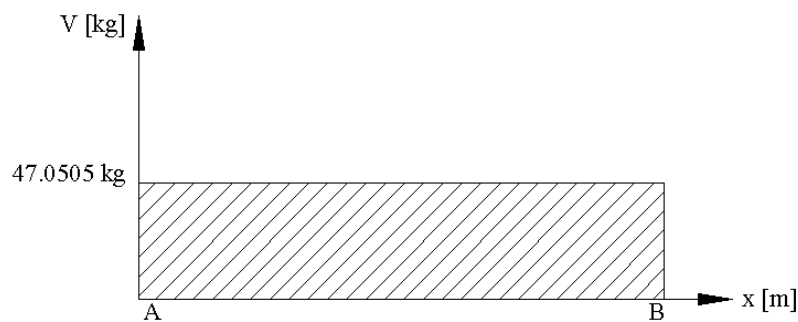
$$M_A - (47.0506 \text{ Kg})(0.149 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = 7.0105 \text{ kg.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - 47.0506 \text{ kg} = 0$$

$$R_A = 47.0506 \text{ kg}$$



**Figura 6.43:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Plano (x-y)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

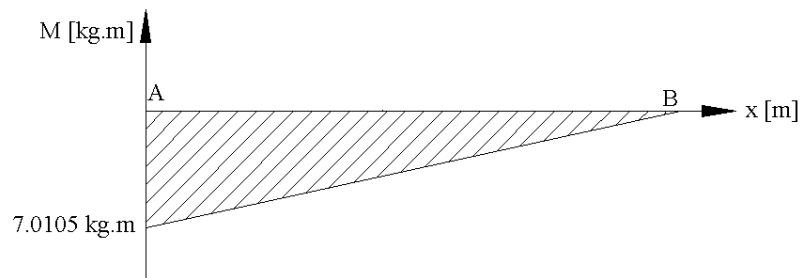


Aplicando el método de las áreas determinaremos los momentos.

$$A_1 = (47.0506)(0.149) = 7.0105$$

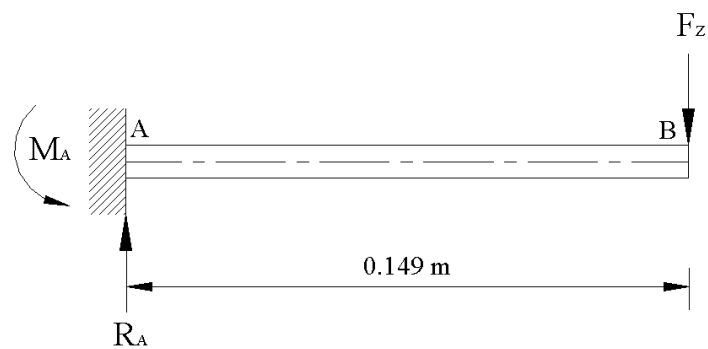
$$M_A = -7.0105 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -7.0105 \text{ kg.m} + 7.0105 = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.44:** Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Plano (x-y)  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

**Plano (x - z)**



**Figura 6.45:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Plano (x-z)  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

**Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector**

$$\sum M_A = 0$$

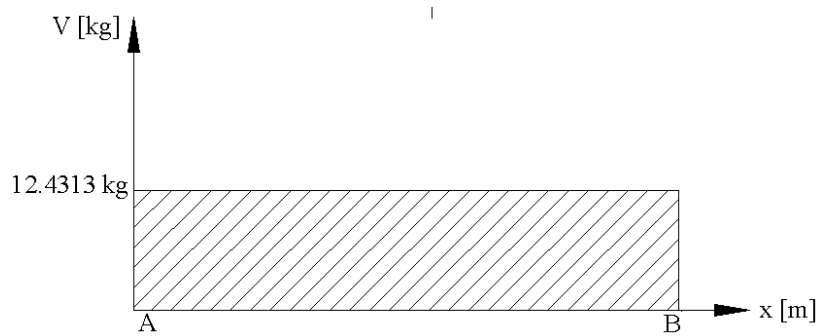
$$M_A - (12.4313 \text{ kg})(0.149 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = 1.8523 \text{ kg.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - 12.4313 \text{ kg} = 0$$

$$R_A = 12.4313 \text{ kg}$$



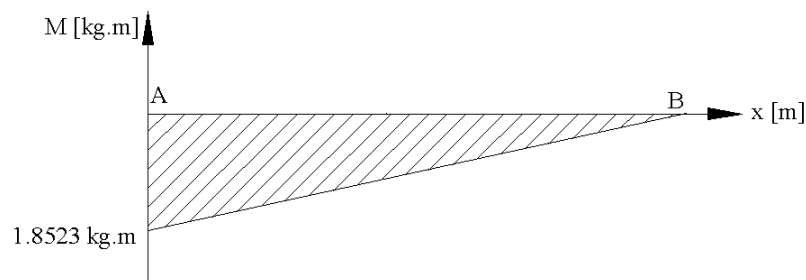
**Figura 6.46:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Plano (x-z)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Aplicando el método de las áreas determinaremos los momentos.

$$A_1 = (12.4313)(0.149) = 1.8523$$

$$M_A = -1.8523 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -1.8523 \text{ kg.m} + 1.8523 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.47:** Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Plano (x-z)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para determinar el momento máximo realizaremos la sumatoria de momentos en cada punto.

$$\vec{M}_A = 0\vec{i} - 7.0105\vec{j} - 1.8523\vec{k}$$

$$M_A = 7.2511 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{maximo}} = 71.0607 \text{ N.m}$$

### Diseño Estático

Para realizar el diseño consideraremos los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que el eje está sometido a esfuerzos por flexión y torsión

- Consideraremos un factor de seguridad de 2.2
- El eje es de sección circular en Acero AISI 1018 lamiado en caliente que es comercializable

Esfuerzo Máximo por Flexión

$$\sigma_x = \frac{(32)(71.0607 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{723.8183 \text{ N.m}}{d^3}$$

Esfuerzo Máximo por Torsión

$$\tau_{xy} = \frac{(16)(80.2983 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{408.9558 \text{ N.m}}{d^3}$$

Para determinar el diámetro del eje se utilizará la Teoría de Von Mises (Ecu. 2.22) que es la teoría más empleada para materiales dúctiles y recomendada para estos diseños, aplicando la ecuación se obtiene la siguiente expresión, debido a que no se conoce el diámetro del eje

$$\sigma' = \left[ \left( \frac{723.8183 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{408.9558 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \frac{1012.7425 \text{ N.m}}{d^3}$$

A partir de la ecuación 2.23 y reemplazo la ecuación del esfuerzo de Von Mises se obtiene la siguiente expresión que permite determinar el diámetro

$$\frac{1012.7425 \text{ N.m}}{d^3} = \frac{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{2.2}$$

$$d = \left[ \frac{(1012.7425 \text{ N.m})(2.2)}{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.02164 \text{ m} = 21.64 \text{ mm} \cong 22 \text{ mm}$$

## Diseño Dinámico

Para el diseño consideraremos los siguientes parámetros

- Material: Acero AISI 1018 Laminado en caliente que es comercializable
- Velocidad angular del eje:  $n = 80$  rpm
- Número de ciclos:  $N = 115200$  ciclos, trabajando 24 horas continuas
- Consideramos un factor de seguridad:  $n = 2.8$
- Suponemos:  $K_a K_b K_c K_d K_e K_f \cong 0.3$ ; Porque no se conoce el diámetro del eje

## Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Resistencia a la Tensión:  $S_{ut} = 400$  MPa Para un AISI laminado en caliente,

Leído Anexo A10

$$S'_e = 200 \text{ MPa}$$

## Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina

$$S_e = (0.3)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 60 \text{ MPa}$$

## Cálculo de Resistencia a la Fatiga

$$a = 2160 \text{ MPa}$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 105.0783 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a fatiga se determina a partir de la ecuación 6.9

$$d = \left[ \frac{(32)(2.2)(71.0607 \text{ N.m})}{(105.0783 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \pi} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.02474 \text{ m} = 24.74 \text{ mm} \cong 25 \text{ mm}$$

## Refinamiento del Cálculo con $d = 25$ mm

Para realizar el cálculo de todos los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga utilizaremos el diámetro calculado anteriormente

#### **Factor de Modificación de la Condición Superficial**

$a = 4.51$ ; Leído Anexo A11

$b = -0.265$ ; Leído Anexo A11

$$K_a = 0.9217$$

#### **Factor de Modificación del Tamaño**

$$K_b = 0.8806$$

#### **Factor de Modificación de la Carga**

$K_c = 0.85$ , Leído Anexo A12

#### **Factor de Modificación de la Temperatura**

$K_d = 1$ ; Leído Anexo A13

#### **Factor de Confiabilidad**

$K_e = 0.897$ ; Leído Anexo A14

#### **Factor de Modificación de Efectos Varios**

Como el eje es de sección uniforme  $K_f = 1$

#### **Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina**

$$S_e = (0.9217)(0.8806)(0.85)(1)(0.897)(1)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 123.7684 \text{ MPa}$$

#### **Resistencia a la Fatiga**

$a = 1047.1170 \text{ MPa}$

$b = -0.1546$

$$S_f = 172.7805 \text{ MPa}$$

### Factor de Seguridad

$$n = \frac{172.7805 \text{ MPa}}{46.3244 \text{ MPa}}$$

$$n = 3.7$$

Para evaluar la condición del material seleccionado se utilizará la teoría de falla por fatiga como es el Criterio de Goodman Modificado (Ecu. 2.34), debido a que es una teoría comúnmente utilizada por los diseñadores conservadores.<sup>46</sup>

$$\text{Esfuerzo Alternante: } \sigma_a = 46.3244 \text{ MPa}$$

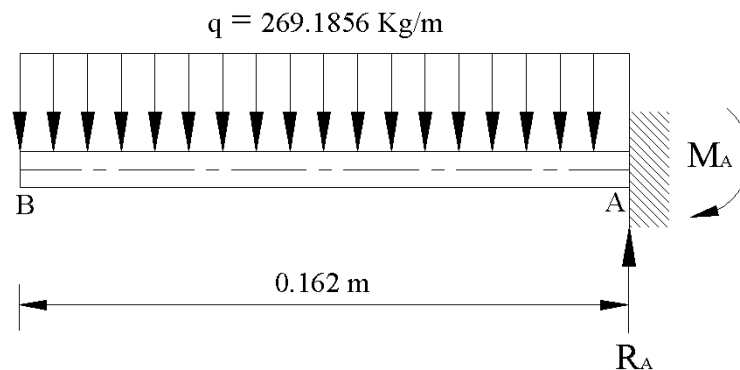
$$\text{Esfuerzo Medio: } \sigma_m = 45.3333 \text{ MPa}$$

De la ecuación 2.34 se obtiene un factor de seguridad de:

$$n_f = 2.21$$

### Segunda Sección

En esta sección uno de sus extremos se encuentra apoyado en una caja de rodamiento y el otro extremo se encuentra una carga distribuida debido a las tensiones generadas por la banda plana, por lo que, se analizará como una viga en voladizo



**Figura 6.48:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Sistema Giro de Envases  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

<sup>46</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica de Shirley. 8va. Edición. Capítulo 5. Fallas por fatiga Pág. 298

## Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

$$-M_A + (269.1856 \text{ kg})(0.162 \text{ m})(0.081 \text{ m}) = 0$$

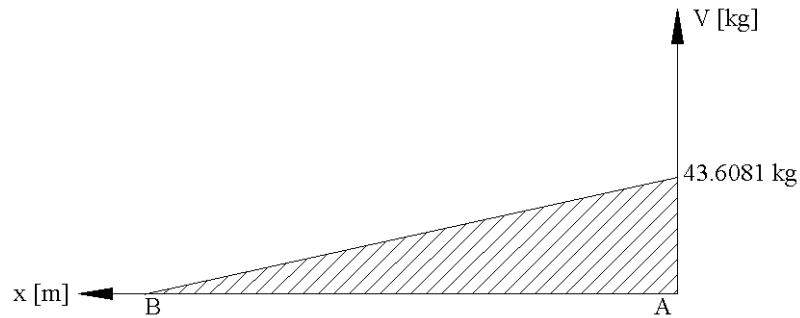
$$M_A = 3.5323 \text{ kg.m}$$

$$M_A = 34.6161 \text{ N.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - (269.1856 \text{ kg/m})(0.162 \text{ m}) = 0$$

$$R_A = 43.6081 \text{ kg}$$



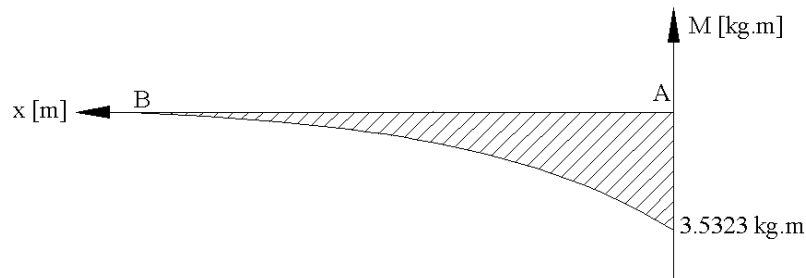
**Figura 6.49:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Sistema Giro de Envases  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Aplicando el método de las áreas determinaremos los momentos.

$$A_1 = \frac{(0.162)(43.6081)}{2} = 3.5323$$

$$M_A = -3.5323 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -3.5323 \text{ kg.m} + 3.5323 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.50:** Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Sistema Giro de Envases  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

$$M_{maximo} = 34.6161 \text{ N.m}$$

### Diseño Estático

Para realizar el diseño consideraremos los mismos parámetros establecidos en la primera sección.

Esfuerzo Máximo por Flexión

$$\sigma_x = \frac{(32)(34.6161 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{352.5967 \text{ N.m}}{d^3}$$

Esfuerzo Máximo por Torsión

$$\tau_{xy} = \frac{(16)(80.2983 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{408.9558 \text{ N.m}}{d^3}$$

Para determinar el diámetro del eje se utilizará la Teoría de Von Mises (Ecu. 2.22) que es la teoría más empleada para materiales dúctiles y recomendada para estos diseños, aplicando la ecuación se obtiene la siguiente expresión, debido a que no se conoce el diámetro del eje

$$\sigma' = \left[ \left( \frac{352.5967 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{408.9558 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \frac{791.2388 \text{ N.m}}{d^3}$$

Empleando la ecuación 2.23 y reemplazo el esfuerzo de Von Mises se obtiene la siguiente expresión que permite determinar el diámetro

$$d = \left[ \frac{(791.2388 \text{ N.m})(2.2)}{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01993 \text{ m} = 19.93 \text{ mm} \cong 20 \text{ mm}$$

### Diseño Dinámico



Para el diseño por fatiga también consideraremos los mismos parámetros establecidos en la primera sección.

### **Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria**

Resistencia a la Tensión:  $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$  Para un AISI 1018 Laminado en caliente, Leído Anexo A10

$$S'_e = 200 \text{ MPa}$$

### **Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina en la geometría y condición de uso.**

$$S_e = (0.3)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 60 \text{ MPa}$$

### **Resistencia a la Fatiga**

$$a = 2160 \text{ MPa}$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 105.0783 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a fatiga se determina a partir de la ecuación 6.9

$$d = \left[ \frac{(32)(2.2)(34.6161 \text{ N.m})}{(105.0783 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \pi} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01947 \text{ m} = 19.47 \text{ mm} \cong 20 \text{ mm}$$

### **Refinamiento del Cálculo con $d = 20 \text{ mm}$**

Para realizar el cálculo de todos los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga utilizaremos el diámetro calculado anteriormente

### **Factor de Modificación de la Condición Superficial**

$$a = 4.51; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$b = -0.265; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$K_a = 0.9217$$

**Factor de Modificación del Tamaño**

$$K_b = 0.9019$$

**Factor de Modificación de la Carga**

$$K_c = 0.85, \text{ Leído Anexo A12}$$

**Factor de Modificación de la Temperatura**

$$K_d = 1; \text{ Leído Anexo A13}$$

**Factor de Confiabilidad**

$$K_e = 0.897; \text{ Leído Anexo A14}$$

**Factor de Modificación de Efectos Varios**

Como el eje es de sección uniforme  $K_f = 1$

**Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina**

$$S_e = (0.9217)(0.9019)(0.85)(1)(0.897)(1)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 126.7621 \text{ MPa}$$

**Resistencia a la Fatiga**

$$a = 1022.3876 \text{ MPa}$$

$$b = -0.1511$$

$$S_f = 175.7236 \text{ MPa}$$

**Factor de Seguridad**

$$n = \frac{175.7236 \text{ MPa}}{44.0746 \text{ MPa}}$$

$$n = 3.9$$

Para evaluar la condición del material seleccionado se utilizará la teoría de falla por fatiga como es el Criterio de Goodman Modificado (Ecu. 2.34), debido a que es una teoría comúnmente utilizada por los diseñadores conservadores.<sup>47</sup>

Esfuerzo Alterno:  $\sigma_a = 44.0746 \text{ MPa}$

Esfuerzo Medio:  $\sigma_m = 88.5416 \text{ MPa}$

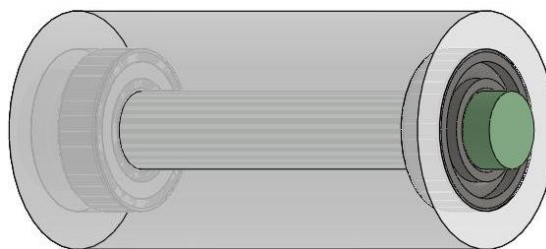
De la ecuación 2.34 se obtiene un factor de seguridad de:

$$n_f = 1.8$$

Luego de haber obtenido los diámetros por diseño estático y dinámico en cada una de las secciones, designaremos un diámetro de 25 mm para toda la longitud del eje.

### **Eje Fijo**

El diseño de este eje se la analizará como una viga en voladizo porque uno de sus extremos se encuentra apoyado a la placa base de la etiquetadora, además es importante considerar para el diseño se seleccionará un Acero AISI 1018 por ser comercializable en nuestro medio, debido a que el eje soporta solo cargas por flexión y no por torsión.

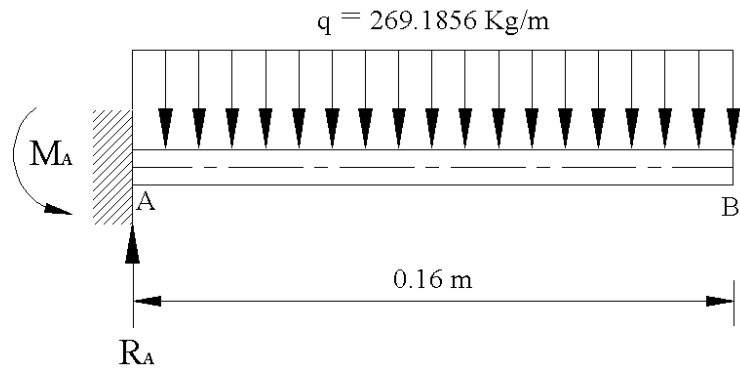


*Figura 6.51: Eje Fijo Sistema Giro de Envases  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

Esta carga por flexión es una carga distribuida generada por las tensiones producidas por la banda plana

---

<sup>47</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica de Shirley. 8va. Edición. Capítulo 5. Fallas por fatiga Pág. 298



**Figura 6.52:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Fijo Sistema Giro de Envases  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

$$- M_A + (269.1856 \text{ kg})(0.162 \text{ m})(0.08 \text{ m}) = 0$$

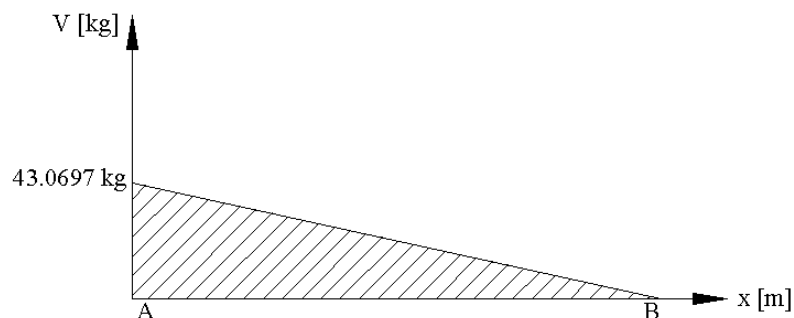
$$M_A = 3.4456 \text{ kg.m}$$

$$M_A = 33.7666 \text{ N.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - (269.1856 \text{ kg/m})(0.16 \text{ m}) = 0$$

$$R_A = 43.0697 \text{ kg}$$



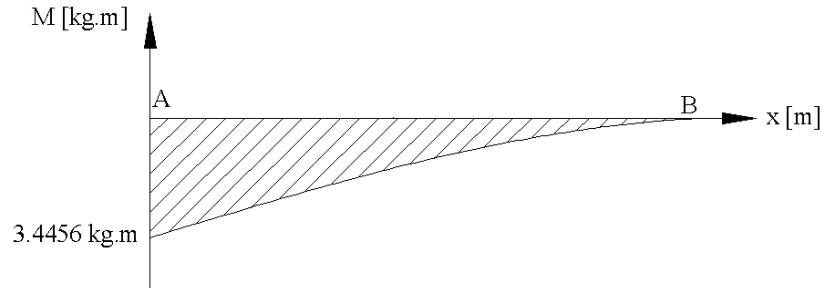
**Figura 6.53:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Fijo Sistema Giro de Envases  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Aplicando el método de las áreas determinaremos los momentos.

$$A_1 = \frac{(0.16)(43.0697)}{2} = 3.4456$$

$$M_A = -3.4456 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -3.4456 \text{ kg.m} + 3.4456 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.54:** Diagrama de Momento Flector del Eje Fijo Sistema Giro de Envases  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$M_{\text{maximo}} = 33.7666 \text{ N.m}$$

$$\sigma_x = \frac{(32)(33.7666 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{343.9438 \text{ N.m}}{d^3}$$

El diámetro del eje por diseño estático se determina a partir de la ecuación 2.13

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

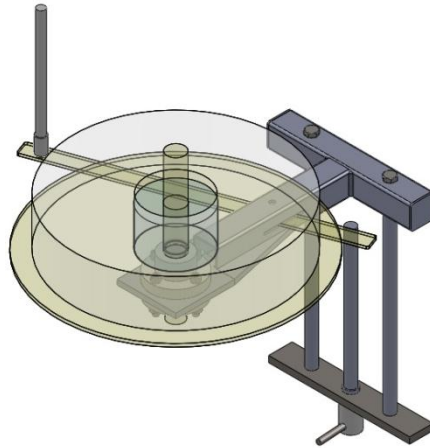
$$d = \left[ \frac{(343.9438 \text{ N.m})(2.2)}{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01509 \text{ m} = 15.09 \text{ mm} \cong 15.5 \text{ mm}$$

Para determinar un diámetro que sea comercializable en nuestro medio se debe tener en cuenta que este eje se encuentra acoplados rodamientos. Razón por la cual seleccionaremos un eje de 1 pulgada.

### 6.6.13 DISEÑO DEL SISTEMA ELEVADOR

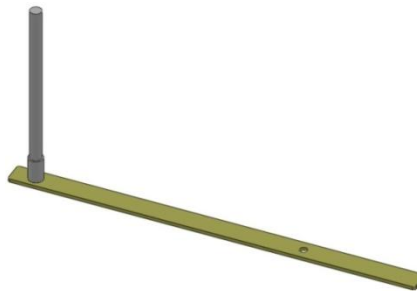
Tiene la función de ubicar el rollo de etiquetas a una determinada altura dependiendo del modelo de envase a etiquetar.



**Figura 6.55:** Sistema Elevador  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

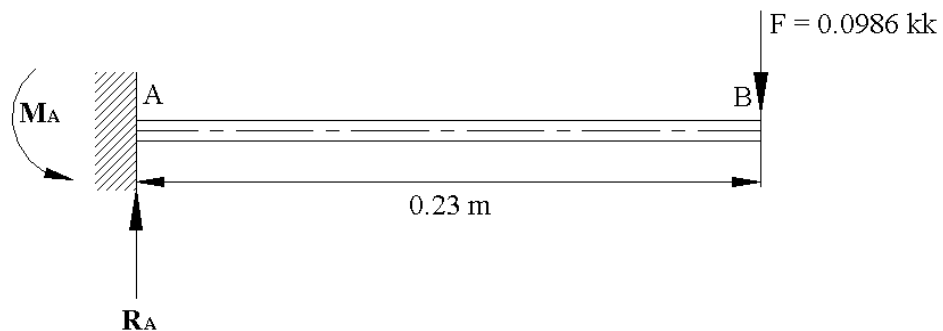
### 6.6.13.1 Brazo Halador de Etiquetas

El brazo halador se analizara como una viga en voladizo con una carga en el extremo debido al peso del rodillo como se ilustra en la figura 6.56



**Figura 6.56:** Brazo Halador de Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para el diseño del brazo utilizaremos una platina en acero ASTM A-36 de 19X3 (mm) que es comercializable (Anexo A15)



**Figura 6.57:** Diagrama de Cuerpo Libre del Brazo Halador de Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

## Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A + (0.0986 \text{ kg})(0.23) = 0$$

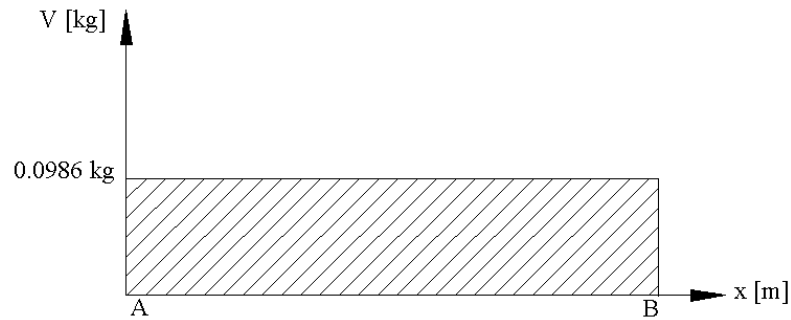
$$M_A = 0.0226 \text{ kg.m}$$

$$M_A = 0.2223 \text{ N.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - 0.0986 \text{ kg} = 0$$

$$R_A = 0.0986 \text{ kg}$$



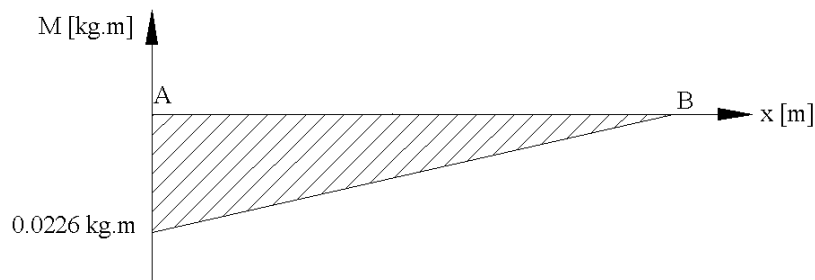
**Figura 6.58:** Diagrama de Fuerza Cortante del Brazo Alador de Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Aplicando el método de las áreas determinaremos los momentos.

$$A_1 = (0.0986)(0.23) = 0.0226$$

$$M_A = -0.0226 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -0.0226 \text{ kg.m} + 0.0226 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.59:** Diagrama de Momento Flector del Brazo Alador de Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$M_{maximo} = 0.2223 \text{ N.m}$$

El esfuerzo máximo por flexión se determina a partir de la ecuación 2.3

$$\sigma = \frac{(6)(0.2223 \text{ N.m})}{(0.019 \text{ m}(0.003 \text{ m})^2)}$$

$$\sigma = 7.8 \text{ MPa}$$

### Factor de Seguridad

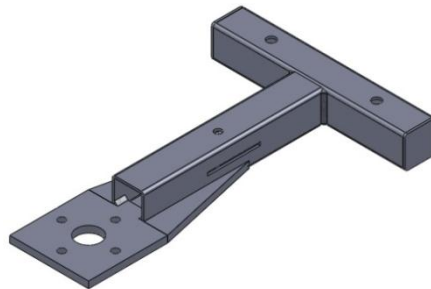
$$n = \frac{248.04 \text{ MPa}}{7.8 \text{ MPa}}$$

$$n = 31.8$$

El factor de seguridad calculado nos indica que el material seleccionado es el correcto para realizar la construcción del brazo halador

### 6.6.13.2 Brazo Soporte de Etiquetas

Es el encargado de soportar el sistema desbobinador de etiquetas y la caja de rodamientos. Por lo que, para realizar el diseño de este brazo se debe considerar el peso de cada uno de estos elementos que se encuentran acoplados en un extremo del brazo como se muestra en la figura 6.60



**Figura 6.60:** Brazo Soporte de Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para determinar la carga que soportar el brazo se sumaran todos los elementos que se encuentran acoplados

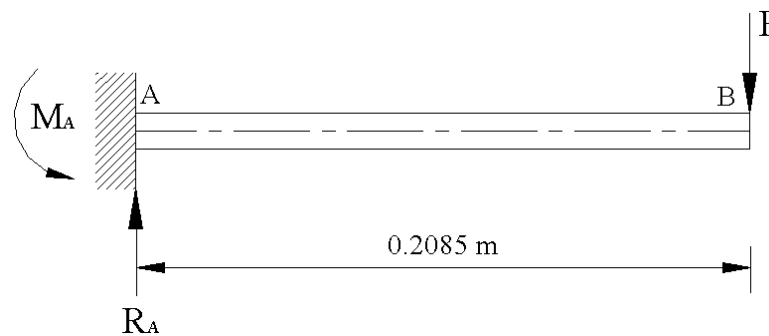


**Tabla 6.1:** Pesos de los Elementos Acoplados  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Tipo de Carga	Peso (Kg)
Eje Desbobinador de Etiquetas	0,5281
Plato Soporte del Rollo de Etiquetas	0,3374
Porta Etiquetas	0,2383
Rollo de Etiquetas	6,47
Caja de Rodamiento	0,6026
Placa Base de la caja de rodamientos	0,3926
	8,569

La carga que soporta el brazo es de 8.569 Kg.

Como el brazo se encuentra sujeto, se considera una viga en voladizo con una carga en el extremo como se muestra en la figura 6.61.



**Figura 6.61:** Diagrama de Cuerpo Libre del Brazo Soporte de Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - (8.569 \text{ kg})(0.2085 \text{ m}) = 0$$

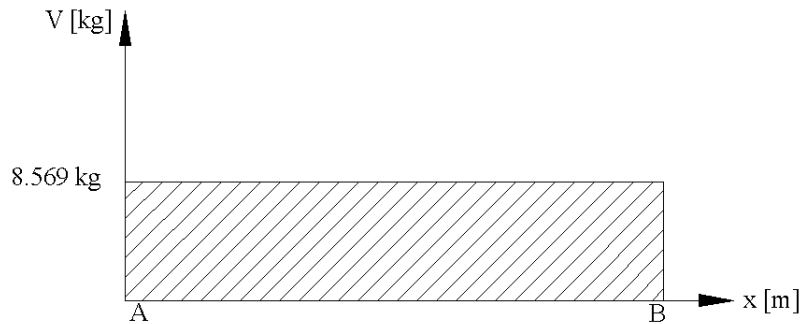
$$M_A = 1.7866 \text{ kg.m}$$

$$M_A = 17.509 \text{ N.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - 8.569 \text{ kg} = 0$$

$$R_A = 8.569 \text{ kg}$$



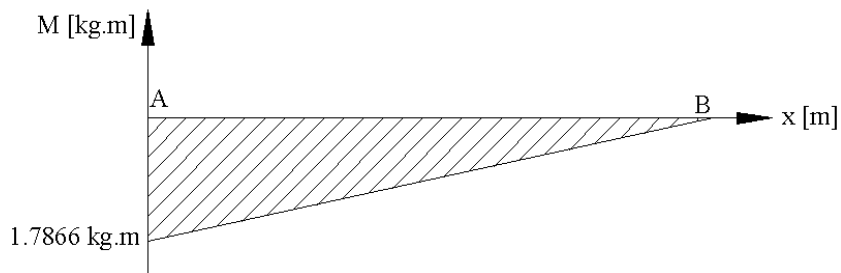
**Figura 6.62:** Diagrama de Fuerza Cortante del Brazo Soporte de Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Aplicando el método de las áreas determinaremos los momentos.

$$A_1 = (8.569)(0.2085) = 1.7866$$

$$M_A = - 1.7866 \text{ kg.m}$$

$$M_B = - 1.7866 \text{ kg.m} + 1.7866 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.63:** Diagrama de Momento Flector del Brazo Soporte de Etiquetas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$M_{\text{maximo}} = 17.509 \text{ N.m}$$

### Cálculo de Inercia

Para determinar la inercia seleccionaremos un tubo estructural cuadrado de 30 x 2 (Anexo A16) y se calcula a partir de la ecuación 6.11:

$$I = \frac{(B^4 - (B - 2e)^4)}{12} \quad \text{Ec. (6.11)}$$

$$I = \frac{(0.03 \text{ m})^4 - (0.03 - ((2 * 0.002 \text{ m})^4))}{12}$$

$$I = 2.9419 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

El esfuerzo máximo por flexión se determina a partir de la ecuación 2.3; considerando que la sección es cuadrado.

$$\sigma = \frac{17.509 \text{ N.m}}{2.9419 \times 10^{-8} \text{ m}^4 / 0.015 \text{ m}} = 8.9273 \text{ MPa}$$

### Factor de Seguridad

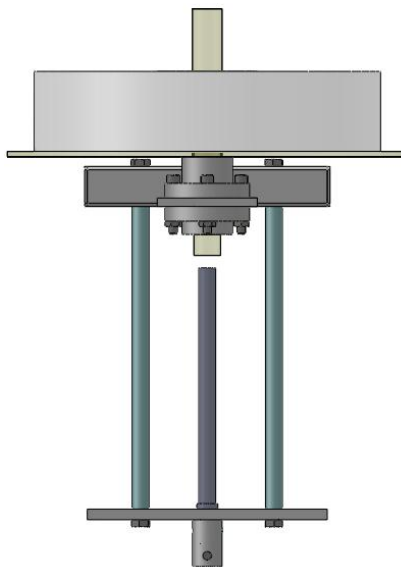
$$n = \frac{248.09 \text{ MPa}}{8.9273 \text{ MPa}}$$

$$n = 27.8$$

Con el tubo estructural cuadrado de 30x30x2(mm.) seleccionado se obtuvo un factor de seguridad satisfactorio, el cual nos dice que el material seleccionado no va a fallar por flexión.

### 6.6.13.3 Tornillo Elevador

Tiene la función de subir o bajar el sistema desbobinador de etiquetas dependiendo del tipo de envase que se va a etiquetar. Esta barra roscada se lo analizará como un tornillo de potencia



**Figura 6.64:** Tornillo Elevador  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para determinar la carga que soporta el tornillo al subir y bajar, se debe considerar los siguientes pesos que se presentan en la tabla 6.2

**Tabla 6.2: Pesos que soporta el tornillo elevador**  
**Fuente: Investigador (Criollo Fabián)**

<b>Tipo de Carga</b>	<b>Peso (Kg)</b>
Sistema Desbobinador de Etiquetas	4.3878
Brazo Halador de Etiquetas	0.253
Brazo Soporte de Etiquetas	0.9954
Guías	0.4779
Base Soporte Regulador	0.3271
	6.4412

La carga que soporta el tornillo es de 6.4412 Kg.

Para el análisis partiremos de los siguientes datos:

- Carga:  $F = 6.4412 \text{ kg}$
- Eje Roscado en acero AISI 1018:  $d = \frac{1}{2} \text{ pulg.} = 12.7 \text{ mm}$
- Paso:  $p = 1.75 \text{ mm}$
- Número de hilos por pulgada:  $N = 13$
- Coeficiente de rozamiento:  $f = 0.08$

#### **Cálculo del diámetro medio**

$$d_m = d - p/2 \quad \text{Ec. (6.12)}$$

$$d_m = 12.7 - 1.75/2$$

$$d_m = 11.825 \text{ mm}$$

#### **Cálculo del diámetro menor**

$$d_m = d - p \quad \text{Ec. (6.13)}$$

$$d_m = 12.7 \text{ mm} - 1.75 \text{ mm}$$

$$d_m = 10.95 \text{ mm}$$

#### **Cálculo del avance**

Como es una rosca simple el avance es igual al paso

$$l = 1.75 \text{ mm}$$

### **Cálculo del par de torsión para elevar la carga**

Se determina a partir de la ecuación 2.37 y 2.42 por el collarín.

$$T_R = 8.9496 \text{ kg. mm}$$

### **Cálculo del par de torsión para bajar la carga**

Se determina a partir de la ecuación 2.38 y 2.42 por el collarín.

$$T_L = 5.3381 \text{ kg. mm}$$

### **Cálculo de la Eficiencia del Tornillo**

De la ecuación 2.39

$$e = \frac{(6.4412)(1.75)}{2\pi(8.9496)} = 0.20 = 20 \%$$

### **Cálculo de los esfuerzos de torsión y compresión en el tornillo**

#### **Esfuerzos por torsión**

El esfuerzo por torsión generado en el tornillo se calcula con la ecuación 2.40

$$\tau = 0.03544 \text{ kg/mm}^2$$

#### **Esfuerzos por compresión**

El esfuerzo por torsión generado en el tornillo se calcula con la ecuación 2.41

$$\sigma = 0.0684 \text{ kg/mm}^2$$

Aplicando la Teoría de Von Mises que es la ecuación 2.22 que es la teoría más empleada para materiales dúctiles y recomendada para estos diseños se evaluará la condición del tornillo

$$\sigma' = 0.9006 \text{ MPa}$$

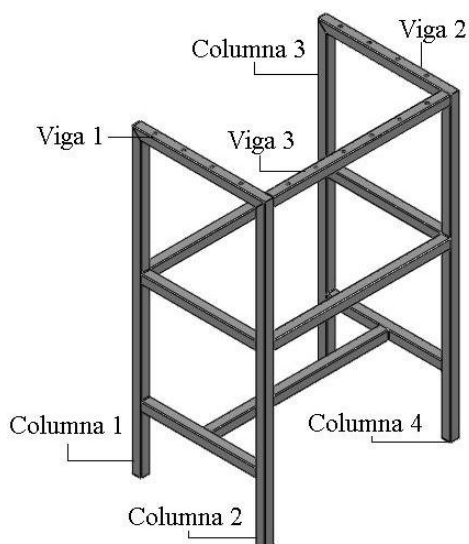
#### **Factor de Seguridad**

$$n = \frac{220 \text{ MPa}}{0.9006 \text{ MPa}}$$

$$n = 244.2815$$

### 6.6.14 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

El cálculo de la estructura de la máquina consiste en seleccionar perfiles o tubos estructurales adecuados, para albergar todos equipos con los que debe contar la etiquetadora para su correcto funcionamiento



*Figura 6.65: Estructura de la Máquina Etiquetadora*  
*Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

#### Cálculo de cargas

Para seleccionar los tubos estructurales adecuados tanto para las vigas como para las columnas de la máquina etiquetadora, determinaremos el valor total de la carga que soporta la estructura.

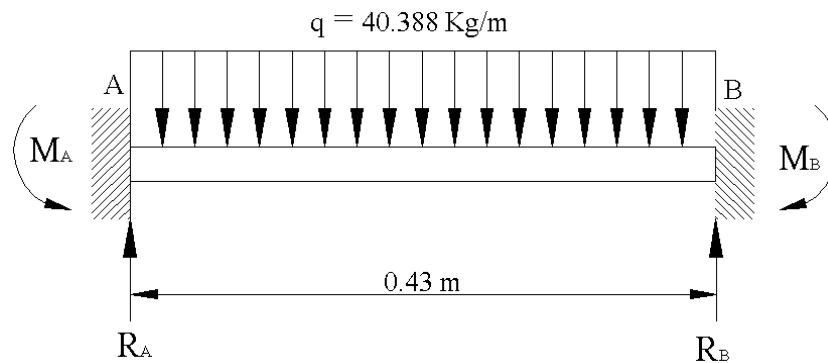
*Tabla 6.3: Carga Total*  
*Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

Descripción	Peso (kg)
Placa Base Dispensador	14.17
Separador Etiquetas	0.42
Sistema giro de Envases	5.47
Sistema Rebobinador	3.09
Sistema Elevador	6.6
Rodillos Guías	1.38
Cubiertas	13.32
Motores	7.4
Poleas Motores	0.24
<b>Peso Total (kg)</b>	<b>52.1</b>

Para seleccionar el perfil adecuado para cada viga, el peso total dividiremos para 3, debido a que son tres las vigas que soportan el peso total. Por lo que, cada viga soporta un peso de: 17.367 kg.

### Cálculo de la Vigas

Según la geometría de la estructura ilustrada en la figura 6.65, la viga 1 y 2 son de las mismas dimensiones y soportan el mismo peso; para seleccionar el perfil estructural adecuado se realizará un solo cálculo para las vigas mencionadas. Estas dos vigas se analizarán como una viga con apoyos fijos en sus dos extremos, soportando una carga distribuida de 40.388 kg/m como se muestra en la figura 6.66.



**Figura 6.66:** Diagrama de Cuerpo Libre de las Vigas 1 y 2  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$R_A = R_B = \frac{ql}{2} = \frac{(40.388 \text{ kg/m})(0.43 \text{ m})}{2} = 8.6834 \text{ kg}$$

$$M_A = M_B = \frac{ql^2}{12} = \frac{(40.388 \text{ kg/m})(0.43 \text{ m})^2}{12} = 0.6223 \text{ kg.m}$$

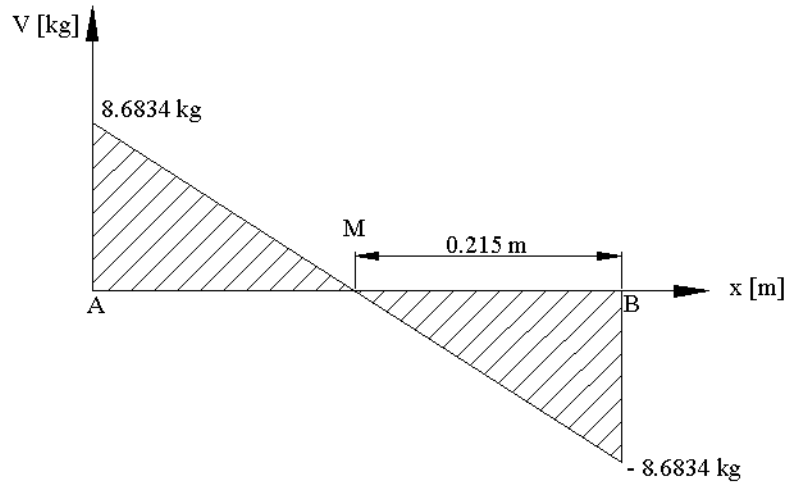
Para graficar el diagrama de momento flector utilizaremos el método de las áreas.

$$A_1 = A_2 = \frac{(8.6834 \text{ kg})(0.215 \text{ m})}{2} = 0.9334 \text{ kg.m}$$

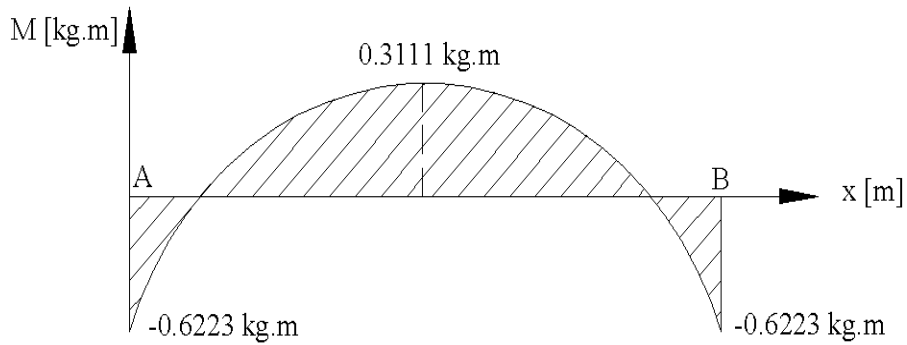
$$M_A = -0.6223 \text{ kg.m}$$

$$M_M = -0.6223 \text{ kg.m} + 0.9334 \text{ kg.m} = 0.3111 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 0.3111 \text{ kg.m} - 0.9334 \text{ kg.m} = -0.6223 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.67:** Diagrama de Fuerza Cortante de las Vigas 1 y 2  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)



**Figura 6.68:** Diagrama de Momento Flector de las Vigas 1 y 2  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$M_{Maximo} = 0.3111 \text{ kg.m} = 3.0488 \text{ N.m}$$

### Cálculo del Esfuerzo Permisible

$$F_b = 0.6F_y \tag{Ec. (6.14)}$$

$$F_b = (0.6)(36 \text{ Kpsi})$$

$$F_b = 21.6 \text{ Kpsi}$$

$$F_b = 148.824 \text{ MPa}$$

### Cálculo del Módulo de Sección



$$S_{req} = \frac{M_{Máximo}}{F_b} \quad Ec. (6.15)$$

$$S_{req} = \frac{3.0488 \text{ N.m}}{148.824 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 2.0486 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 0.0205 \text{ cm}^3$$

Con el módulo de sección calculado seleccionaremos un tubo estructural según el Anexo A16

Seleccionaremos un tubo Estructural cuadrado de las siguientes dimensiones:

$$L = 30 \text{ mm} \quad P_{1m} = 1.78 \text{ Kg/m}$$

$$e = 2 \text{ mm} \quad S = 1.81 \text{ cm}^3$$

Comprobación:

Se lo realiza considerando el peso de la viga.

$$q = 0.7654 \text{ kg/m} + 40.388 \text{ kg/m} = 41.1534 \text{ kg/m}$$

$$R_A = R_B = \frac{(41.1534 \text{ kg/m})(0.43 \text{ m})}{2} = 8.8479 \text{ kg}$$

$$M_A = M_B = \frac{(41.1534 \text{ kg/m})(0.43 \text{ m})^2}{12} = 0.6341 \text{ kg.m}$$

$$M_{Maximo} = 0.317 \text{ kg.m} = 3.1066 \text{ N.m}$$

$$S_{req} = \frac{3.1066 \text{ N.m}}{148.824 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 2.187 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 0.02187 \text{ cm}^3$$

$$0.0205 \text{ cm}^3 < 0.02187 \text{ cm}^3 \quad OK.$$

**Factor de Seguridad**

$$n = \frac{S_y}{F_b} = \frac{248.57 \text{ MPa}}{148.824 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.7$$

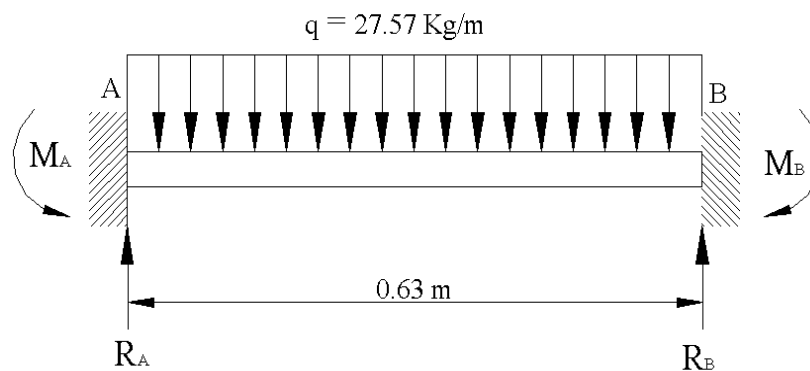
Seleccionaremos un tubo estructural cuadrado de 30 mm x 2 mm

Dentro de la geometría de la estructura mostrada en la figura 6.65 tenemos una tercera viga que se analizará como una viga con apoyos fijos en sus extremos, soportando una carga distribuida como se muestra en la figura 6.69.

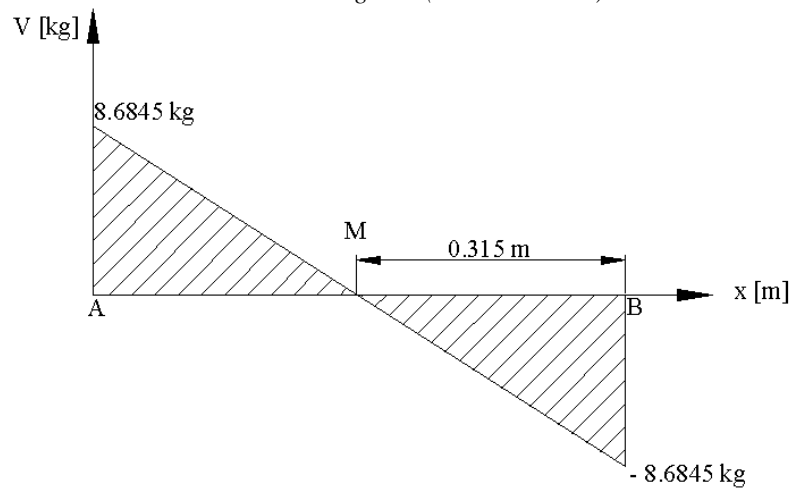
### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$R_A = R_B = \frac{ql}{2} = \frac{(27.57 \text{ kg/m})(0.63 \text{ m})}{2} = 8.6845 \text{ kg}$$

$$M_A = M_B = \frac{ql^2}{12} = \frac{(27.57 \text{ kg/m})(0.63 \text{ m})^2}{12} = 0.9118 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.69:** Diagrama de Fuerza Cortante de la Viga 3  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)



**Figura 6.70:** Diagrama de Fuerza Cortante de la Viga 3  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

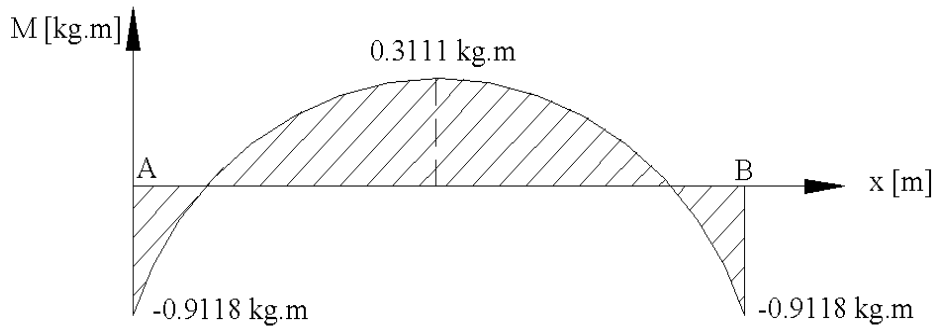
Para graficar el diagrama de momento flector utilizaremos el método de las áreas.

$$A_1 = A_2 = \frac{(8.6845 \text{ kg})(0.315 \text{ m})}{2} = 1.3678 \text{ kg.m}$$

$$M_A = -0.9118 \text{ kg.m}$$

$$M_M = -0.9118 \text{ kg.m} + 1.3678 \text{ kg.m} = 0.456 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 0.456 \text{ kg.m} - 1.3678 \text{ kg.m} = -0.9118 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.71:** Diagrama de Momento Flector de la Viga 3  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$M_{Maximo} = 0.456 \text{ kg.m} = 4.4688 \text{ N.m}$$

### Cálculo del Esfuerzo Permisible

$$F_b = 0.6F_y$$

$$F_b = (0.6)(36 \text{ Kpsi})$$

$$F_b = 21.6 \text{ Kpsi}$$

$$F_b = 148.824 \text{ MPa}$$

### Cálculo del Módulo de Sección

$$S_{req} = \frac{M_{Maximo}}{F_b}$$

$$S_{req} = \frac{4.4688 \text{ N.m}}{148.824 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 3.0027 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 0.03 \text{ cm}^3$$

Con el módulo de sección seleccionaremos un tubo cuadrado del Anexo A16  
 Seleccionaremos un tubo Estructural cuadrado de las siguientes dimensiones:

$$L = 30 \text{ mm} \quad P_{1m} = 1.78 \text{ Kg/m}$$

$$e = 2 \text{ mm} \quad S = 1.81 \text{ cm}^3$$

Comprobación:

Se lo realiza considerando el peso de la viga.

$$q = 1.1214 \text{ kg/m} + 27.57 \text{ kg/m} = 28.69 \text{ kg/m}$$

$$R_A = R_B = \frac{(28.69 \text{ kg/m})(0.63 \text{ m})}{2} = 9.038 \text{ kg}$$

$$M_A = M_B = \frac{(28.69 \text{ kg/m})(0.63 \text{ m})^2}{12} = 0.9489 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{Maximo}} = 0.4746 \text{ kg.m} = 4.651 \text{ N.m}$$

$$S_{\text{req}} = \frac{4.651 \text{ N.m}}{148.824 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 3.125 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 0.0313 \text{ cm}^3$$

$$0.03 \text{ cm}^3 < 0.0313 \text{ cm}^3 \quad \text{OK.}$$

Seleccionaremos un tubo estructural cuadrado de 30 mm x 2 mm

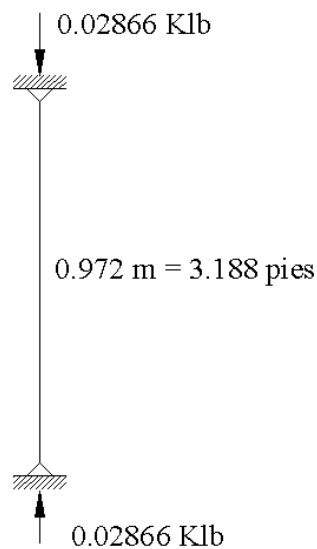
### Factor de Seguridad

$$n = \frac{S_y}{F_b} = \frac{248.57 \text{ MPa}}{148.824 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.7$$

### Cálculo de Columnas

En la figura 6.65, existen cuatro columnas que soportan una carga total de 52.1 kg, por lo que, para seleccionar el perfil adecuado para cada columna, determinaremos la carga que soporta cada una de ellas dividiendo la carga total para el número de columnas. El peso que soporta cada columna es de 13.025 kg.



**Figura 6.72:** Diagrama de Cuerpo Libre de las Columnas 1, 2, 3, 4  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Asumo una relación de esbeltez de:

$$\frac{kl}{r} = 50$$

$F_a = 18.35 \text{ Klb/pulg}^2$ ; Leído en función de la relación de esbeltez Anexo A17

$$P = F_a A \quad \text{Ec. (6.16)}$$

$$A = \frac{0.02866 \text{ Klb}}{18.35 \text{ Klb/pulg}^2} = 1.5619 \times 10^{-3} \text{ pulg}^2$$

Con el área calculada voy al Anexo A16 y selecciono el tubo estructural

Selecciono: Tubo Estructural Cuadrado: 30 mm x 2 mm ( $A = 2.14 \text{ cm}^2 = 0.3317 \text{ pulg}^2$ ,  $I = 2.71 \text{ cm}^4$ )

El radio de giro se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ec. (6.17)}$$

$$r = \sqrt{\frac{2.71 \text{ cm}^4}{2.14 \text{ cm}^2}} = 1.1253 \text{ cm} = 0.4430 \text{ pulg.}$$

Comprobación

$$\frac{kl}{r} = \frac{(1)(3.188)(12)}{0.4430 \text{ pulg.}} = 86.3566$$

$F_a = 14.631 \text{ Klb/pulg}^2$ ; Leído ANEXO 17

$$P = (14.631 \text{ Klb/pulg}^2)(0.3317 \text{ pulg}^2) = 4.931 \text{ Klb}$$

$4.391 \text{ Klb} > 0.02866 \text{ Klb OK.}$

**Factor de Seguridad**

$$n = \frac{S_y}{F_a} = \frac{248.57 \text{ MPa}}{100.801 \text{ MPa}}$$

$$n = 2.5$$

Luego de los resultados obtenidos seleccionaremos un tubo estructural cuadrado de 1 ¼ x 2 (30 mm x 2 mm) para las columnas de esta estructura, debido a que son de la misma dimensión y soportan las mismas cargas

### 6.6.15 DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Es el encargado de llevar los envases hacia la máquina etiquetadora para la colocación de las mismas. Es por eso que en esta parte nos enfocaremos en el diseño del sistema de transporte que se sujete las condiciones y necesidades para la máquina de etiquetado.

#### Parámetros de Diseño

Para determinar los parámetros de diseño se tomará en cuenta los siguientes puntos:

#### Producción Requerida (Botellas/ Minuto)

En nuestro medio normalmente existen máquinas etiquetadoras importadas con una capacidad superior de 72000 envases/hora, la cual en muchos casos es demasiado alta para pequeñas industrias interesadas en adquirir este tipo de equipo. Por esta razón se realizaron investigaciones que nos permitan determinar la capacidad producción, por lo que, se estableció etiquetar 1200 envases/ hora

#### Dimensiones de los Envases

En el mercado existen variadas dimensiones de envases, la máquina etiquetadora que se desea construir abarcara varios tamaños de botellas en especial la botella de ½ litro. A continuación se indican las dimensiones de cada envase.

*Tabla 6.4: Dimensiones de los Envases  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

Descripción	Altura Exterior (mm)	Diámetro Exterior (mm)
3 Litros	370	115
2 Litros	350	105
1.7 Litro	345	90
½ Litro	220	65

Es importante aclarar que la máquina etiquetera envases entre 0.5 a 3 litros, razón por la cual para realizar el diseño del sistema de transportación se lo hará tomando en cuenta las dimensiones del envase de 3 litros.

### **Velocidad de Transportación**

De las investigaciones realizadas en lo que se refiere a la velocidad de transportación de envases el rango típico es menor o igual a 10 m/ min. Por lo que, para el sistema transportador de envases para la etiquetadora seleccionaremos una velocidad lineal de 10 m/min.

Partiendo de lo antes mencionado procederemos con el diseño y selección de los elementos constitutivos de la banda transportadora.

### **Determinación de la Velocidad Angular**

La velocidad angular en el tambor motriz se determina con la ecuación 6.4 utilizada anteriormente

$$\omega = 1049.8687 \text{ rad/min}$$

$$\omega = 167.0918 \text{ rpm}$$

Se considera una velocidad en el rodillo motriz de 167 RPM

### **Cálculo del Peso de los Ejes**

Para poder determinar la potencia de accionamiento de la banda transportadora es importante determinar el peso de los rodillos.

$$P_{em} = 0.5048 \text{ Kg/m}$$

$$P_{ec} = 0.4038 \text{ Kg/m}$$

Donde:

$P_{em}$ : Peso del eje motriz [kg/m]

$P_{ec}$ : Peso del eje conducido [kg/m]

### **Cálculo del Peso de la Banda**

Para determinar el peso seleccionaremos una banda UU10 E Blanco datos que servirán para el cálculo leídos en el Anexo A18 y el cálculo se realiza con la ecuación 6.18:

$$P_B = B(1.15 + e + P_l + z)^{48} \quad \text{Ec. (6.18)}$$

Donde:

$P_B$ : Peso de la Banda [kg/m]

$B$ : Ancho de la banda [m]

$e$ : Espesor de la banda [mm], leído Anexo A18

$P_l$ : Peso por  $m^2$  de la Banda [Kg/  $m^2$ ], leído Anexo A18

$z$ : Número de capas Textiles, leído Anexo A18

$$P_B = (0.14 \text{ m})(1.15 + 0.75 + 0.7 + 3)$$

$$P_B = 0.784 \text{ kg/m}$$

### **Cálculo de la Capacidad de la Banda Transportadora**

Tiene la finalidad de determinar la capacidad máxima de envases (ton/h) que se van a transportar hacia la etiquetadora. Para determinar el peso partiremos de la producción requerida que se estableció anteriormente. Por otro lado, mediante un equipo de medida se pudo determinar que el peso de un envase de tres litros lleno de líquido es de aproximadamente de 3.5 Kg.; dato que nos permitirá calcular la capacidad de transportación por hora.

$$1 \text{ Envase (lleno)} \rightarrow 3.5 \text{ Kg.}$$

$$1200 \text{ Envases (llenos)} \rightarrow x$$

$$\text{Capacidad Máxima } (Q_t) = 4200 \text{ Kg/h}$$

$$\text{Capacidad Máxima } (Q_t) = 4.2 \text{ ton/h}$$

---

<sup>48</sup> KAUMAN S.A.; Bases para el Cálculo de una Banda Transportadora, Catálogo



### Determinación del Peso de los Elementos Móviles

El peso se determina a partir de la ecuación 6.19:

$$P_{EM} = 2 * P_B * \cos(\gamma) + P_{em} + P_{ec} \quad Ec. (6.19)$$

Donde:

$P_{EM}$ : Peso de los Elementos Móviles [kg/m]

$P_B$ : Peso de la Banda [kg/m]

$\gamma$ : Ángulo de inclinación de la banda

$P_{em}$ : Peso del eje motriz [kg/m]

$P_{ec}$ : Peso del eje conducido [kg/m]

$$P_{EM} = (2)(0.784 \text{ kg/m})(\cos 0^\circ) + (0.5048 \text{ Kg/m}) + (0.4038 \text{ Kg/m})$$

$$P_{EM} = 2.4766 \text{ kg/m}$$

#### 6.6.15.1 Cálculo de la Potencia de Accionamiento

Se calcula a partir de la ecuación 6.20:

$$N_a = \left( \frac{C \cdot f \cdot L}{270} \right) (3.6 * P_{EM} * V + Q) + N_s \quad Ec. (6.20)$$

Donde:

$N_a$ : Potencia de accionamiento (HP)

C: Coeficiente de Resistencia a la Flexión, Leído: Anexo A19

f: Coeficiente de Rozamiento de los Rodillos

$P_{EM}$ : Peso de los Elementos Móviles [kg/m]

V: Velocidad de la Banda [m/s]

Q: Capacidad de la Banda Transportadora [ton/h]

$N_s$ : Potencia Suplementaria

La potencia suplementaria ( $N_s$ ) se determina en función del Ancho de la Banda y de la Velocidad de la Banda leído en el Anexo A20 y se calcula a partir de la ecuación 6.21:

$$N_s = 1V \quad \text{Ec. (6.21)}$$

$$N_s = 1(0.1667 \text{ m/s})$$

$$N_s = 0.1666 \text{ HP}$$

$$N_a = \left( \frac{4.38 * 0.025 * 1.3 \text{ m}}{270} \right) \left( 3.6 * 2.4766 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 0.1667 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 4.2 \frac{\text{ton}}{\text{h}} \right) + 0.1666 \text{ HP}$$

$$N_a = 0.1696 \text{ HP}$$

### **Cálculo de la Potencia por guiado de la Cinta Transportadora**

Se calcula a partir de la ecuación 6.22:

$$N_g = 0.01 * L \quad \text{Ec. (6.22)}$$

Donde:

$N_g$ : Potencia de Accionamiento [HP]

L: Longitud de Transporte [m]

$$N_g = (0.01)(1.3 \text{ m})$$

$$N_g = 0.013 \text{ HP}$$

### **6.6.15.2 Cálculo de la Potencia Total Consumida por la Banda**

La potencia total (N) que requiere la banda transportadora considerando todos los elementos que intervienen en el transporte de los envases se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$N = N_a + N_g$$

$$N = 0.1696 \text{ HP} + 0.013 \text{ HP}$$

$$N = 0.1826 \text{ HP}$$

### 6.6.15.3 Cálculo de la Potencia del Motor

Para determinar esta potencia se debe considerar situaciones de sistemas mecánicos en malas condiciones, como banda transportadora mal tensada, mal anclaje del motor y vibraciones excesivas, además de prolongadas horas de operación, numerosos arranques y malas instalaciones eléctricas, por lo que, para el cálculo se recomienda un factor de servicio<sup>49</sup> de 1.5 y un rendimiento del 80 % del motor.

$$P_{REQUERIDA} = N * f_s$$

$$P_{REQUERIDA} = (0.1826 \text{ HP}) * (1.5)$$

$$P_{REQUERIDA} = 0.2739 \text{ HP}$$

$$P_{MOTOR} = \frac{P_{REQUERIDA}}{\eta}$$

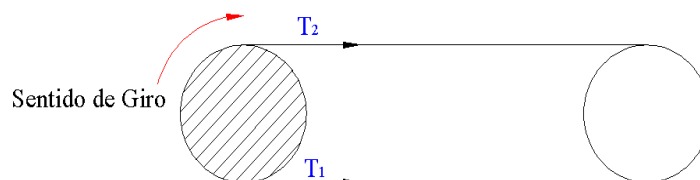
$$P_{MOTOR} = \frac{0.2739 \text{ HP}}{0.80}$$

$$P_{MOTOR} = 0.3424$$

Una vez determinado la potencia y verificando la disponibilidad en el mercado nacional seleccionaremos un motor trifásico de 1800 rpm de ½ HP, y que podrá ser regulado con un variador de frecuencia para obtener las revoluciones deseadas.

### 6.6.15.4 Cálculo de Tensiones de la Banda Transportadora

Las tensiones generadas en la banda transportadora se muestran en la figura 6.73:



**Figura 6.73:** Disposición de Tensiones en la Banda  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

<sup>49</sup> JOSÉ ROLDÁN VILORIA; Prontuario de mecánica industrial aplicada; Editorial Paraninfo; España; 2002; pág. 258.

### Cálculo de la Fuerza de Accionamiento

Es la fuerza que se necesita para accionar el eje motriz.

$$F = \frac{75 * N}{V} \quad \text{Ec. (6.23)}$$

$$F = \frac{(75)(0.1826 \text{ HP})}{0.1667 \text{ m/s}}$$

$$F = 82.1535 \text{ Kg}$$

### Cálculo de la Tensión (T<sub>1</sub>)

Es la tensión a la entrada del eje motriz.

$$T_1 = F \left( 1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right) \quad \text{Ec. (6.24)}$$

Donde:

F: Fuerza de accionamiento [kg]

$\mu$ : Coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor motriz.

$\alpha$ : Ángulo del tambor motriz abrazado por la banda

$$T_1 = (82.1535 \text{ Kg}) \left( 1 + \frac{1}{e^{0.1*\pi} - 1} \right)$$

$$T_1 = 304.7319 \text{ Kg}$$

### Cálculo de la Tensión (T<sub>2</sub>)

Es la tensión a la salida del eje motriz.

$$T_2 = F \left( \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right) \quad \text{Ec. (6.25)}$$

$$T_2 = (82.1535 \text{ Kg}) \left( \frac{1}{e^{0.1*\pi} - 1} \right)$$

$$T_2 = 222.5785 \text{ Kg}$$

### 6.6.15.5 Diseño del Sistema de Transmisión

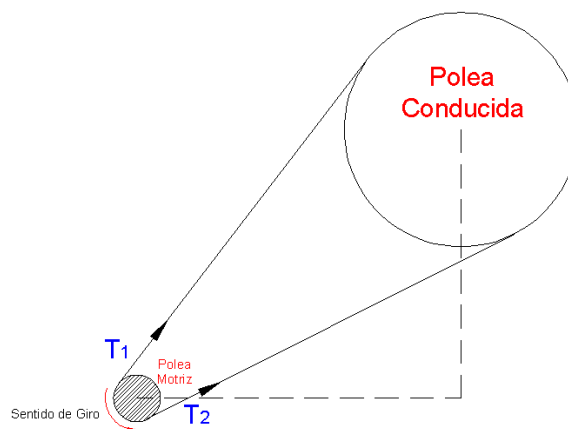
Este sistema tiene la finalidad de disminuir el número de revoluciones entregadas por el motor, al valor requerido por la banda transportadora. Por otro lado, el sistema a diseñarse debe cumplir con las siguientes características:

- Velocidad angular de entrada: 1800 rpm
- Velocidad angular de salida: 167 rpm
- Relación de reducción: 10.778

En el capítulo IV se estableció que uno de los requerimientos funcionales es que, la velocidad de producción debe ser variable y en vista de que la relación de reducción es muy grande; sabiendo que los fabricantes de bandas recomiendan una relación máxima de reducción de 5 a 1, con la cual se garantiza una buena transmisión, se determinó que se empleará un variador de frecuencia y un sistema de transmisión por medio de poleas y bandas con la finalidad de ajustarse a las necesidades requeridas por el prototipo de embotelladora.

#### Cálculo de las Tensiones del Sistema de Poleas

El sistema de poleas como se muestra en la figura 6.74 es una transmisión de banda abierta que va a transmitir una potencia de  $\frac{1}{2}$  HP, en donde, la polea motriz que tiene un diámetro de 2 pulgadas va a girar a 417.5 rpm y la polea conducida que tiene un diámetro de 5 pulgadas va a girar a 167 rpm con la finalidad de tener una velocidad lineal de 10 m/min.



**Figura 6.74:** Disposición de Tensiones en la Banda  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para la selección asumiremos una Banda Tipo A31.(Anexo A1)

### **Cálculo de la longitud de Paso**

Se calcula en función de la banda asumida y se calcula a partir de la ecuación 2.64

$L_c = 1.3$ ; Leído en función del tipo de banda asumido en el Anexo A2

$$L_p = 31 + 1.3 = 32.3 \text{ pulg.}$$

### **Cálculo de la distancia entre centros**

De la ecuación 2.65

$$C = 10.5483 \text{ pulg.} = 26.8 \text{ cm}$$

### **Cálculo del Ángulo de Contacto de la Polea Menor**

De la ecuación 2.46

$$\theta_d = 2.8562 \text{ rad} = 163.6482^\circ$$

$$\exp(0.5123\phi) = \exp(0.5123 * 2.8562) = 4.3198$$

### **Cálculo del Ángulo de Contacto de la Polea Mayor**

De la ecuación 2.47

$$\theta_D = 3.42699 \text{ rad} = 196.3522^\circ$$

### **Cálculo de la Longitud de la Banda**

De la ecuación 2.48

$$L = 32.3058 \text{ pulg} \cong 33 \text{ pulg.}$$

Con el cálculo realizado nos dio una longitud de 32.3058 pulgadas de longitud, pero dentro de nuestro mercado nacional no existen bandas de esa dimensión, razón por la cual aproximamos a 33 pulgadas y poder adquirir con mayor facilidad.

### **Cálculo de la Velocidad Periférica**

De la ecuación 2.56

$$V = 218.6025 \text{ pies/min}$$

### **Cálculo del Factor de Corrección del Ángulo de Contacto**

Con el valor obtenido de la siguiente ecuación vamos al Anexo A3 y determinamos el factor  $K_1$

$$\frac{D - d}{C} = \frac{5 - 2}{10.5483} = 0.2844$$

$$K_1 = 0.7884$$

### **Cálculo del Factor de Corrección de Longitud de Banda**

Este factor se determina en función del tipo de banda asumido y leído en el Anexo A4 tenemos el siguiente valor:  $K_2 = 0.85$

### **Cálculo de la Potencia Permitida por la Banda**

Se calcula a partir con la ecuación 2.66

$H_{tab} = 0.3022$ ; Leído en el Anexo A5 en función de la polea menor y de la velocidad periférica.

$$H_a = 0.2025 \text{ HP}$$

### **Cálculo de la Potencia de Diseño**

Se calcula con la ecuación 2.67

$K_s = 1.3$ ; Leído Anexo A6

$$H_d = 0.65 \text{ HP}$$

### **Cálculo del Número de Bandas**

Se calcula con la ecuación 2.68

$$N_b = 3.2098$$

### **Cálculo de la Tensión Centrífuga**

Se calcula con la ecuación 2.51

$K_c = 0.561$ ; Leído en el Anexo A7 en función del tipo de banda

$$F_c = 0.0268 \text{ lb}$$

### **Cálculo de la Tensión Mayor**

Para determinar la tensión unos de los lados de la banda primero determinaremos la potencia que se transmite por banda que se calcula a partir de la siguiente ecuación 2.52 utilizada anteriormente:

$$\Delta F = 30.5678$$

La tensión mayor se calcula a partir de la ecuación 2.53

$$F_1 = 39.8023 \text{ lb.}$$

#### **Cálculo de la Tensión Menor**

Se calcula con la ecuación 2.54

$$F_2 = 9.2345 \text{ lb}$$

#### **Cálculo de la Tensión Inicial**

Se calcula con la ecuación 2.55

$$F_i = 24.4916 \text{ lb}$$

#### **Cálculo del factor se seguridad**

Se calcula con la ecuación 2.69

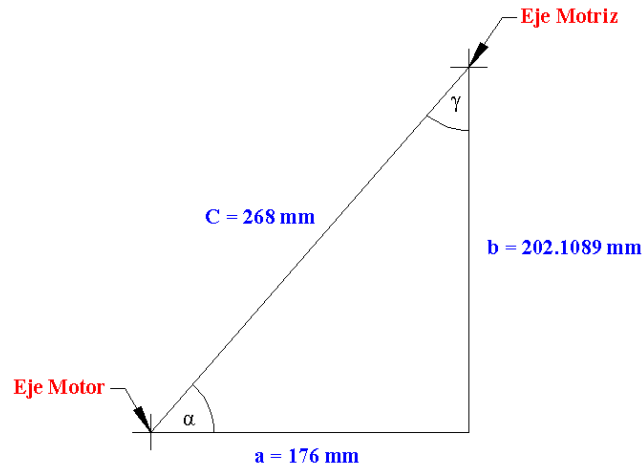
$$\eta_{fs} = 1$$

Finalmente luego de haber realizado los cálculos respectivos, obteniendo así un factor de seguridad satisfactorio nos indica que el tipo de banda asumido cumple con las condiciones de funcionamiento.

#### **6.6.15.6 Posicionamiento de los Ejes de la Banda Transportadora**

El posicionamiento del eje motor y del eje motriz de la banda transportadora nos permitirá determinar a cuantos grados se encuentra ubicada las tensiones de las bandas calculadas en el apartado anterior. El posicionamiento se ilustra en la figura 2.75:





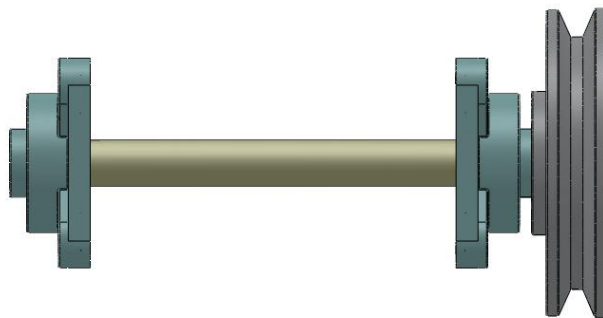
**Figura 6.75:** Disposición de Tensiones en la Banda  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Aplicando la siguiente función trigonométrica determinaremos el ángulo:

$$\text{sen } \gamma = \frac{a}{C} = \frac{176 \text{ mm}}{268 \text{ mm}} \quad \gamma = 41.0499^\circ \cong 41^\circ$$

### 6.6.15.7 Diseño del Eje Motriz de la Banda Transportadora

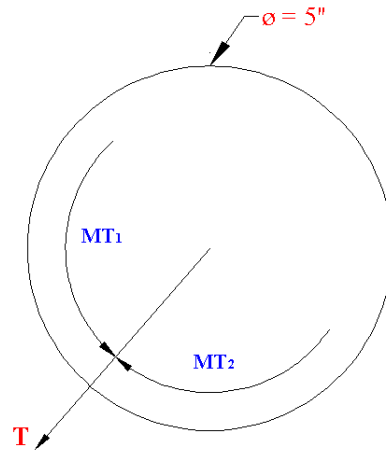
En el eje a diseñarse se encuentra acoplada una polea que recibe el movimiento de la polea del motor, y además en el eje se encuentra acoplada la banda transportadora para transportar los envases, además el eje se encuentra apoyado en sus dos extremos como se muestra en la figura 6.76:



**Figura 6.76:** Geometría del Eje Motriz  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

### Cálculo del Momento Torsor

El momento Torsor total se calcula a partir de la siguiente ecuación y se generan con se nuestra en la figura 6.77.



**Figura 6.77:** Generación de Momentos Torsores  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para calcular los momentos torsores partiremos con las tensiones obtenidas en el apartado anterior

$$T_1 = 39.8023 \text{ lb} = 18.0919 \text{ kg}$$

$$T_2 = 9.2345 \text{ lb} = 4.1975 \text{ kg}$$

$$M_{T1} = T_1 * r$$

$$M_{T1} = (18.0919 \text{ kg})(0.0635 \text{ m}) = 1.1488 \text{ kg.m}$$

$$M_{T2} = T_2 * r$$

$$M_{T1} = (4.1975 \text{ kg})(0.0635 \text{ m}) = 0.2665 \text{ kg.m}$$

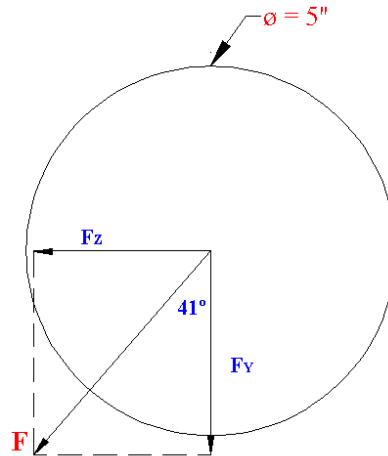
$$M_T = M_{T1} - M_{T2}$$

$$M_T = 1.1488 \text{ kg.m} - 0.2665 \text{ kg.m}$$

$$M_T = 0.8823 \text{ kg.m}$$

### **Descomposición de las Tensiones de la banda**

La descomposición de las tensiones nos permitirá determinar en qué ejes se encuentran ubicados su componentes y así más adelante realizar el cálculo de reacciones



**Figura 6.78:** Descomposición de la fuerza  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Aplicando la siguiente función trigonométrica determinaremos las componentes:

$$F = 18.0919 \text{ kg} + 4.1975 \text{ kg}$$

$$F = 22.2894 \text{ kg}$$

$$\text{sen } 41^\circ = \frac{F_Z}{F}$$

$$\text{cos } 41^\circ = \frac{F_Y}{F}$$

$$F_Z = (\text{sen } 41^\circ)(22.2894 \text{ kg})$$

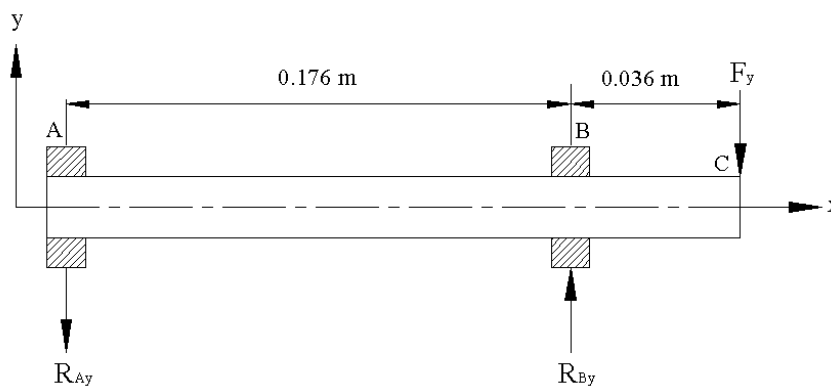
$$F_Z = 14.6232 \text{ kg}$$

$$F_Y = (\text{cos } 41^\circ)(22.2894 \text{ kg})$$

$$F_Y = 16.8220 \text{ kg}$$

### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

**Plano (x - y):**



**Figura 6.79:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Plano (x-y)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{By}(0.176 \text{ m}) - F_y (0.2126 \text{ m}) = 0$$

$$R_{By}(0.176 \text{ m}) - (16.8220 \text{ kg}) (0.2126 \text{ m}) = 0$$

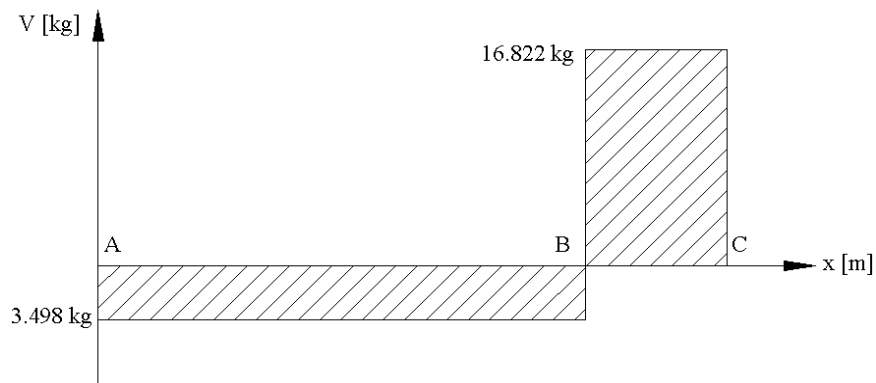
$$R_{By} = 20.32 \text{ kg}$$

$$\sum FV = 0$$

$$- R_{Ay} + R_{By} - F_y = 0$$

$$R_{Ay} = 20.32 \text{ kg} - 16.8220 \text{ kg}$$

$$R_{Ay} = 3.498 \text{ kg}$$



**Figura 6.80:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Plano (x-y)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para graficar el diagrama de momento flector utilizaremos el método de las áreas.

$$A_1 = (3.498)(0.176) = 0.6155$$

$$A_2 = (16.822)(0.036589) = 0.6155$$

$$M_A = 0 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 0 \text{ kg.m} - 0.6155 \text{ kg.m} = -0.6155 \text{ kg.m}$$

$$M_C = -0.6155 \text{ kg.m} + 0.6155 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$

Para determinar los momentos en otros puntos aplicaremos la relación de triángulos

$$\frac{-0.6155 \text{ kg.m}}{0.176 \text{ m}} = \frac{M_D}{0.018 \text{ m}}$$

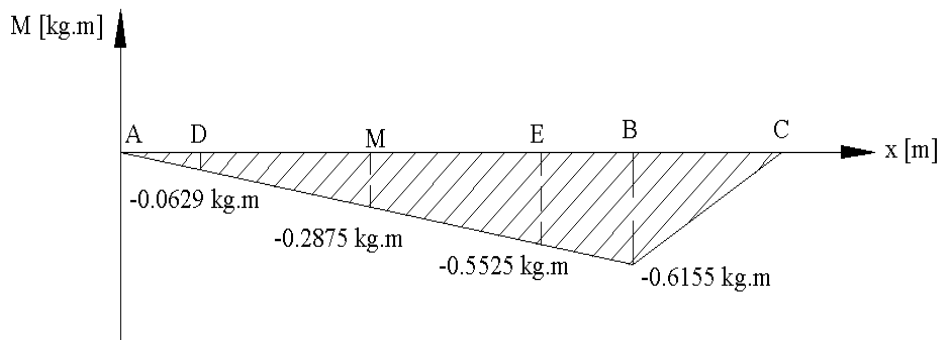
$$M_D = -0.06294 \text{ kg.m}$$

$$\frac{-0.6155 \text{ kg.m}}{0.176 \text{ m}} = \frac{M_E}{0.158 \text{ m}}$$

$$M_E = -0.5525 \text{ kg.m}$$

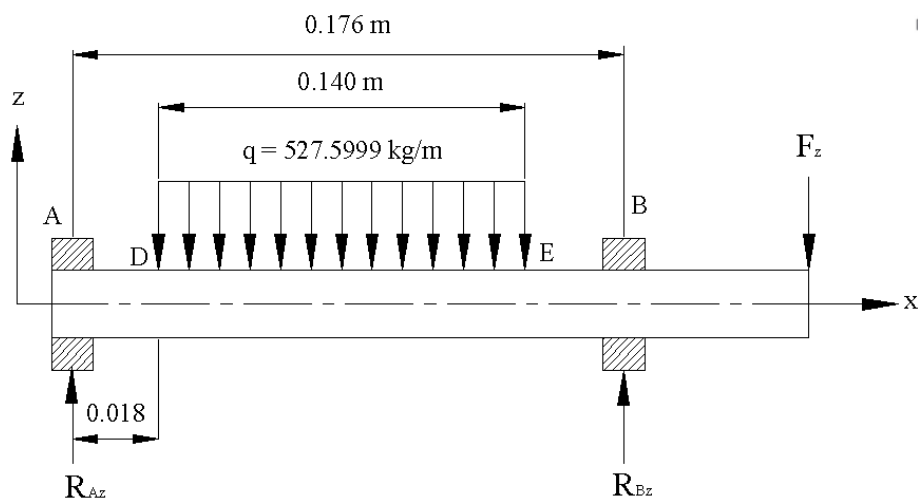
$$\frac{-0.6155 \text{ kg.m}}{0.176 \text{ m}} = \frac{M}{0.0822 \text{ m}}$$

$$M = -0.2875 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.81:** Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Plano (x-y)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

**Plano (x - z):**



**Figura 6.82:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz Plano (x-z)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$\sum M_A = 0$$

$$-(527.5999 \text{ kg/m})(0.14 \text{ m})(0.088 \text{ m}) + R_{BZ}(0.176 \text{ m}) - (14.6232 \text{ kg})(0.2126 \text{ m}) = 0$$

$$R_{BZ}(0.176 \text{ m}) = 6.5 \text{ kg.m} + 3.1089 \text{ kg.m}$$

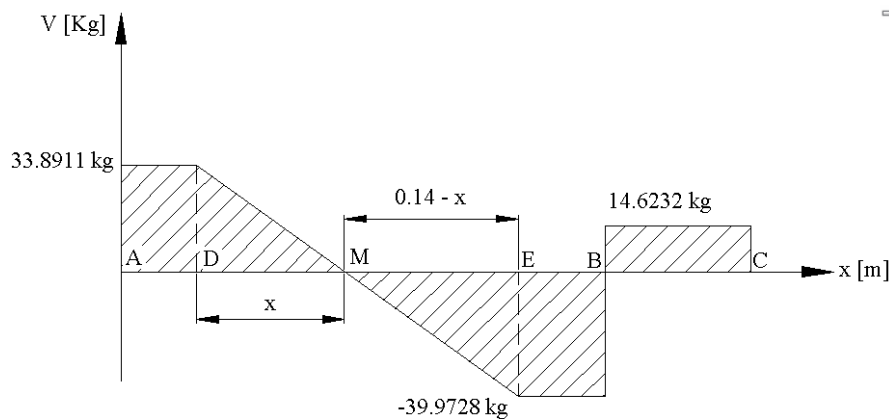
$$R_{BZ} = 54.5960 \text{ kg}$$

$$\sum FV = 0$$

$$-(527.5999 \text{ kg/m})(0.14 \text{ m}) + R_{AZ} + R_{BZ} - F_Z = 0$$

$$R_{AZ} = 73.8639 \text{ kg} + 14.6232 \text{ kg} - 54.5960 \text{ kg}$$

$$R_{AZ} = 33.8911 \text{ kg}$$



**Figura 6.83:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Motriz Plano (x-z)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para graficar el diagrama de momento flector utilizaremos el método de las áreas.

$$\frac{33.8911 \text{ kg}}{x} = \frac{39.9728 \text{ kg}}{0.14 - x}$$

$$(33.8911 \text{ kg})(0.14 - x) = (39.9728 \text{ kg})x$$

$$4.7447 = 39.9728x + 33.8911x$$

$$x = 0.0642 \text{ m}$$

$$A_1 = (0.018)(33.8911) = 0.61$$

$$A_2 = \frac{(0.0642)(33.8911)}{2} = 1.0879$$

$$A_3 = \frac{(0.0758)(39.9728)}{2} = 1.5149$$

$$A_4 = (0.018)(39.9728) = 0.7195$$

$$A_5 = (0.036589)(14.6232) = 0.5350$$

$$M_A = 0 \text{ kg.m}$$

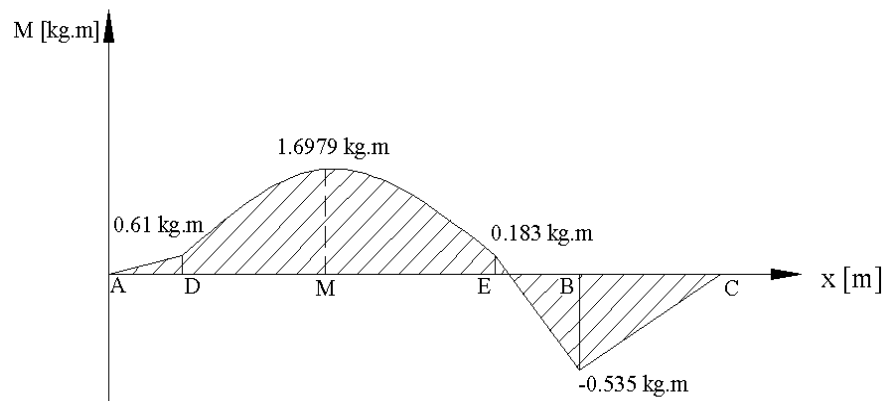
$$M_D = 0 \text{ kg.m} + 0.61 \text{ kg.m} = 0.61 \text{ kg.m}$$

$$M_M = 0.61 \text{ kg.m} + 1.0879 \text{ kg.m} = 1.6979 \text{ kg.m}$$

$$M_E = 1.6979 \text{ kg.m} - 1.5149 \text{ kg.m} = 0.183 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 0.183 \text{ kg.m} - 0.7195 \text{ kg.m} = -0.5350 \text{ kg.m}$$

$$M_C = -0.5350 \text{ kg.m} + 0.5350 \text{ kg.m} = -0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.84:** Diagrama de Momento Flector del Eje Motriz Plano (x-z)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para determinar el momento máximo realizaremos la sumatoria de momentos en cada punto.

$$\vec{M}_A = 0\vec{i} + 0\vec{j} + 0\vec{k}$$

$$\vec{M}_B = 0\vec{i} - 0.6155\vec{j} - 0.5350\vec{k}$$

$$\vec{M}_C = 0\vec{i} + 0\vec{j} + 0\vec{k}$$

$$\vec{M}_D = 0\vec{i} - 0.06294\vec{j} + 0.61\vec{k}$$

$$\vec{M}_E = 0\vec{i} + 0.5525\vec{j} + 0.183\vec{k}$$

$$\vec{M}_M = 0\vec{i} - 0.2875\vec{j} + 1.6979\vec{k}$$

$$M_A = 0 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 0.8155 \text{ kg.m}$$

$$M_C = 0 \text{ kg.m}$$

$$M_D = 0.6132 \text{ kg.m}$$

$$M_E = 0.5820 \text{ kg.m}$$

$$M_M = 1.7221 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{Maximo}} = 1.7221 \text{ kg.m} = 16.8763 \text{ N.m}$$

### Diseño Estático

Para realizar el diseño por resistencia estática asumiremos un factor de seguridad de 2.8, por su comercialización en nuestro medio seleccionaremos un acero AISI 1018 laminado en caliente; además para determinar el diámetro del eje motriz utilizaremos una teoría de falla como es la Teoría de Energía de la Distorsión conocida como la teoría de Von Mises porque es la más empleada para materiales dúctiles y recomendada para estos diseños

Esfuerzo Máximo por Flexión

$$\sigma_x = \frac{32(16.8763 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{171.9006 \text{ N.m}}{d^3}$$

Esfuerzo Máximo por Torsión

$$\tau_{xy} = \frac{16(8.6465 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{44.0363 \text{ N.m}}{d^3}$$

Para determinar el diámetro del eje se utilizará la Teoría de Von Mises (Ecu. 2.22) que es la teoría más empleada para materiales dúctiles y recomendada para estos diseños, aplicando la ecuación se obtiene la siguiente expresión, debido a que no se conoce el diámetro del eje

$$\sigma' = \left[ \left( \frac{171.9006 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{44.0363 \text{ N.m}}{d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \frac{188.0622 \text{ N.m}}{d^3}$$



A partir de la ecuación 2.23 y reemplazo la ecuación del esfuerzo de Von Mises se obtiene la siguiente expresión que permite determinar el diámetro

$$d = \left[ \frac{(188.0622 \text{ N.m})(2.8)}{(220 \times 10^6 \text{ N/m}^2)} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01338 \text{ m} = 13.38 \text{ mm} \cong 14 \text{ mm}$$

### **Diseño Dinámico**

Para determinar el diámetro por fatiga, se deben considerar los siguientes parámetros:

- Material: Acero AISI 1018 laminado en caliente que es comercializable
- Velocidad angular del eje: 167 rpm
- Número de ciclos: 240480 ciclos; trabajando 24 horas continuas
- Asumimos: Factor de seguridad  $n = 2.8$
- Suponemos:  $K_a K_b K_c K_d K_e K_f \cong 0.3$ ; Porque no se conoce el diámetro del eje

### **Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria**

Resistencia a la Tensión:  $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$  Para un AISI 1018 Laminado en caliente, Leído Anexo A10

$$S'_e = 0.5(400 \text{ MPa}) = 200 \text{ MPa}$$

### **Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina**

$$S_e = (0.3)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 60 \text{ MPa}$$

### **Resistencia a la Fatiga**

$$a = 2160 \text{ MPa}$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 86.8164 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a fatiga se determina a partir de la ecuación 6.9

$$d = \left[ \frac{(32)(2.8)(16.8763 \text{ N}\cdot\text{m})}{(86.8164 \times 10^6 \text{ N/m}^2)\pi} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01769 \text{ m} = 17.69 \text{ mm} \cong 18 \text{ mm}$$

### **Refinamiento del Cálculo con $d = 18 \text{ mm}$**

Para realizar el cálculo de todos los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga utilizaremos el diámetro calculado anteriormente

### **Factor de Modificación de la Condición Superficial**

$$a = 4.51; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$b = -0.265; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$K_a = 0.9217$$

### **Factor de Modificación del Tamaño**

$$K_b = 0.912126$$

### **Factor de Modificación de la Carga**

$$K_c = 0.85, \text{ Leído Anexo A12}$$

### **Factor de Temperatura**

$$K_d = 1, \text{ Anexo A13}$$

### **Factor de Confiabilidad**

$$K_e = 0.897, \text{ Leído Anexo A14}$$

### **Factor de Efectos varios**

Este factor también es conocido como factor de concentración del esfuerzo por fatiga

Como el eje es de sección uniforme  $K_f = 1$

### **Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina**

$$S_e = (0.9217)(0.912126)(0.85)(1)(0.897)(1)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 128.1993 \text{ MPa}$$

### **Cálculo de Resistencia a la Fatiga**

$$a = 1010.9259 \text{ MPa}$$

$$b = -0.14947$$

$$S_f = 158.6388 \text{ MPa}$$

### **Factor de Seguridad**

$$n = \frac{158.6388 \text{ MPa}}{29.4754 \text{ MPa}}$$

$$n = 5.38$$

Para evaluar la condición del material seleccionado se utilizará la teoría de falla por fatiga como es el Criterio de Goodman Modificado (Ecu. 2.34), debido a que es una teoría comúnmente utilizada por los diseñadores conservadores.<sup>50</sup>

$$\text{Esfuerzo Alterno: } \sigma_a = 29.4754 \text{ MPa}$$

$$\text{Esfuerzo Medio: } \sigma_m = 13.078 \text{ MPa}$$

De la ecuación 2.34 se obtiene un factor de seguridad de:

$$n_f = 3.8$$

Luego de haber realizado el diseño por resistencia estática y fatiga seleccionaremos un diámetro de 18 mm; por lo que, para la construcción utilizaremos un eje de diámetro de ¾ pulgada en acero AISI 1018 laminado en caliente que es comercializable en nuestro medio

---

<sup>50</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica de Shirley. 8va. Edición. Capítulo 5. Fallas por fatiga Pág. 298

### 6.6.15.8 Diseño del Eje Guía de la Banda Transportadora

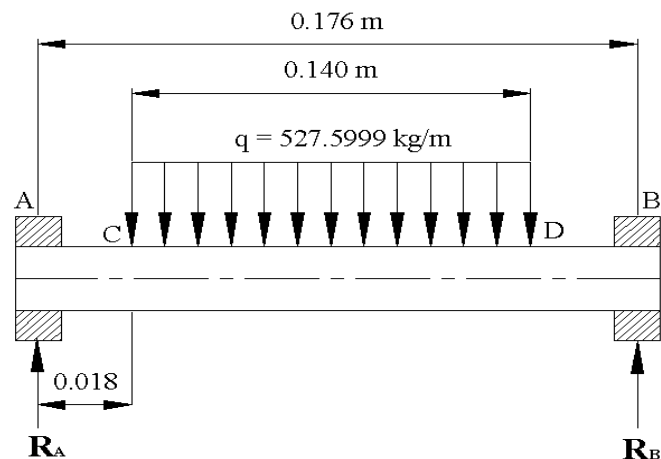
El eje a diseñarse se encuentra apoyado en sus extremos y además sirve como tensor de la banda que va transportar los envases,



**Figura 6.85:** Geometría del Eje Guía  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

Cabe mencionar que en el eje a diseñarse actúa una carga distribuida



**Figura 6.86:** Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Guía  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

$$\sum M_A = 0$$

$$-(527.5999 \text{ kg/m})(0.14 \text{ m})(0.088 \text{ m}) + R_B(0.176 \text{ m}) = 0$$

$$R_B = 36.9318 \text{ kg}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A + R_B - (527.5999 \text{ kg/m})(0.14 \text{ m}) = 0$$

$$R_A = 36.9318 \text{ kg}$$

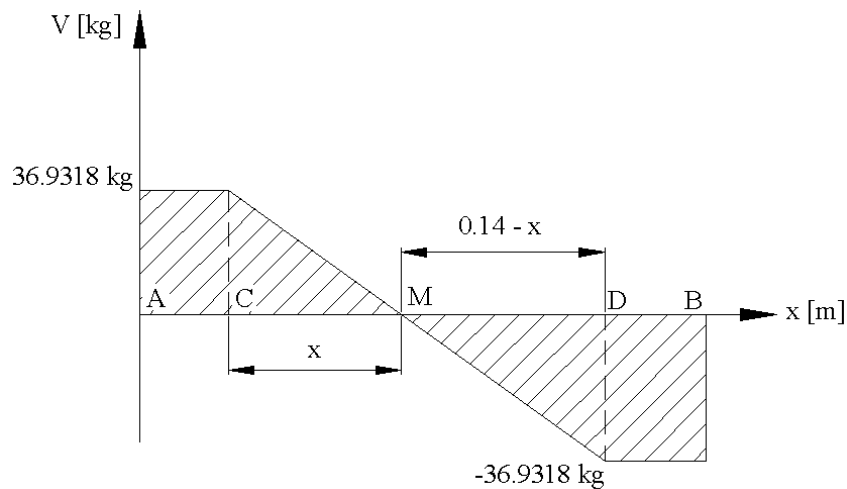
Para determinar a qué distancia se produce el punto de corte debido a la carga distribuida aplicaremos la relación de triángulos

$$\frac{36.9318}{x} = \frac{36.9318}{0.14 - x}$$

$$5.1704 - 36.9318x = 36.9318x$$

$$5.1704 = 73.8636x$$

$$x = 0.07 \text{ m}$$



**Figura 6.87:** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Guía  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Para graficar el diagrama de momento flector utilizaremos el método de las áreas.

$$A_1 = (36.9318)(0.018) = 0.6648$$

$$A_2 = \frac{(0.07)(36.9318)}{2} = 1.2926$$

$$A_3 = \frac{(0.07)(36.9318)}{2} = 1.2926$$

$$A_4 = (36.9318)(0.018) = 0.6648$$

$$M_A = 0 \text{ kg.m}$$

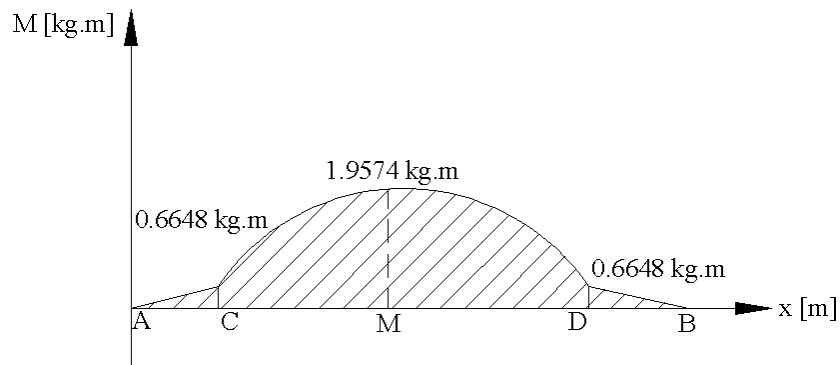
$$M_C = 0 \text{ kg.m} + 0.6648 \text{ kg.m} = 0.6648 \text{ kg.m}$$

$$M_M = 0.6648 \text{ kg.m} + 1.2926 \text{ kg.m} = 1.9574 \text{ kg.m}$$

$$M_D = 1.9574 \text{ kg.m} - 1.2926 \text{ kg.m} = 0.6648 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 0.6648 \text{ kg.m} + 0.6648 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$

$$M_{Maximo} = 1.9574 \text{ kg.m} = 19.1825 \text{ N.m}$$



**Figura 6.88:** Diagrama de Momento Flector del Eje Guía  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

### Diseño Estático

Para el diseño consideraremos los mismos parámetros que se estableció para el diseño del eje motriz debido a que cumplen las mismas funciones. Cabe indicar que para determinar el diámetro del eje solo se consideran cargas por flexión.

Esfuerzo máximo por flexión

$$\sigma = \frac{(32)(19.1825 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{195.3913 \text{ N.m}}{d^3}$$

A partir de la siguiente ecuación se determina el eje del diámetro, considerando un factor de seguridad de 2.8.

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$2.8 = \frac{200 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{\frac{195.3913 \text{ N.m}}{d^3}}$$

$$d = 0.01354 \text{ m} = 13.54 \text{ mm} \cong 14 \text{ mm}$$

### Diseño Dinámico

Para el diseño por fatiga se consideran los mismos parámetros que se establecieron para el diseño del eje motriz, teniendo en cuenta que el eje a diseñarse gira a la misma velocidad angular que el otro.

### **Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria**

Resistencia a la Tensión:  $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$  Para un AISI 1018 Laminado en caliente, Leído Anexo A10

$$S'_e = 0.5(400 \text{ MPa})$$

### **Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina**

$$S_e = (0.3)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 60 \text{ MPa}$$

### **Cálculo de Resistencia a Fatiga**

$$a = 2160 \text{ MPa}$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 86.8164 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a fatiga se determina a partir de la ecuación 6.9

$$d = \left[ \frac{(32)(2.8)(19.1825 \text{ N.m})^{1/3}}{(86.8164 \times 10^6 \text{ N/m}^2)\pi} \right]$$

$$d = 0.01847 \text{ m} = 18.47 \text{ mm} \cong 18.5 \text{ mm}$$

### **Refinamiento del Cálculo con $d = 18.5 \text{ mm}$**

Para realizar el cálculo de todos los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga utilizaremos el diámetro calculado anteriormente

### **Factor de Superficie**

$$a = 4.51; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$b = -0.265; \text{ Leído Anexo A11}$$

$$K_a = 0.9217$$

### **Factor de Tamaño**

$$K_b = 0.9099$$

**Factor de Tamaño**

$$K_c = 0.85, \text{ Leído Anexo A12}$$

**Factor de Temperatura**

$$K_d = 1, \text{ Leído Anexo A13}$$

**Factor de Confiabilidad**

$$K_e = 0.897, \text{ Leído Anexo A14}$$

**Factor de Efectos varios**

Como el eje es de sección uniforme

$$K_f = 1$$

**Cálculo del Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina en la geometría y condición de uso.**

$$S_e = (0.9217)(0.9099)(0.85)(1)(0.897)(1)(200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 127.8864 \text{ MPa}$$

**Cálculo de Resistencia a la Fatiga**

$$a = 1013.3993 \text{ MPa}$$

$$b = -0.1498$$

$$S_f = 158.3780 \text{ MPa}$$

**Factor de Seguridad**

$$n = \frac{158.3780 \text{ MPa}}{30.8596 \text{ MPa}}$$

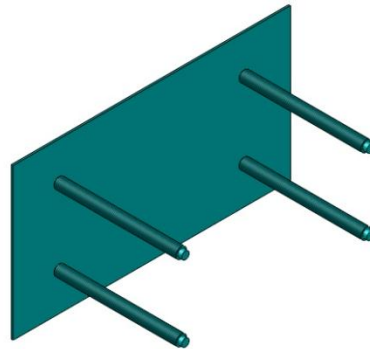
$$n = 5.13$$

Luego de haber obtenido los diámetros por diseño estático y fatiga, considerando la disponibilidad en nuestro medio seleccionaremos un acero AISI 1018 laminado en caliente de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro que es muy comercializable.



### 6.6.15.9 Diseño de la Almohada

La almohada es una placa rectangular en donde se van apoyar los envases en el momento que son ubicados las etiquetas. La misma está sostenida por cuatro brazos de sección circular de acero AISI 1018 laminado en caliente, como se muestra la figura 6.89



**Figura 6.89:** Almohada  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

### Cálculo del Peso de la Placa Rectangular

El peso de la placa se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$P_L = \frac{L \times A \times E \times 7.85}{1000} \quad \text{Ec. (6.26)}$$

Donde:

$$L = 330 \text{ mm}$$

$$A = 180 \text{ mm}$$

$$e = 2 \text{ mm}$$

$$P_L = \frac{(330 \text{ mm})(180 \text{ mm})(2 \text{ mm})(7.85)}{1000}$$

$$P_L = 0.93258 \text{ kg}$$

Luego de haber determinado el peso de la placa procedemos a calcular el peso que soporta cada brazo, por lo que, el peso de la placa dividiremos para cuatro a partir de la siguiente ecuación

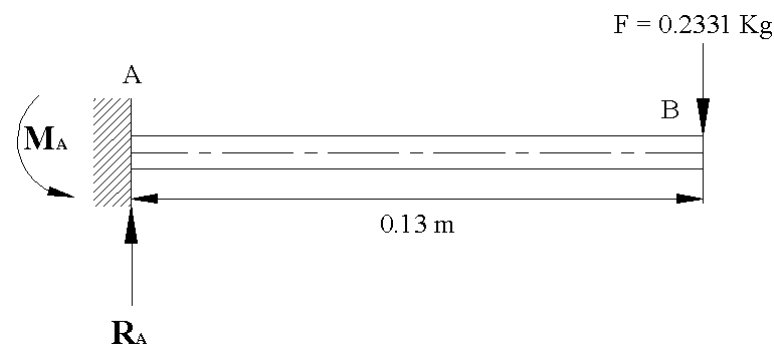
$$C_P = \frac{P_L}{4}$$

$$C_P = \frac{0.93258 \text{ kg}}{4}$$

$$C_P = 0.233145 \text{ kg}$$

### Diseño de los Brazos Soportes

Como los cuatro brazos son de las mismas dimensiones, el diseño se lo hará de un solo brazo considerando la longitud máxima del mismo. El brazo se lo analizará como una viga en voladizo con una carga puntual en el extremo.



*Figura 6.90: Diagrama de Cuerpo Libre del brazo soporte  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - (0.2331 \text{ kg})(0.13 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = 0.03031 \text{ kg.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - F = 0$$

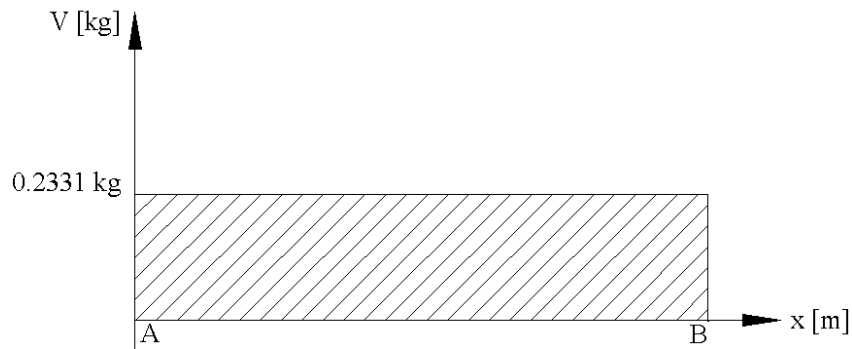
$$R_A = 0.2331 \text{ kg}$$

Para graficar el diagrama de momento flector utilizaremos el método de las áreas.

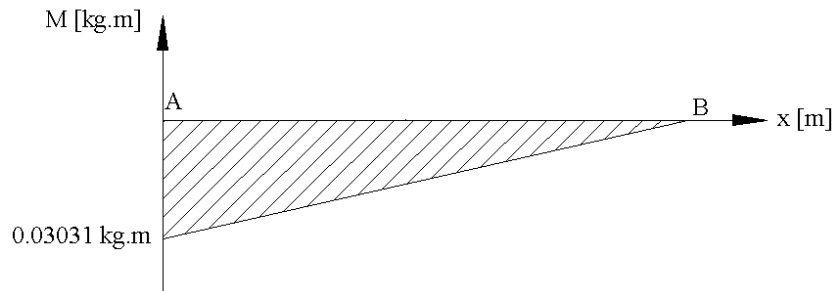
$$A_1 = (0.2331)(0.13 \text{ m}) = 0.03031$$

$$M_A = -0.03031 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -0.03031 \text{ kg.m} + 0.03031 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.91:** Diagrama de Fuerza Cortante del brazo soporte  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)



**Figura 6.92:** Diagrama de Momento Flector del Brazo Soporte  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Para determinar el diámetro del eje consideraremos un factor de seguridad de 2.8

Esfuerzo Máximo por Flexión

$$\sigma = \frac{(32)(0.2970 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{3.0252 \text{ N.m}}{d^3}$$

A partir de la ecuación 2.13 determinaremos el diámetro del eje

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$d = \left[ \frac{(2.8)(3.0252 \text{ N.m})^{1/3}}{(220 \times 10^6 \text{ N/m}^2)} \right]$$

$$d = 0.003378 \text{ m} = 3.3767 \text{ mm} \cong 4 \text{ mm}$$

Luego de haber determinado el diámetro del brazo y viendo la disponibilidad de ejes roscados comercializables en nuestro medio, seleccionaremos una barra roscada de ½ pulga. (12.7 mm) con la finalidad de poder regular la distancia, ya que esta depende del diámetro de la botella que se va a etiquetar.

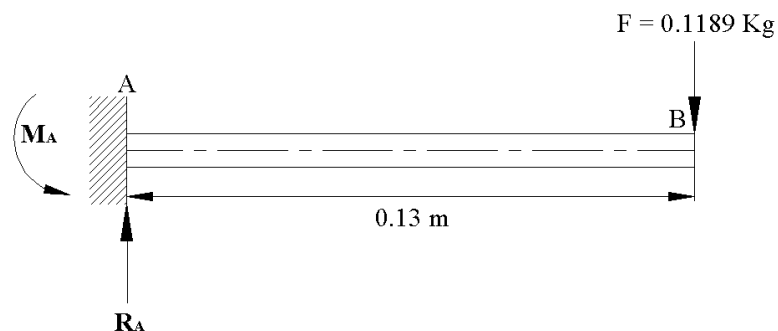
#### 6.6.15.10 Diseño de las Guías de Envase

Estas guías tienen la finalidad de llevar al envase hacia la etiquetadora evitando que se puedan caer durante el traslado de los mismos. Esta guía están hechas en una palatina de 3/4" x 1/8" (19.05 mm x 3.18 mm) de 500 mm de longitud como se muestra en la figura 6.93.



**Figura 6.93:** Guías  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

Para realizar el diseño de los brazos que sostienen a la guía determinaremos el peso de la platina y luego dividiremos para el número de brazos. La guía pesa 0.2377 Kg y como está sostenida por dos brazos, el peso en cada uno de ellos sería de 0.1189 kg. Para el diseño de los brazos se lo analizará como una viga en voladizo con una carga puntual en sus extremos como se muestra en la figura 6.92.



**Figura 6.94:** Diagrama de Cuerpo Libre del Brazo Soporte de Guías  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

## Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$\sum M_A = 0$$

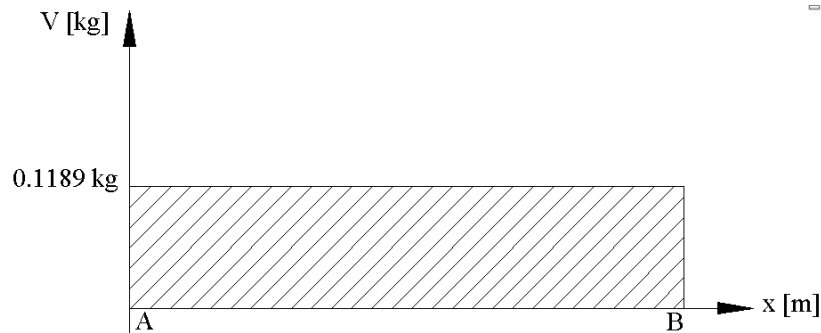
$$M_A - (0.1189 \text{ kg})(0.13 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = 0.015457 \text{ kg.m}$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_A - F = 0$$

$$R_A = 0.1189 \text{ kg}$$



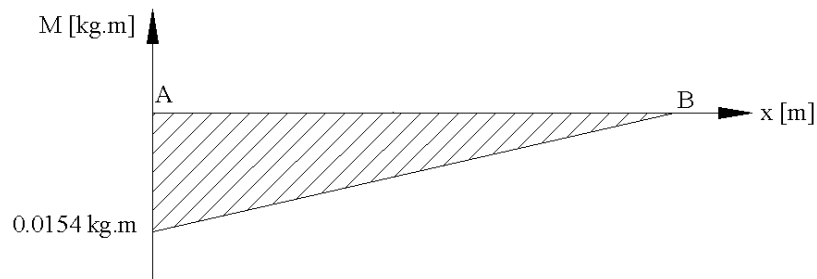
**Figura 6.95:** Diagrama de Fuerza Cortante del Brazo Soporte de Guías  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

Para graficar el diagrama de momento flector utilizaremos el método de las áreas.

$$A_1 = (0.1189)(0.13 \text{ m}) = 0.015457$$

$$M_A = -0.015457 \text{ kg.m}$$

$$M_B = -0.015457 \text{ kg.m} + 0.015457 \text{ kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.96:** Diagrama de Momento Flector del Brazo Soporte de Guías  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

Para determinar el diámetro del eje consideraremos un factor de seguridad de 2.8

Esfuerzo Máximo por Flexión

$$\sigma = \frac{(32)(0.15457 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{1.57443 \text{ N.m}}{d^3}$$

A partir de la siguiente ecuación determinaremos el diámetro del eje

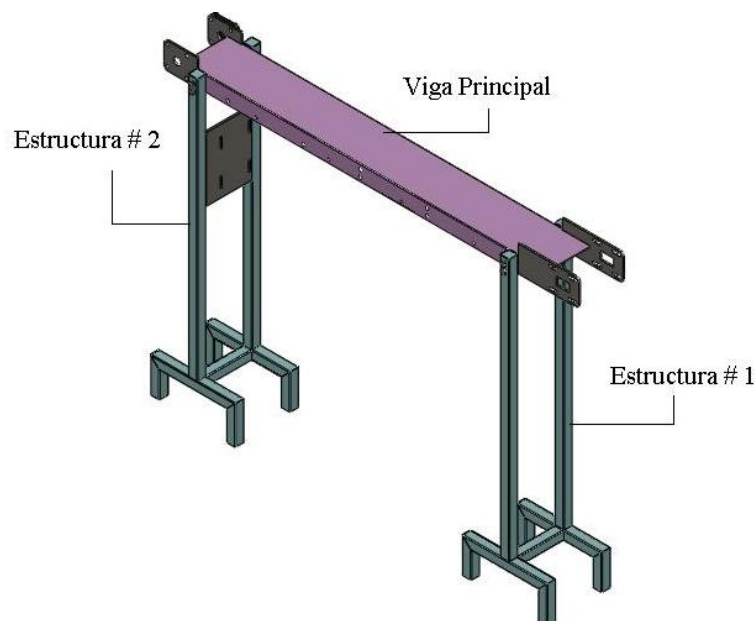
$$d = \left[ \frac{(2.8)(1.5744 \text{ N.m})}{(220 \times 10^6 \text{ N/m}^2)} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.002716 \text{ m} = 2.716 \text{ mm} \cong 3 \text{ mm}$$

Luego de haber determinado el diámetro del brazo y viendo la disponibilidad de ejes roscados comercializables en nuestro medio, seleccionaremos una barra roscada de 3/8 pulga. (9.53 mm) debido a que las guías no son muy pesadas y además con la finalidad de poder regular la distancia en función de los envases a etiquetar.

#### 6.6.15.11 Diseño de la Estructura

El diseño estructural consiste en seleccionar perfiles o tubos estructurales adecuados, para albergar todos equipos con los que debe contar la banda transportadora para su correcto funcionamiento



**Figura 6.97:** Esquema de la Estructura  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

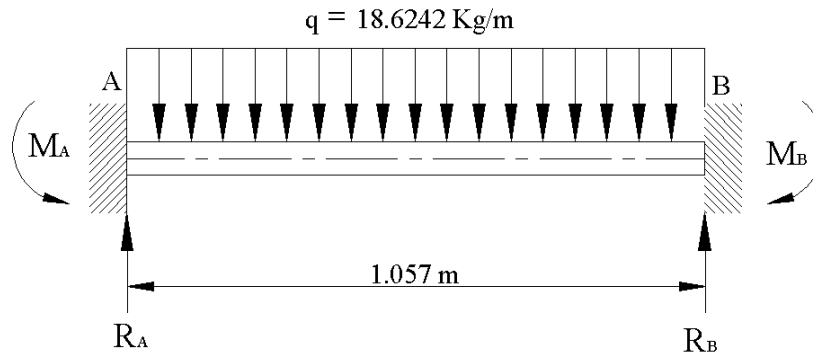
### Cálculo de la Viga Principal

Para seleccionar el perfil adecuado primero determinaremos las cargas que soporta la viga principal.

**Tabla 6.5:** Carga que actúan en la viga  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Tipo de Carga	Peso (Kg)
Envases	16
Almohada	1,51933
Guías de Envase Fijas	1,0342
Guías de Envases Regulables	0,5171
Rodillos guías de la Banda	0,46556
Eje de los rodillos guías de la Banda	0,14956
<b>q = 19,68575</b>	

La viga principal lo analizaremos como una viga con apoyos fijos en sus dos extremos como se muestra en la figura 6.98.



**Figura 6.98:** Diagrama de Cuerpo Libre de la Viga Principal  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

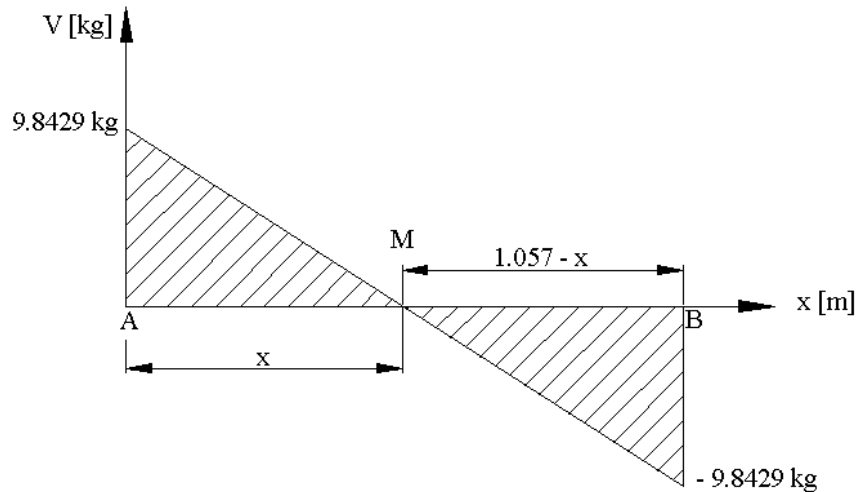
### Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector

$$R_A = R_B = \frac{ql}{2} = \frac{(18.6242 \text{ kg/m})(1.057 \text{ m})}{2}$$

$$R_A = R_B = 9.8429 \text{ kg} = 96.46 \text{ N}$$

$$M_A = M_B = \frac{ql^2}{12} = \frac{(18.6242 \text{ kg/m})(1.057 \text{ m})^2}{12}$$

$$M_A = M_B = 1.7339 \text{ kg.m} = 16.9931 \text{ N.m}$$



**Figura 6.99:** Diagrama de Fuerza Cortante de la Viga Principal  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Para graficar el diagrama de momento flector utilizaremos el método de las áreas.

$$\frac{96.46}{x} = \frac{96.46}{1.057 - x}$$

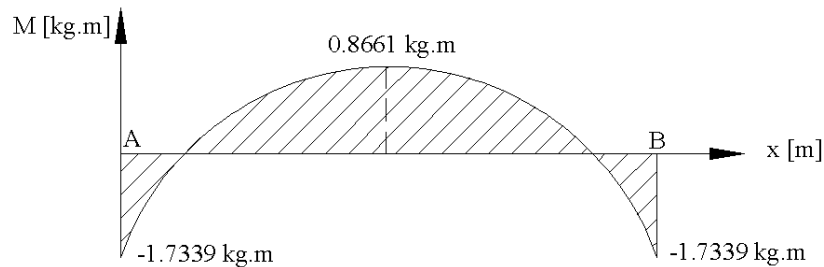
$$x = 0.5285 \text{ m}$$

$$A_1 = A_2 = \frac{(0.5285 \text{ m})(96.46 \text{ N})}{2} = 25.4895 \text{ N.m}$$

$$M_A = -1.7339 \text{ kg.m}$$

$$M_M = -1.7339 \text{ kg.m} + 2.6 \text{ Kg.m} = 0.8661 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 0.8661 \text{ kg.m} - 2.6 \text{ Kg.m} = -1.7339 \text{ kg.m}$$



**Figura 6.100:** Diagrama de Momento Flector de la Viga Principal  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

$$M_{Maximo} = 0.8661 \text{ kg.m} = 8.4964 \text{ N.m}$$



### Cálculo del Esfuerzo Permisible

$$F_b = (0.6)(36 \text{ Kpsi})$$

$$F_b = 21.6 \text{ Kpsi}$$

$$F_b = 148.824 \text{ MPa}$$

### Cálculo del Módulo de Sección

$$S = \frac{8.4964 \text{ N.m}}{148.824 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 5.7091 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 0.0571 \text{ cm}^3$$

Con el módulo de sección calculado seleccionaremos un perfil del Anexo A21. Para seleccionar el perfil también debemos considerar el diámetro de la botella razón por la cual seleccionaremos:

Un canal U:

$$A = 150 \text{ mm} \quad P_{6m} = 22.92 \text{ Kg/m}$$

$$B = 50 \text{ mm} \quad P_{1m} = 3.82 \text{ Kg/m}$$

$$e = 2 \text{ mm} \quad S = 2.80 \text{ cm}^3$$

Comprobación:

Se lo realiza considerando el peso de la viga.

$$q = 18.6242 \text{ kg/m} + 3.614 \text{ kg/m}$$

$$q = 22.2382 \text{ kg/m}$$

$$R_A = R_B = \frac{ql}{2} = \frac{(22.2382 \text{ kg/m})(1.057 \text{ m})}{2} = 11.7528 \text{ kg} = 115.1783 \text{ N}$$

$$M_A = M_B = \frac{ql^2}{12} = \frac{(22.2382 \text{ kg/m})(1.057 \text{ m})^2}{12} = 2.0705 \text{ kg.m}$$
$$= 20.2906 \text{ N.m}$$

$$M_A = -20.2906 \text{ N.m}$$

$$M_M = 10.14526 \text{ N.m}$$

$$M_B = -20.2906 \text{ N.m}$$

$$M_{Maximo} = 10.14526 \text{ N.m}$$

$$S = \frac{10.14526 \text{ N.m}}{148.824 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 6.8169 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 0.06816 \text{ cm}^3$$

$$0.0571 \text{ cm}^3 < 0.06816 \text{ cm}^3 \text{ OK}$$

### Factor de Seguridad

$$n = \frac{S_y}{F_b} = \frac{248.57 \text{ MPa}}{148.824 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.7$$

### Cálculo de cargas

Para seleccionar los perfiles o tubos estructurales adecuados tanto para la estructura 1 como la estructura 2, determinaremos el valor total de la carga que actúa sobre las estructuras mencionadas.

**Tabla 6.6:** Carga Total  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Tipo de Carga	Peso (Kg)
Viga Principal	6,5772
Polea Motriz ( d = 5")	0,42212
Chumaceras UCF204 - 12	2,43992
Envases	16
Almohada	1,51933
Eje Motriz	0,54705
Eje Conducido	0,48452
Soportes de la Almohada	1,04812
Soportes de las Guías de Envases	0,51652
Guías Fijas	0,5171
Guías Regulables	1,0342
Placa soporte del Eje Motriz	0,6808
Placa soporte del Eje Conducido	1,17412
Rodillos Guías	0,46556
Ejes Rodillos Guías	0,14956
	<b>q<sub>T</sub> = 33,5761</b>

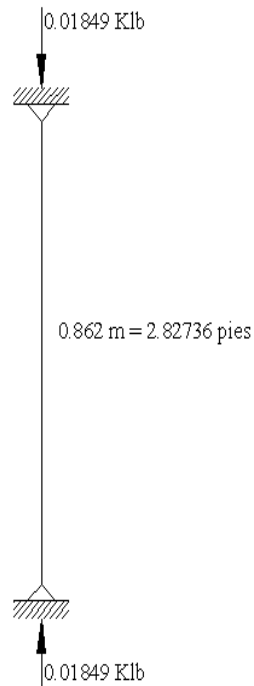
Luego de haber determinado la carga que soporta las dos estructuras, dividimos la carga para el número de columnas que contiene cada una de ellas.

$$q = 33.5761 \text{ Kg} = 329.0459 \text{ N}$$

$$q = \frac{q_T}{4} = \frac{329.0459 \text{ N}}{4} = 82.26149 \text{ N} = 0.01849 \text{ Klb}$$

### Cálculo de la Estructura # 1

Para seleccionar el tubo estructural adecuado analizaremos como una columna cargada a compresión axialmente como se muestra en la siguiente figura 6.101



**Figura 6.101:** Diagrama de Cuerpo Libre de la Columna (E.1)  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Asumo una relación de esbeltez de:

$$\frac{kl}{r} = 50$$

$F_a = 18.35 \text{ Klb/pulg}^2$ ; Leído en función de la relación de esbeltez Anexo A17

$$P = F_a A$$

$$A = \frac{0.01849 \text{ Klb}}{18.35 \text{ Klb/pulg}^2} = 1.0076 \times 10^{-3} \text{ pulg}^2$$

Con el área calculada voy al Anexo A16 y selección el tubo estructural

Selecciono:

Tubo Estructural Cuadrado: 30 mm x 2 mm ( $A = 2.14 \text{ cm}^2 = 0.3317 \text{ pulg}^2$ ,  $I = 2.71 \text{ cm}^4$ )

El radio de giro se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{2.71 \text{ cm}^4}{2.14 \text{ cm}^2}} = 1.1253 \text{ cm} = 0.4430 \text{ pulg.}$$

Comprobación

$$\frac{kl}{r} = \frac{(1)(2.82736)(12)}{0.4430 \text{ pulg.}} = 76.5876$$

$$F_a = 15.73124 \text{ Klb/pulg}^2; \text{ Leído Anexo A17}$$

$$P = (15.73124 \text{ Klb/pulg}^2)(0.3317 \text{ pulg.}^2) = 5.2181 \text{ Klb}$$

$$5.2181 \text{ Klb} > 0.01849 \text{ Klb OK}$$

### Factor de Seguridad

$$n = \frac{S_y}{F_a} = \frac{248.57 \text{ MPa}}{108.388 \text{ MPa}}$$

$$n = 2.3$$

### Cálculo de la Estructura # 2

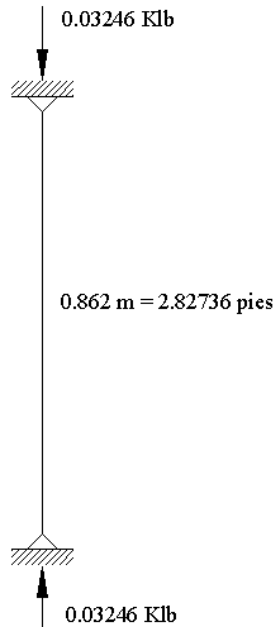
Para la selección del tubo en esta estructura, debemos considerar el peso del motor, de la polea motor y la placa base motor a más de la carga que soporta cada columna

**Tabla 6.7:** Cargas Estructura # 2  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Tipo de Carga	Peso (Kg)
Carga (q)	8,39403
Polea Motor ( d = 2")	0,11896
Peso Motor	4,7
Placa Base Motor	1,5259
	q = 14,73889

$$q = 14.73889 \text{ Kg} = 0.03246 \text{ Klb}$$

Para la selección analizaremos como una columna cargada a compresión axialmente como se muestra en la figura 6.100.



**Figura 6.102:** Diagrama de Cuerpo Libre de la Columna (E.2)  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

Asumo una relación de esbeltez de:

$$\frac{kl}{r} = 50$$

$$F_a = 18.35 \text{ Klb/pulg}^2; \text{ Leído Anexo A17}$$

$$A = \frac{0.03246 \text{ Klb}}{18.35 \text{ Klb/pulg}^2} = 0.001769 \text{ pulg}^2$$

Con el área calculada voy al Anexo A16 y selección el tubo estructural

Selecciono: Tubo Estructural Cuadrado: 30 mm x 2 mm ( $A = 2.14 \text{ cm}^2 = 0.3317 \text{ pulg}^2$ ;  $I = 2.71 \text{ cm}^4$ )

El radio de giro se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{2.71 \text{ cm}^4}{2.14 \text{ cm}^2}} = 1.1253 \text{ cm} = 0.4430 \text{ pulg.}$$

Comprobación

$$\frac{kl}{r} = \frac{(1)(2.82736)(12)}{0.4430 \text{ pulg.}} = 76.5876$$

$$F_a = 15.73124 \text{ Klb/pulg}^2; \text{ Leído Anexo A17}$$

$$P = 5.2181 \text{ Klb}$$

$$5.2181 \text{ Klb} > 0.01849 \text{ Klb OK}$$

### Factor de Seguridad

$$n = \frac{S_y}{F_a} = \frac{248.57 \text{ MPa}}{108.388 \text{ MPa}}$$

$$n = 2.3$$

## 6.6.16. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

El tamaño de un rodamiento para una determinada aplicación se selecciona en base a su capacidad de carga respecto a las cargas que ha de soportar ya sean estas radiales o axiales. Para seleccionar un rodamiento se deben considerar los siguientes parámetros:

- La carga aplicada
- La capacidad de carga dinámica
- El tiempo de servicio
- La velocidad de giro del eje

Considerando es parámetros a continuación se seleccionaran los rodamientos adecuados para cada uno de los sistemas de la máquina etiquetadora.

### 6.6.16.1 Sistema Desbobinador de Etiquetas

La selección se lo realizará considerando los siguientes parámetros:

- El rodamiento soporta una carga radial de 40.7365 kg (399.2177 N) debido a la tensión generada por la cinta de etiquetas durante el etiquetado.
- Trabaja a una temperatura de funcionamiento de 50 °C
- El eje girará a 230 rpm
- Funcionará suavemente sin vibraciones con funcionamiento suave.

➤ Trabajaré con una confiabilidad del 97%

### Carga Estática Equivalente

$P_O = F_r$  Por ser carga radial pura

$S_O = 0.5$  Leído Anexo A22

$$C_O = S_O P_O \quad \text{Ec. (6.27)}$$

$$C_O = (0.5)(399.2177 \text{ N})$$

$$C_O = 199.6088 \text{ N}$$

### Carga Dinámica Equivalente

$a_{23} = 1.6$  Valor Asumido

$L_{10h} = 50000$  Leído Anexo A23

$a_1 = 0.44$  Leído Anexo A24

$$C = P \sqrt[3]{\frac{L_{10h} * n * 60}{1000000 * a_{23} * a_1}} \quad \text{Ec. (6.28)}$$

$$C = (399.2177 \text{ N}) \sqrt[3]{\frac{(50000)(230)(60)}{(1000000)(1.6)(0.44)}}$$

$$C = 3965.5363 \text{ N}$$

Con la Carga Dinámica calculada selecciono del Anexo A25 (Catálogo SKF) el siguiente rodamiento:

Rodamiento Rígido de Bolas: 16004 (D = 42 mm; d = 20 mm; B = 8 mm)

Comprobación

$$d_m = \frac{D + d}{2} \quad \text{Ec. (6.29)}$$

$$d_m = \frac{42 + 20}{2} = 31$$

$V_1 = 85 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A26 en función del  $d_m$  y la velocidad del eje  
 $V = 160 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A27 en función de  $V_1$  y la Temperatura de F.

$$K = \frac{V}{V_1} = \frac{160 \text{ mm}^2/\text{s}}{85 \text{ mm}^2/\text{s}} = 1.9$$

$a_{23} = 1.7$  Leído Anexo A28 en función de K

$$C = (399.2177 \text{ N}) \sqrt[3]{\frac{(50000)(230)(60)}{(1000000)(1.7)(0.44)}}$$

$$C = 3886.204 \text{ N}$$

#### 6.6.16.2 Sistema Rebobinador de Desperdicio

El rodamiento a seleccionar para este sistema se lo realizará considerando los mismos parámetros que el otro sistema debido a que funcionan conjuntamente y con la diferencia que soportan una carga radial de 56.833 kg (556.9634 N)

##### Carga Estática Equivalente

$P_O = F_r$  Por ser carga Radial Pura

$$C_O = (0.5)(556.9634 \text{ N})$$

$$C_O = 278.4817 \text{ N}$$

##### Carga Dinámica Equivalente

$a_{23} = 1.6$  Valor Asumido

$L_{10h} = 50000$  Leído Anexo A23

$a_1 = 0.44$  Leído Anexo A24

$$C = (556.9634 \text{ N}) \sqrt[3]{\frac{(50000)(230)(60)}{(1000000)(1.6)(0.44)}}$$



$$C = 5532.4666 \text{ N}$$

Con la Carga Dinámica calculada selecciono del Anexo A25 (Catálogo SKF) el siguiente rodamiento:

Rodamiento Rígido de Bolas: 16004 (D = 42 mm; d = 20 mm; B = 8 mm)

Comprobación

$$d_m = \frac{42 + 20}{2} = 31$$

$V_1 = 85 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A26 en función del  $d_m$  y la velocidad del eje

$V = 160 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A27 en función de  $V_1$  y la Temperatura de F.

$$K = \frac{V}{V_1} = \frac{160 \text{ mm}^2/\text{s}}{85 \text{ mm}^2/\text{s}} = 1.9$$

$a_{23} = 1.7$  Leído Anexo A28 en función de K

$$C = (556.9634 \text{ N}) \sqrt[3]{\frac{(50000)(230)(60)}{(1000000)(1.7)(0.44)}}$$

$$C = 5421.7875 \text{ N}$$

### 6.6.16.3 Sistema Giro de Envases

Este sistema está conformado por un eje motriz y un fijo, los rodamientos a seleccionar para estos ejes se lo hará considerando los siguientes parámetros:

- Trabaja a una temperatura de funcionamiento de 50 °C
- El eje motriz y los rodamientos del eje fijo girarán a 80 rpm
- Funcionará suavemente sin vibraciones con funcionamiento suave.
- Trabaja con una confiabilidad del 97%

#### Eje Motriz

Los rodamientos a seleccionar para este eje deberán soportar una carga radial de 92.2733 kg (904.2777 N).

### Carga Estática Equivalente

$P_o = F_r$  Por ser carga Radial Pura

$$C_o = (0.5)(904.2777 \text{ N})$$

$$C_o = 452.1389 \text{ N}$$

### Carga Dinámica Equivalente

$a_{23} = 1.6$  Valor Asumido

$L_{10h} = 50000$  Leído Anexo A23

$a_1 = 0.44$  Leído Anexo A24

$$C = (904.2777 \text{ N}) \sqrt[3]{\frac{(50000)(80)(60)}{(1000000)(1.6)(0.44)}}$$

$$C = 6317.0554 \text{ N}$$

Con la Carga Dinámica calculada selecciono del Anexo A25 (Catálogo SKF) el siguiente rodamiento:

Rodamiento Rígido de Bolas: 16005 (D = 47 mm; d = 25 mm; B = 8 mm)

Comprobación

$$d_m = \frac{47 + 25}{2} = 36$$

$V_1 = 220 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A26 en función del  $d_m$  y la velocidad del eje

$V = 400 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A27 en función de  $V_1$  y la Temperatura de F.

$$K = \frac{400 \text{ mm}^2/\text{s}}{220 \text{ mm}^2/\text{s}} = 1.8$$

$a_{23} = 1.6$  Leído Anexo A28 en función de K

$$C = (904.2777 \text{ N}) \sqrt[3]{\frac{(50000)(80)(60)}{(1000000)(1.7)(0.44)}}$$

$$C = 6190.6802 \text{ N}$$

### **Eje Fijo**

Los rodamientos a seleccionar para este eje deberán soportar una carga radial de 269.1857 kg (2638.0197 N).

### **Carga Estática Equivalente**

$$P_o = F_r \text{ Por ser carga Radial Pura}$$

$$C_o = (0.5)(2638.0197 \text{ N})$$

$$C_o = 1319.0098 \text{ N}$$

### **Carga Dinámica Equivalente**

$$a_{23} = 1.6 \text{ Valor Asumido}$$

$$L_{10h} = 50000 \text{ Leído Anexo A23}$$

$$a_1 = 0.44 \text{ Leído Anexo A24}$$

$$C = (2638.0197 \text{ N})^3 \sqrt{\frac{(50000)(80)(60)}{(1000000)(1.6)(0.44)}}$$

$$C = 18428.5385 \text{ N}$$

Con la Carga Dinámica calculada selecciono del Anexo A25 (Catálogo SKF) el siguiente rodamiento:

Rodamiento Rígido de Bolas: 6305 (D = 62 mm; d = 25 mm; B = 17 mm)

Comprobación

$$d_m = \frac{62 + 25}{2} = 43.5$$

$$V_1 = 190 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ Leído Anexo A26 en función del } d_m \text{ y la velocidad del eje}$$

$$V = 395 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ Leído Anexo A27 en función de } V_1 \text{ y la Temperatura de F.}$$

$$K = \frac{395 \text{ mm}^2/\text{s}}{190 \text{ mm}^2/\text{s}} = 2.1$$

$a_{23} = 1.72$  Leído Anexo A28 en función de K

$$C = (2638.0197N) \sqrt[3]{\frac{(50000)(80)(60)}{(1000000)(1.72)(0.44)}}$$

$$C = 17989.5959 N$$

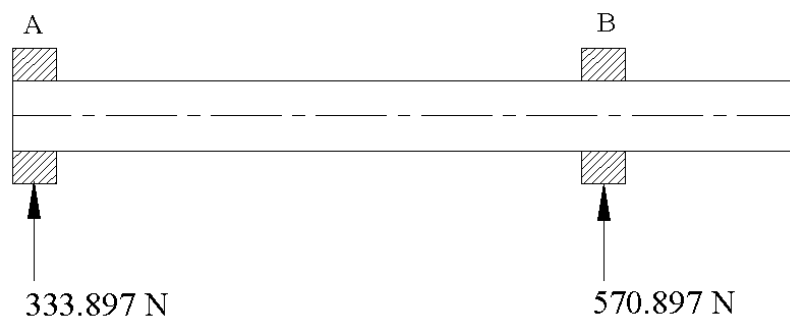
#### 6.6.16.4 Banda Transportadora

El transportador de envases está conformado por un eje motriz y un impulsado, los rodamientos a seleccionar para estos ejes se lo hará considerando los siguientes parámetros:

- Trabaja a una temperatura de funcionamiento de 50 °C
- El eje motriz y el eje impulsado girarán a 167 rpm
- Funcionará suavemente sin vibraciones con funcionamiento suave.
- Trabaja con una confiabilidad del 97%

#### Eje Motriz

Los rodamientos a seleccionar deben soportar solo cargas radiales como se ilustra en la siguiente figura.



*Figura 6.103: Fuerzas radiales actuantes en el eje motriz  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

#### Análisis para la selección del Rodamiento A

#### Carga Estática Equivalente

$P_o = F_r$  Por ser carga Radial Pura

$$C_o = (0.5)(333.897N)$$

$$C_o = 166.9485 N$$

### Carga Dinámica Equivalente

$a_{23} = 1.6$  Valor Asumido

$L_{10h} = 50000$  Leído Anexo A23

$a_1 = 0.44$  Leído Anexo A24

$$C = (333.897N) \sqrt[3]{\frac{(50000)(167)(60)}{(1000000)(0.44)(1.6)}}$$

$$C = 2981.0382 N$$

Con la Carga Dinámica calculada selecciono del Anexo A25 (Catálogo SKF) el siguiente rodamiento:

Rodamiento Rígido de Bolas: 6204 (D = 47 mm; d = 20 mm; B = 14 mm)

Comprobación

$$d_m = \frac{47 + 20}{2} = 33.5$$

$V_1 = 119 \text{ mm}^2/s$  Leído Anexo A26 en función del  $d_m$  y la velocidad del eje

$V = 200 \text{ mm}^2/s$  Leído Anexo A27 en función de  $V_1$  y la Temperatura de F.

$$K = \frac{200 \text{ mm}^2/s}{119 \text{ mm}^2/s} = 1.7$$

$a_{23} = 1.6$  Leído Anexo A28 en función de K

$$C = (333.897N) \sqrt[3]{\frac{(50000)(167)(60)}{(1000000)(1.6)(0.44)}}$$

$$C = 2981.0382 N$$

Luego de haber seleccionado el rodamiento adecuado procedemos a seleccionar el soporte del rodamiento en función de la carga dinámica y el rodamiento seleccionado.

Según el Anexo A29 (Catálogo SKF) seleccionaremos un soporte de brida FY504.

### **Análisis para la selección del Rodamiento B**

#### **Carga Estática Equivalente**

$P_O = F_r$  Por ser carga Radial Pura

$$C_O = (0.5)(570.897N)$$

$$C_O = 285.4485N$$

#### **Carga Dinámica Equivalente**

$a_{23} = 1.6$  Valor Asumido

$L_{10h} = 50000$  Leído Anexo A23

$a_1 = 0.44$  Leído Anexo A24

$$C = (570.897 N) \sqrt[3]{\frac{(50000)(167)(60)}{(1000000)(0.44)(1.6)}}$$

$$C = 5096.9783N$$

Con la Carga Dinámica calculada selecciono del Anexo A25 (Catálogo SKF) el siguiente rodamiento:

Rodamiento Rígido de Bolas: 6204 (D = 47 mm; d = 20 mm; B = 14 mm)

Comprobación

$$d_m = \frac{47 + 20}{2} = 33.5$$

$V_1 = 119 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A26 en función del  $d_m$  y la velocidad del eje

$V = 200 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A27 en función de  $V_1$  y la Temperatura de F.

$$K = \frac{200 \text{ mm}^2/\text{s}}{119 \text{ mm}^2/\text{s}} = 1.7$$

$a_{23} = 1.6$  Leído Anexo A28 en función de K

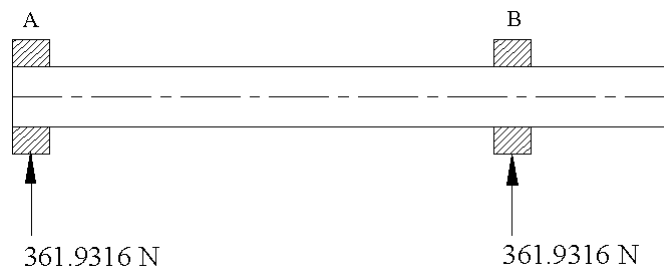
$$C = (570.897N) \sqrt[3]{\frac{(50000)(167)(60)}{(1000000)(1.6)(0.44)}}$$

$$C = 5096.9783N$$

Según el Anexo A00 (Catálogo SKF) seleccionaremos un soporte de brida FY504 para el rodamiento seleccionado.

### Eje Impulsado

Los rodamientos a seleccionar se harán considerando los mismos parámetros de funcionamiento con la diferencia que soportan una carga radial que se presenta en la siguiente figura.



*Figura 6.104: Fuerzas radiales actuantes en el eje impulsado  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

### Análisis para la selección del Rodamiento A y B

#### Carga Estática Equivalente

$P_o = F_r$  Por ser carga Radial Pura

$$C_o = (0.5)(361.9316 N)$$

$$C_o = 180.9658 N$$

#### Carga Dinámica Equivalente

$$a_{23} = 1.6 \text{ Valor Asumido}$$

$$L_{10h} = 50000 \text{ Leído Anexo A23}$$

$$a_1 = 0.44 \text{ Leído Anexo A24}$$

$$C = (361.9316 N) \sqrt[3]{\frac{(50000)(167)(60)}{(1000000)(0.44)(1.6)}}$$

$$C = 3231.3316 N$$

Con la Carga Dinámica calculada seleccionaremos tanto para el apoyo A como el B el mismo rodamiento según el Anexo A25 (Catálogo SKF) el siguiente rodamiento:

Rodamiento Rígido de Bolas: 6204 (D = 47 mm; d = 20 mm; B = 14 mm)

Comprobación

$$d_m = \frac{47 + 20}{2} = 33.5$$

$V_1 = 119 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A26 en función del  $d_m$  y la velocidad del eje

$V = 200 \text{ mm}^2/\text{s}$  Leído Anexo A27 en función de  $V_1$  y la Temperatura de F.

$$K = \frac{200 \text{ mm}^2/\text{s}}{119 \text{ mm}^2/\text{s}} = 1.7$$

$a_{23} = 1.6$  Leído Anexo A28 en función de K

$$C = (570.897N) \sqrt[3]{\frac{(50000)(167)(60)}{(1000000)(1.6)(0.44)}}$$

$$C = 5096.9783N$$

Según el Anexo A29 (Catálogo SKF) seleccionaremos un soporte de brida FY504 para el rodamiento seleccionado.



## 6.6.17 Diseño del Sistema Eléctrico y de Control

### 6.6.17.1 Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico es el encargado y el responsable del funcionamiento de la máquina, es por eso que se utilizó equipos modernos de fácil montaje y operación.

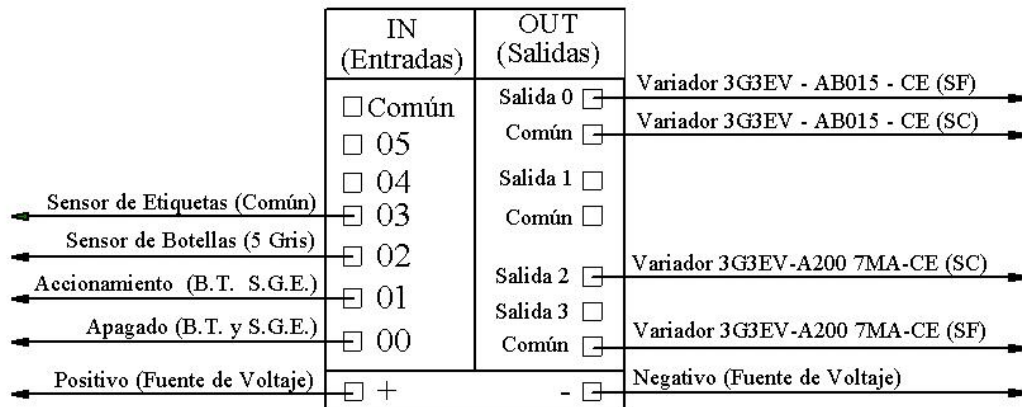
#### PLC (Controlador Lógico Programable)

El PLC que se utilizó para realizar la operación de etiquetado es un CPM2C de las siguientes características:

**Tabla 6.8:** Características PLC (CPM2C)  
Fuente: *Autómatas Programables Industriales (OMRON)*

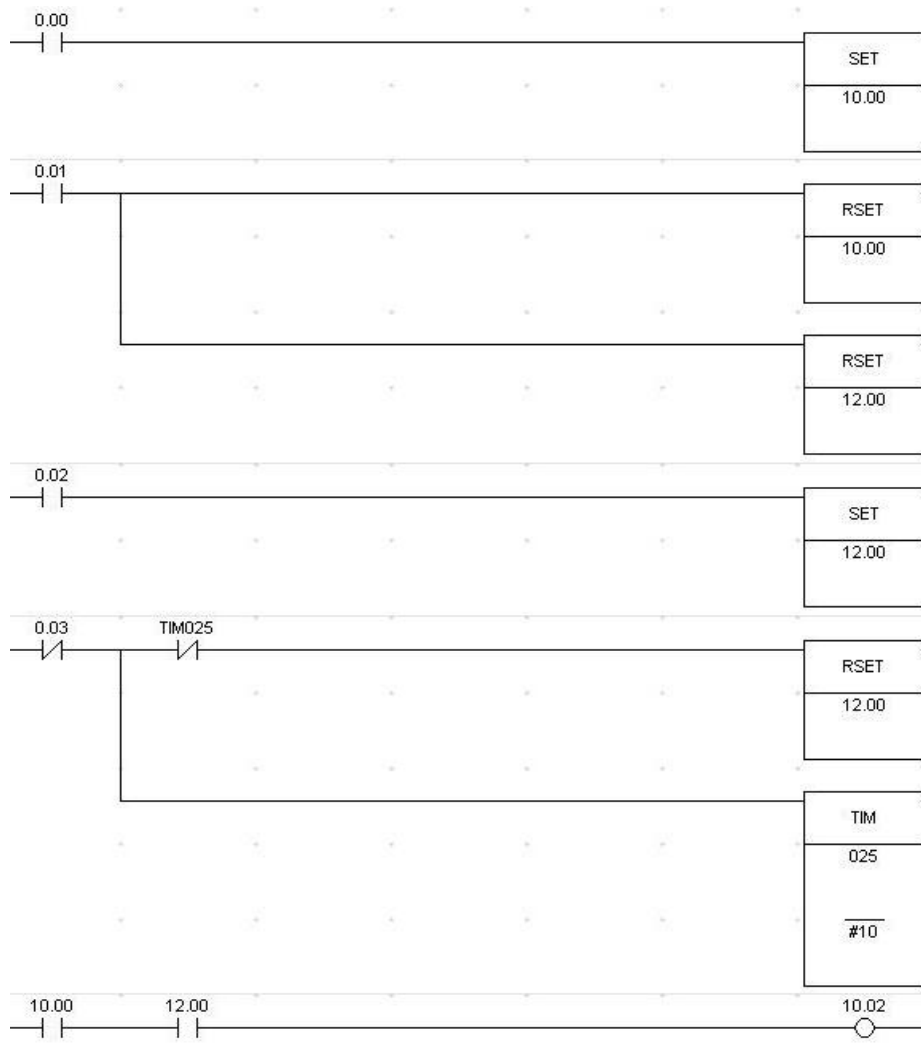
PLC CPM2C	
ITEM	CPU CON 10 PUNTOS DE E/S
	Salida a Relé
Tensión de Alimentación	24 Vc.c
Rango de Tensión de Operación	20.4 a 26.4 Vc.c
Consumo	4 W
Corriente Máxima	25 A máx.
Temperatura Ambiente	0° a 55 °C
Humedad	10% a 90% (Sin condensación)
Atmósfera	Libre de gases corrosivos
Tiempo de Corte de Alimentación	2 ms. Mínimo
Peso	200 g. máx.

Luego de haber descrito las características del PLC utilizado; en la figura 6.105 se indica el circuito de conexiones del PLC



**Figura 6.105:** Circuito de Conexión del PLC  
Fuente: *Investigador (Criollo Fabián)*

En la figura 6.106 se indica el programa realizado y almacenado en la memoria del PLC CPM2C utilizado.



**Figura 6.106:** Programación del PLC  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

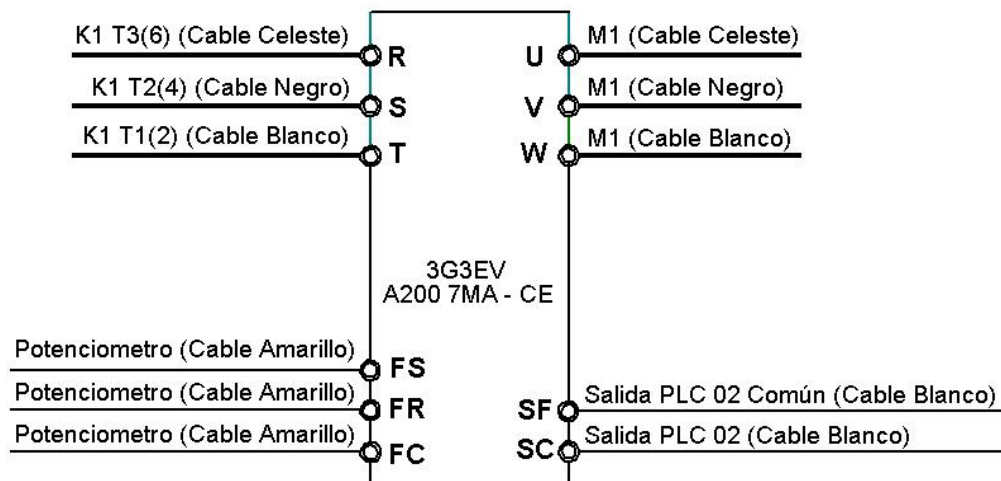
## Variadores de Frecuencia

Para controlar la velocidad del motor del sistema rebobinador de desperdicio, el motor del sistema giro de envases y el motor de la banda transportadora se seleccionaron 2 variadores de frecuencia en función de la potencia del motor calculada. Cabe indicar que un variador controlará el sistema rebobinador y el otro controlará el sistema giro de envases y la banda transportadora debido a que funcionan a la misma velocidad. En la tabla 6.9 se indica las características de los variadores seleccionados.

**Tabla 6.9:** Características Variadores de Frecuencia  
**Fuente:** Convertidores de Frecuencia (OMRON)

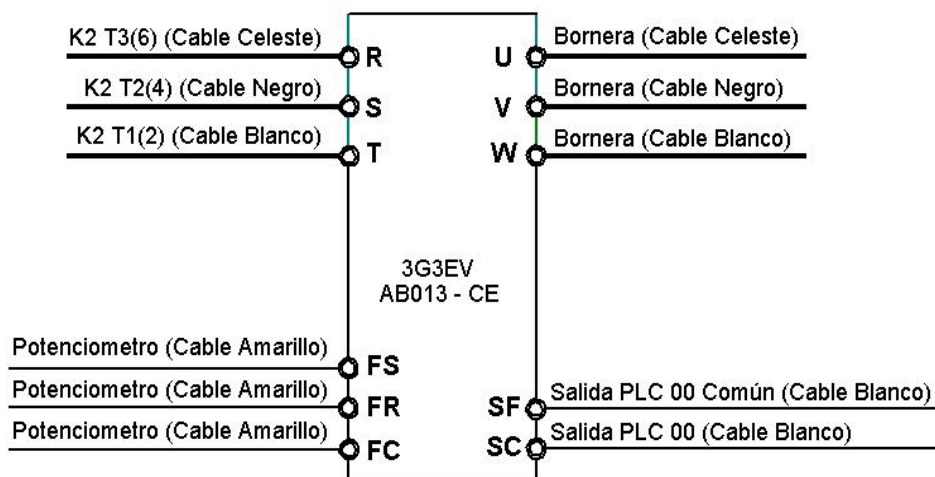
<b>SYSDRIVE 3G3EV</b>		
<b>ITEM</b>	<b>MODELOS</b>	
	<b>A2007MA-CE*</b>	<b>AB013-CE**</b>
Peso	1.3 (Kg)	2 (kg)
Tensión de entrada	Trifásica ( 220 V)	
Tensión de salida nominal	Trifásica (200 a 230 V)	
Frecuencia Máxima	400 (Hz)	
Lugar de Instalación)	Interior (libre de gases corrosivos y polvo)	
Temperatura de operación	-10 °C a 50 °C	
Humedad	90 % o menor (sin condensación)	
<b>ESPECIFICACIONES</b>		
Tipo de Instalación	A	(Montaje en panel)
Clase de Tensión	2	(Entrada Trifásica 220 V)
	B	(mono/trifásica 220 V)
Capacidad máxima del motor aplicable	007	(1.1 kw)
	013	(1.5 kw)
* Variador del Sistema Rebobinador de Desperdicio		
** Variador del Sistema giro de Envases y Banda Transportadora		

En figura 6.107 se indica el circuito de conexión del Variador del Sistema Rebobinador de Desperdicio



**Figura 6.107:** Circuito de Conexión Variador 1  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

En la figura 6.108 se indica el circuito de conexión del Variador que controla el sistema giro de envases y la banda transportadora.



**Figura 6.108:** Circuito de Conexión Variador 2  
*Fuente:* Investigador (Criollo Fabián)

En la tabla 6.10 se indica los datos introducidos en los variadores para el funcionamiento de cada sistema.

**Tabla 6.10:** Configuración variadores  
*Fuente:* Convertidores de Frecuencia (OMRON)

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	DATOS	
		A2007MA-CE	AB013-CE
<b>FOUT</b>	Monitorizar Frecuencia de Salida (Hz)	5 a 12	3.1 a10.1
<b>IOUT</b>	Monitorizar Corriente de Salida (C.E:A)	0.2	0.2
<b>ACC</b>	Tiempo de Aceleración (Segundos)	0.0	2.0
<b>DEC</b>	Tiempo de Desaceleración (segundos)	0.0	2.0
<b>F/R</b>	Selección de Marcha (directa/Inversa)	For	For
<b>FMAX</b>	Frecuencia Máxima (Hz)	60	60
<b>VMAX</b>	Tensión Máxima (V)	230	230
<b>FBAS</b>	Frecuencia de Tensión Máxima (Hz)	60	60
<b>THR</b>	Corriente de Referencia Termo eléctrica (A)	0.6	0.6

Los datos que se almacenaron en cada uno de los variadores se justifican a continuación:

En el variador del sistema rebobinador de desperdicio se dio un tiempo de aceleración del motor 0 segundos, debido a que, la etiqueta debe salir a la frecuencia establecida para ser colocada en el momento que el envase pasa. Además, se dio un tiempo de desaceleración de 0 segundos con la finalidad de que el motor pare al instante para evitar que se peguen dos etiquetas en el envase que pasa.

En el variador que controla el sistema giro de envases y la banda transportadora los datos que se almacenaron fue los tiempos de aceleración y desaceleración con un valor de 2 segundos debido que funcionan independientemente con respecto al sistema rebobinador. Cabe indicar que los demás datos ilustrados en la tabla 6.10 son valores que no afectan al funcionamiento de cada sistema, pero sirven de referencia para lograr un buen funcionamiento del variador y evitar el daño del mismo.

### Sensores

Para detectar la presencia de los envases durante la operación de etiquetado se selecciono un sensor fotoeléctrico (réflex) porque detectan envases plásticos transparentes a larga y corta distancia, en la tabla 6.11 se indica las características del sensor utilizado

**Tabla 6.11:** Características del Sensor  
Fuente: Sensores Fotoeléctricos (OMRON)

<b>SENSOR FOTOELÉCTRICO (REFLÉX)</b>	
<b>Ítem</b>	<b>Características Técnicas</b>
Tensión de alimentación	12 a 240 Vc.c y de 24 a 240 Vc.a
Consumo	$\leq 2W$
Distancia de detección	5 metros
Ángulo direccional con reflector	3 a 20°
Tiempo de respuesta	$\leq 30$ ms
Temperatura Operación	-25 °C a 55°C

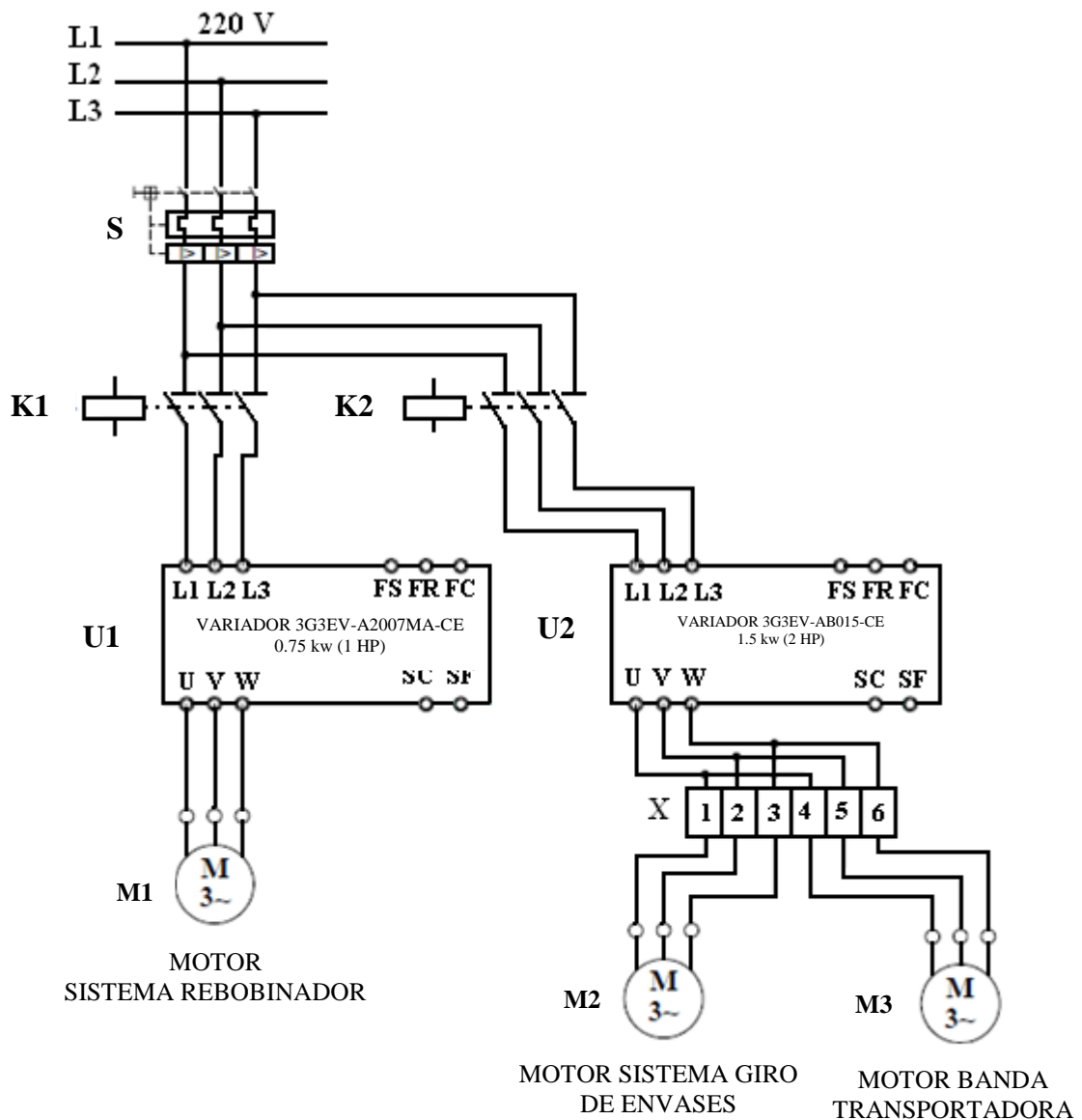
### 6.6.17.2 Sistema de Control

#### Descripción del funcionamiento del Sistema de Control

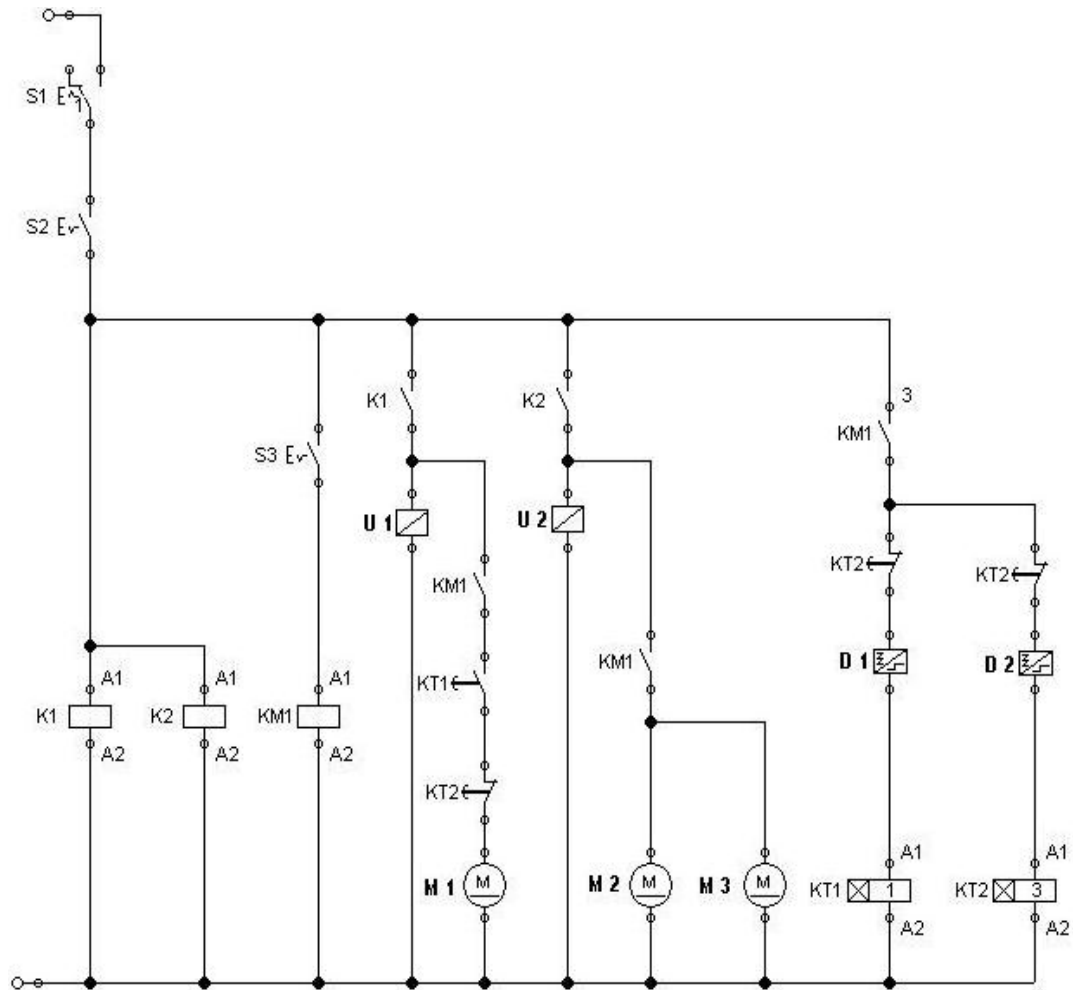
Para que la máquina etiquetadora funcione se debe presionar un interruptor que es el encendido general de la máquina el cual permite el paso de corriente a la fuente de 24 V y por ende al PLC, el sensor óptico y el sensor fotoeléctrico (réflex). Luego de haber realizado el encendido general de la máquina, se puede presionar un pulsador que permite el enclavamiento del contactor C1 para energizar el variador que controla el sistema rebobinador de desperdicio; al mismo tiempo se produce el enclavamiento del contactor C2 para energizar el variador que controla

el sistema giro de botellas y la banda transportadora debido a que funcionan a la misma frecuencia. Para realizar el accionamiento del sistema rebobinador de desperdicio, sistema giro de botellas y banda transportadora se deber presionar un pulsador que controla estos sistemas, además existe un pulsador denominado para de emergencia que si se presenta algún inconveniente en la máquina al presionar este se detienen en ese momento el sistema rebobinador de desperdicio, sistema giro de botellas y banda transportadora.

En la figura 6.109 se indica el diagrama de potencia y en la figura 6.110 la simulación del funcionamiento de la máquina etiquetadora



**Figura 6.109:** Circuito de Potencia  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)



**Figura 6.110:** Simulación del Funcionamiento de la Máquina Etiquetadora  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

### Simbología del Circuito de Control

**S1:** Interruptor Automático Tripolar (Encendido General)

**S2:** Pulsador (Energización del U1 y U2)

**S3:** Pulsador (Accionamiento de los Motores M1, M2 y M3)

**K1:** Contactor (Cierra o interrumpe el paso de energía al U1)

**K2:** Contactor (Cierra o interrumpe el paso de energía al U2)

**KM1:** Contactor Auxiliar (Cierra o interrumpe la energía para accionar M1 y M2)

**U1:** Variador de Frecuencia (Sistema Rebobinador de Desperdicio)

**U2:** Variador de Frecuencia (Sistema Giro de Botellas y Banda Transportadora)

**M1:** Motor Trifásico (Sistema Rebobinador de Desperdicio)

**M2:** Motor Trifásico (Sistema Giro de Botellas)

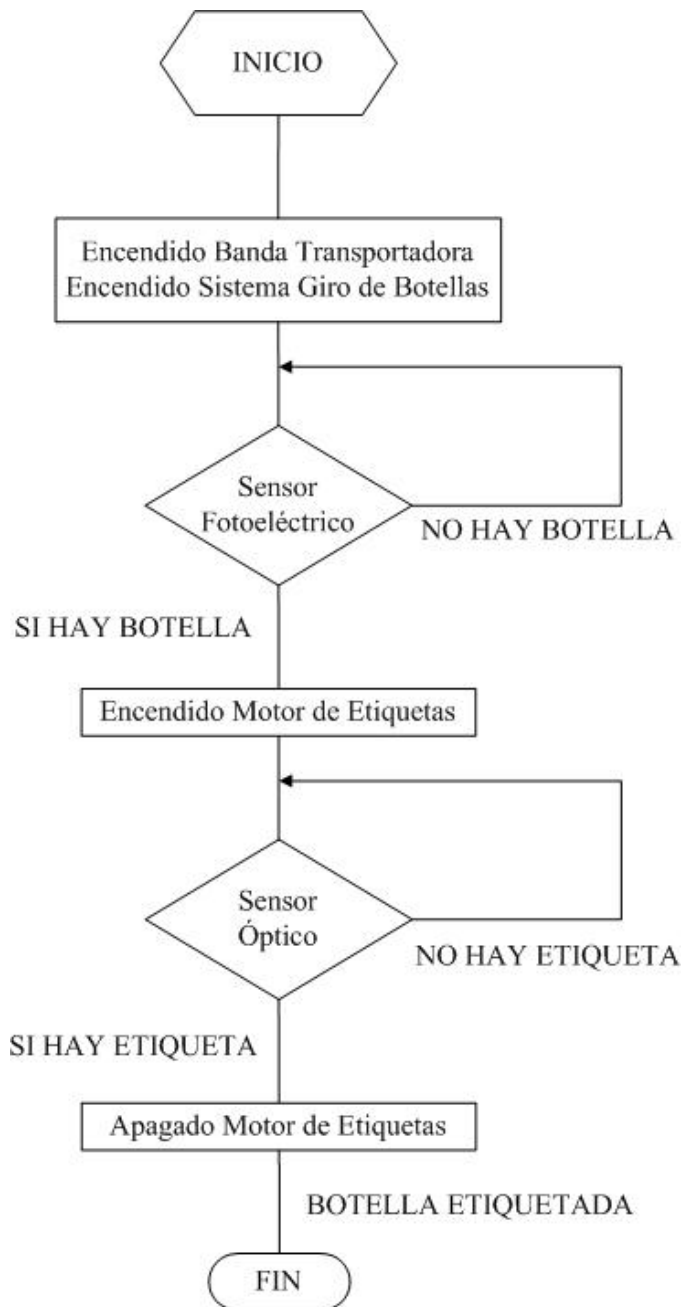
**M3:** Motor Trifásico (Banda Transportadora)

**D1:** Sensor Fotoeléctrico Réflex (Detectar la presencia de Botellas)

**D2:** Sensor Óptico (Detectar la separación entre etiquetas)

### Lógica de Funcionamiento

En la figura 6.111 se indica el diagrama de flujo sobre el funcionamiento de la máquina etiquetadora.



**Figura 6.111:** Diagrama de Flujo  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)



Cuando ingresa una botella por la banda transportadora atraviesa el sensor fotoeléctrico (réflex) que es el sensor de entrada que envía un pulso eléctrico aproximadamente de 24V a una entrada del PLC para enclavar una bobina el cual activa el motor del sistema rebobinador de desperdicio el cual arrastra la cinta de etiquetas hacia la placa separadora de las mismas.

Al arrastrar la cinta de etiquetas esta pasa por un sensor óptico y al llegar a una franja de color negra al final de cada etiqueta el sensor se enciende y envía un pulso aproximadamente de 24V a otra entrada del PLC para enclavar una bobina el cual activa una salida del PLC para apagar el motor del sistema rebobinador de etiquetas.

## **6.7 METODOLOGÍA**

### **6.7.1 TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA**

Dentro de lo que es la Tecnología de Construcción de esta máquina, las recomendaciones sobre los procesos y maquinaria a utilizarse, servirán de guía para su construcción.

La infraestructura a utilizarse en lo que respecta a máquina-herramienta es indispensable, ya que se necesitan máquinas de gran capacidad para el maquinado y montaje de los diferentes elementos de la máquina.

Es necesario para el montaje de cada una de las partes de la etiquetadora disponer de herramientas para facilidad de los procesos y por razones de seguridad.

La maquinaria necesaria y su tiempo de utilización, se detallan en forma estimativa más adelante. Además de la maquinaria, se utilizarán instrumentos de medida y equipo de banco.

### **Máquinas herramientas necesarias para la construcción de la Máquina**

**Tabla 6.12: Máquinas Herramientas para la Construcción**  
**Fuente: Investigador (Criollo Fabián)**

<b>DESIGNACIÓN MÁQUINA</b>	<b>MÁQUINA</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
M1	Torno Paralelo	Volteo 500 mm Distancia entre centros 4000 mm Potencia 7 Kw Velocidades: 18 – 700 RPM
M2	Fresadora Universal	Carrera de la Mesa: 600 mm Capacidad Máxima: 1000 Kg Potencia del motor: 5 Hp Velocidades: 45 – 1215 RPM Avances: 0.75 – 15 mm/min
M3	Soldadora Oxiacetilénica	Capacidad de corte 35 mm de espesor
M4	Soldadora Eléctrica	Sea esta de CC/CA Tensión 220 – 230 V Capacidad 230 Amp.
M5	Taladro de pedestal	De columna y sobremesa Giro de la mesa 180° Ranura en T4 Gama de Velocidades Potencia del Motor 1.5 HP Capacidad de perforado 16 mm Avance vertical de la mesa 800 mm
M6	Dobladora de Tol	Longitud útil 2440 mm Espesor de lámina 3 mm Potencia 2 HP
M7	Esmeril	Potencia del motor 2 HP Velocidad 3400 RPM
M8	Cizalla de Corte	Calibre 4 mm Longitud 400 mm
M9	Taladro Eléctrico Manual	Potencia 2 KW Velocidad de 300 – 1600 RPM
M10	Pulidora	Potencia 2 KW Velocidad 8000 RPM Diámetro Abrasivo

Tabla 6.12 (Cont.)

M11	Pistola de Pintar	Potencia de 1 HP Compresor 120 PSI Pistola (Equipo de Pintar)
M12	Herramientas Auxiliares	Calibradores, Flexómetro, Escuadras, Brocas, Machuelo, Granete, Cincel, Cuchillas, Martillos, Llaves de corona, Llaves hexagonales, Limas, Limatones, etc.

### 6.7.2 OPERACIONES TECNOLÓGICAS

Las principales operaciones que se deben realizar para la fabricación de las diversas piezas que conforman la máquina se detallan en la siguiente tabla:

*Tabla 6.13: Operaciones Tecnológicas*  
*Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

#	OPERACIONES
1	Trazado y Corte de Materiales
2	Limpieza de Rebabas y Amolado
3	Cepillado o Limado
4	Perforado o Agujereado
5	Doblado o Curvado
6	Soldado
7	Refrentado o Cilindrado
8	Ranurado
9	Roscado
10	Fresado
11	Perforado y Roscado manual
12	Refrentado, Perforado y Torneado
13	Rectificado
14	Empernado
15	Pulido
16	Limpiado
17	Lijado
18	Masillado
19	Fondeado
20	Pintado
21	Montaje

### 6.7.3 CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA CONSTRUCCIÓN

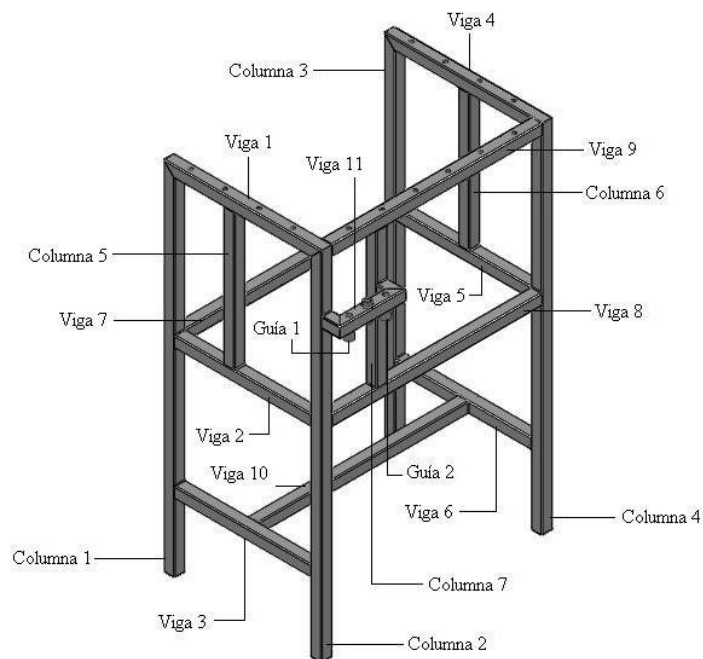
Los cursogramas sinópticos siguientes corresponden a las diferentes etapas de construcción para cada uno de los elementos de la máquina, y se indican en ellos también el tiempo utilizado en cada operación. En los cursogramas a utilizar se utilizaran las siguientes simbologías.

**Tabla 6.14:** Simbología de los cursogramas  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

SÍMBOLO	INTERPRETACIÓN
○	Operación
□	Inspección
▽	Fin del proceso

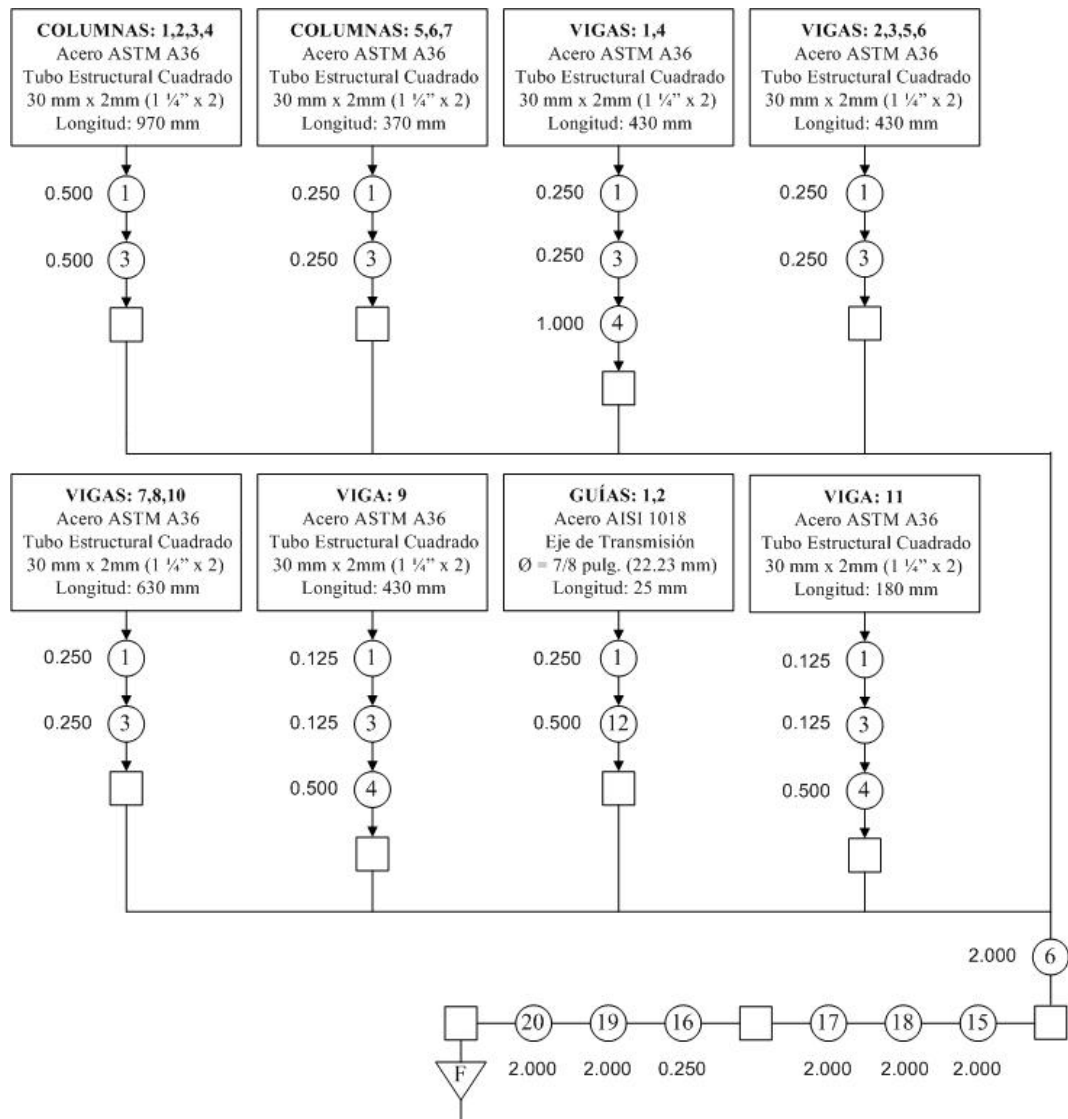
### 6.7.3.1 CURSOGRAMAS SINÓPTICOS DE LA ETIQUETADORA

#### Estructura de la Máquina Etiquetadora

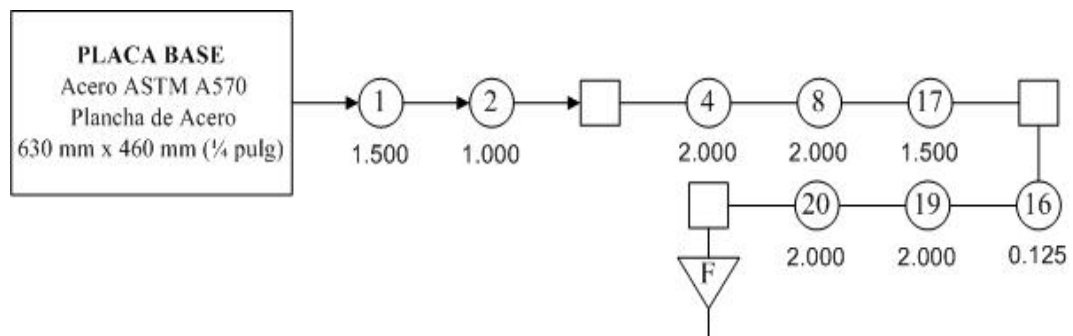


**Figura 6.112:** Estructura Máquina Etiquetadora  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

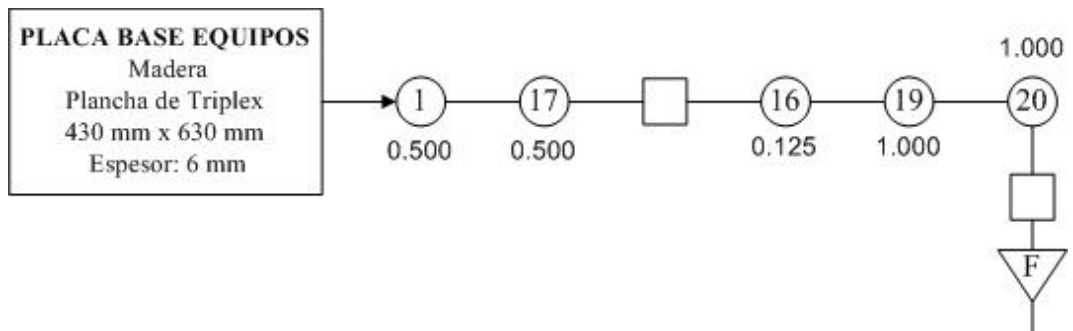
## Pieza (P1): Estructura Máquina Etiquetadora



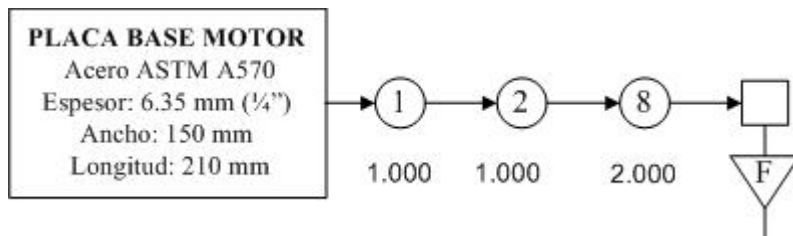
## Pieza (P2): Placa Base



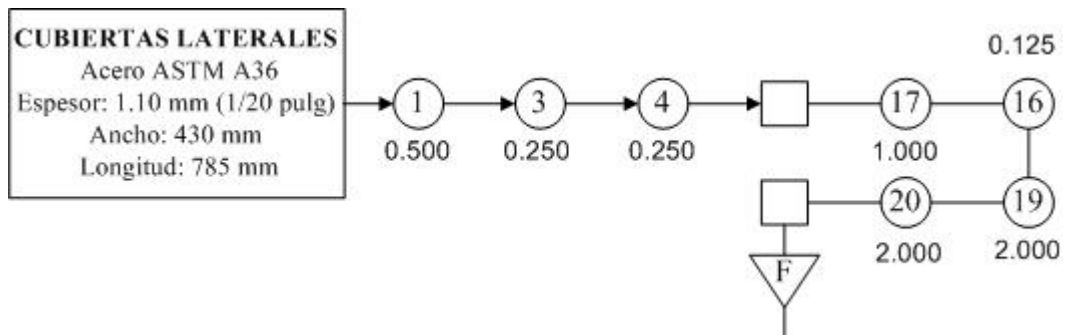
**Pieza (P3): Placa Base Equipos**



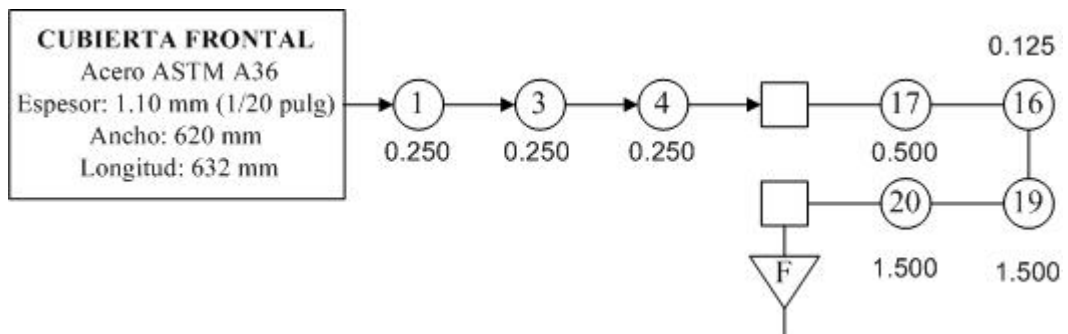
**Pieza (P4): Placa Base Motor**



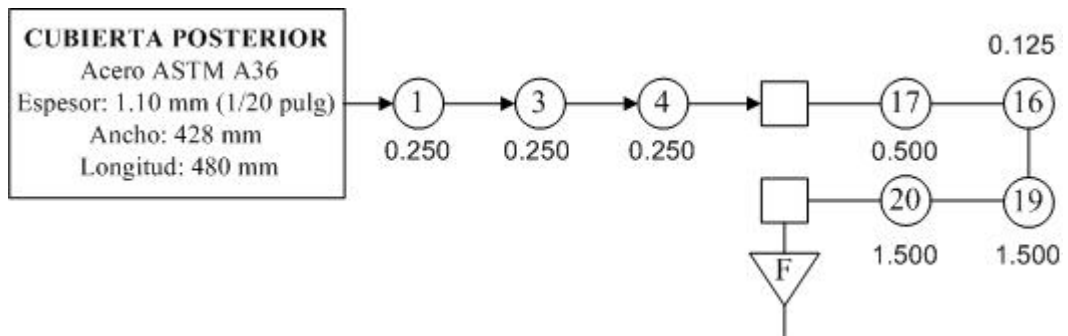
**Pieza (P5): Cubiertas Laterales**



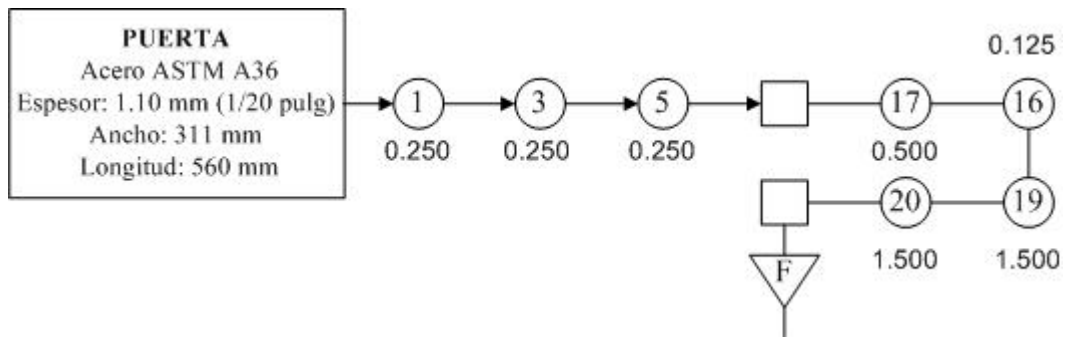
**Pieza (P6): Cubierta Frontal**



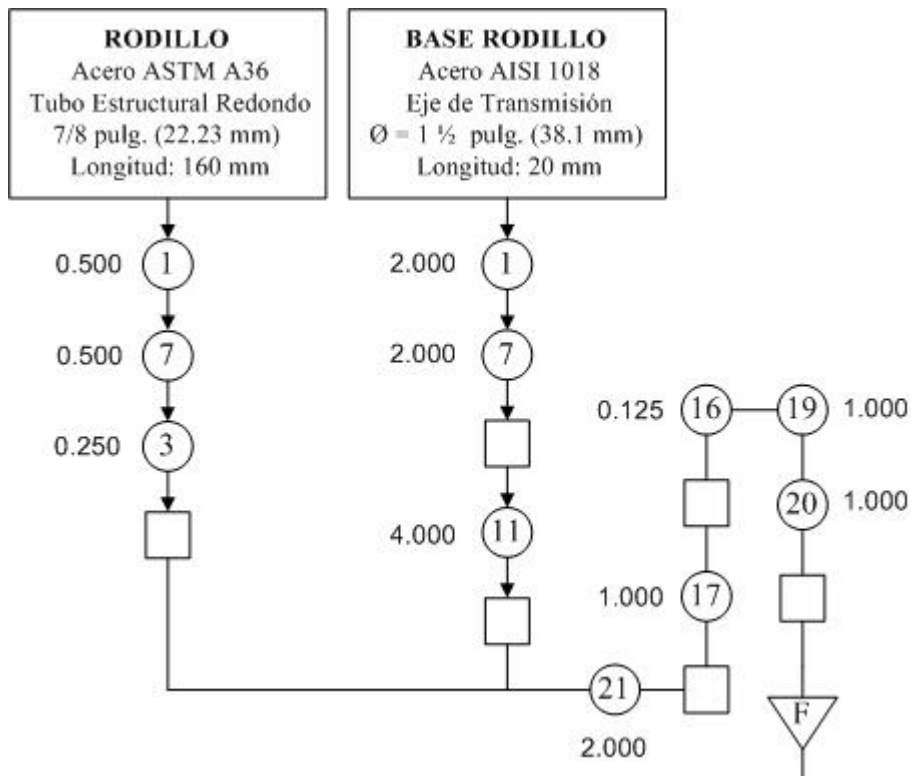
**Pieza (P7): Cubierta Posterior**



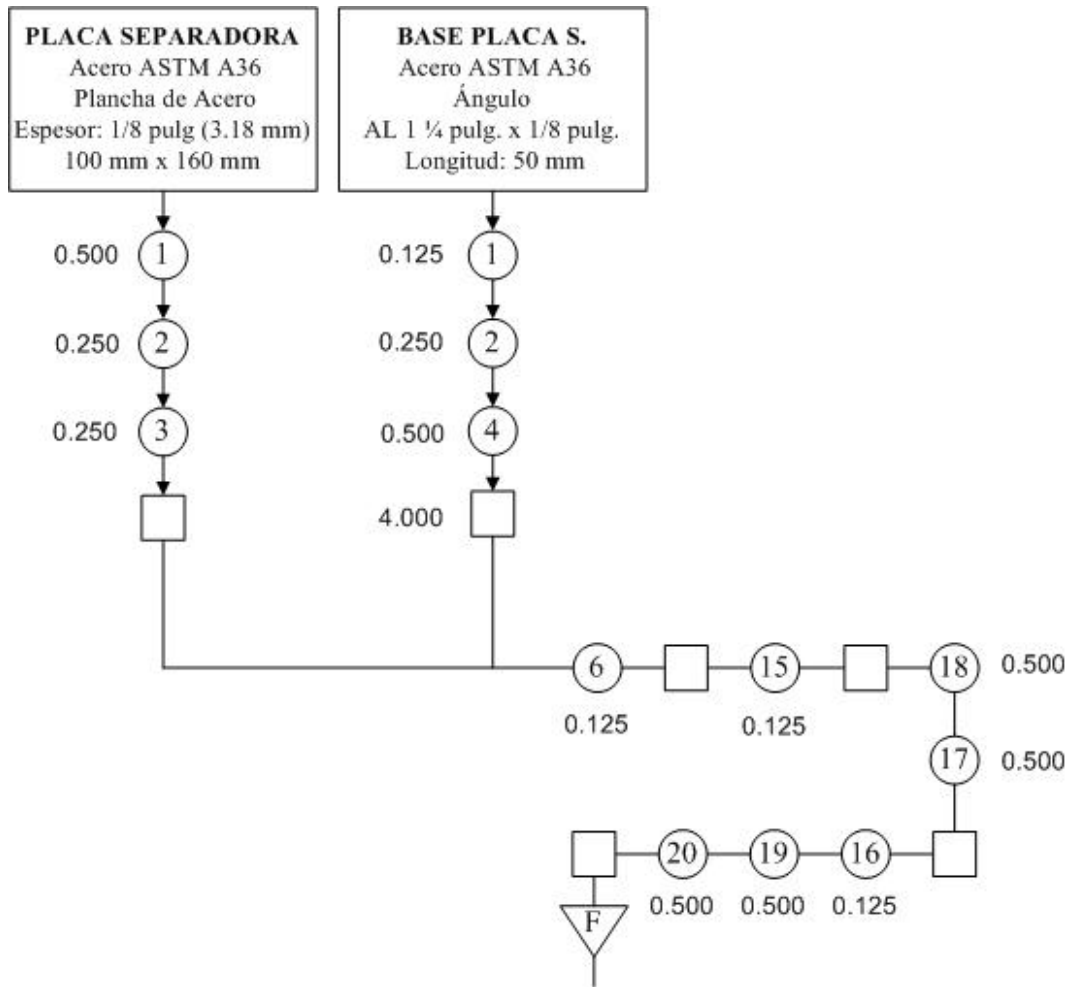
**Pieza (P8): Puerta**



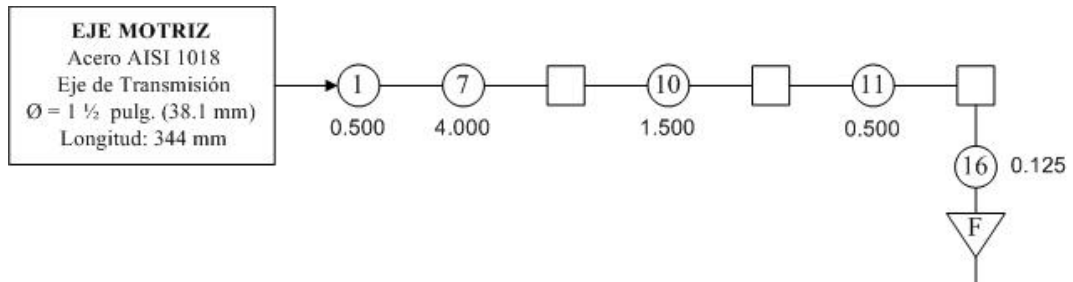
**Pieza (P9): Rodillo Guía**



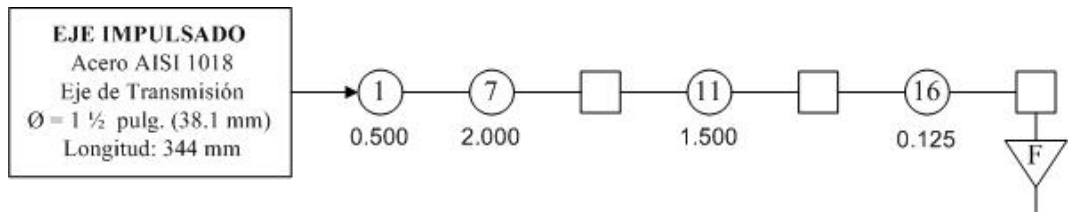
**Pieza (P10): Placa Separadora de Etiquetas**



**Pieza (P11): Eje Motriz (Sistema Giro de Envases)**

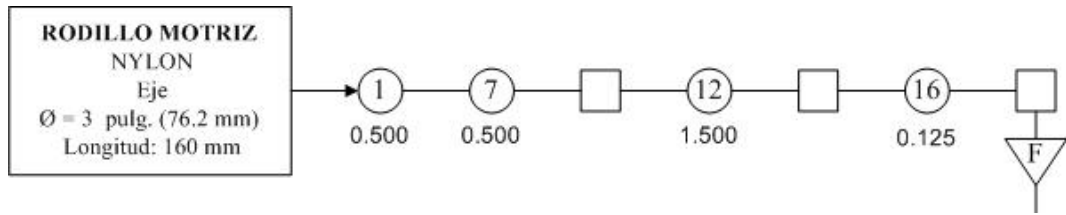


**Pieza (P12): Eje Impulsado (Sistema Giro de Envases)**

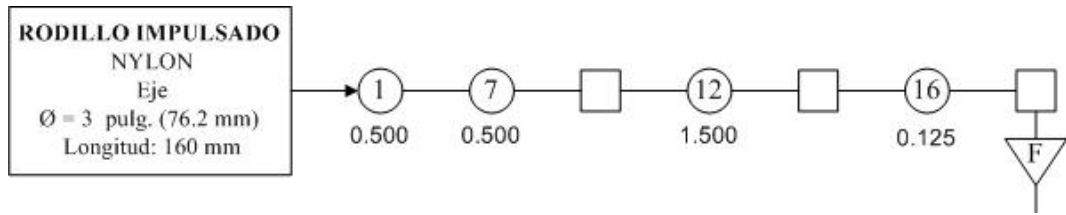




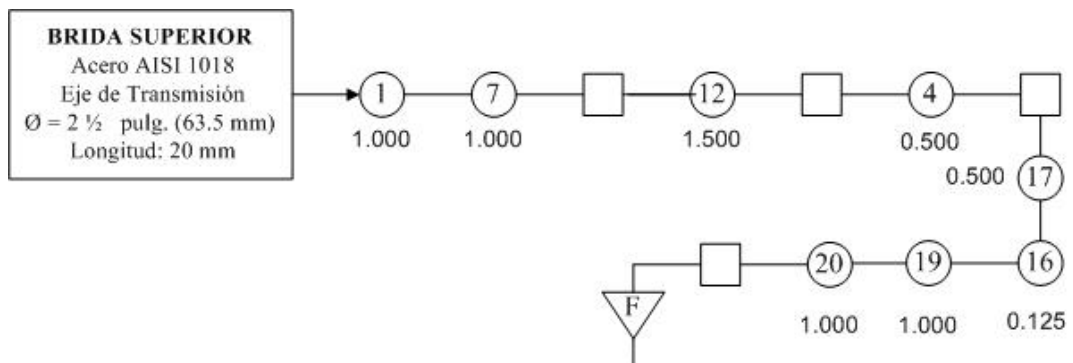
**Pieza (P13): Rodillo Motriz (Sistema Giro de Envases)**



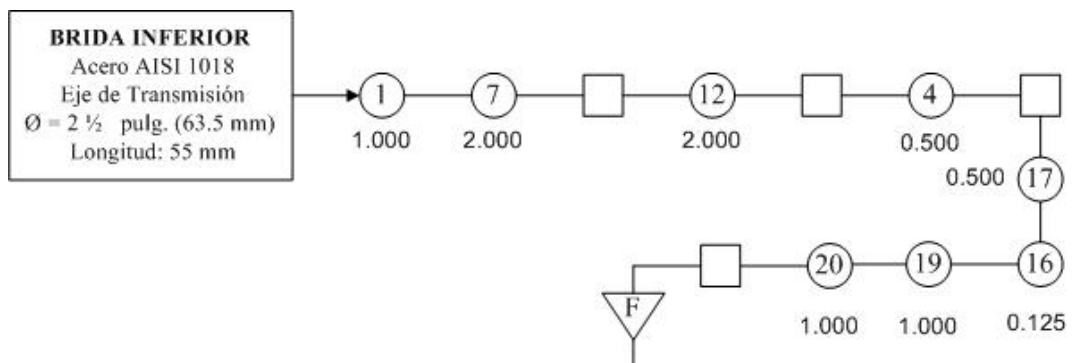
**Pieza (P14): Rodillo Impulsado (Sistema Giro de Envases)**



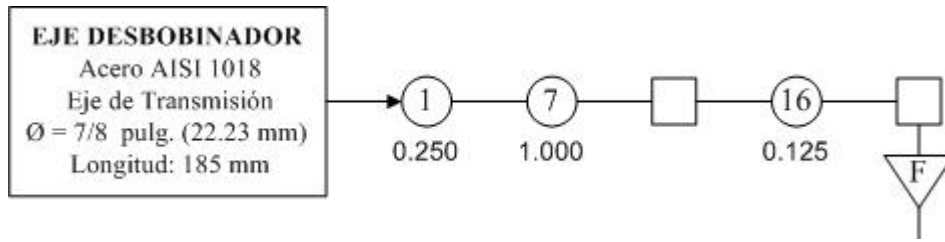
**Pieza (P15): Brida Superior (Sistema Giro de Envases)**



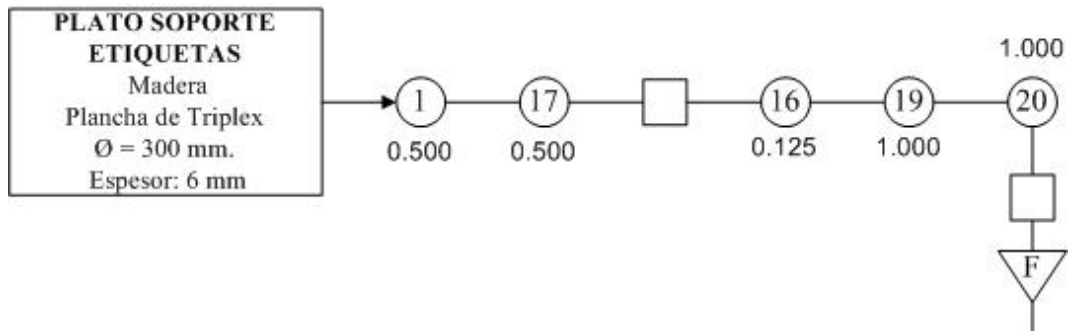
**Pieza (P16): Brida Inferior (Sistema Giro de Envases)**



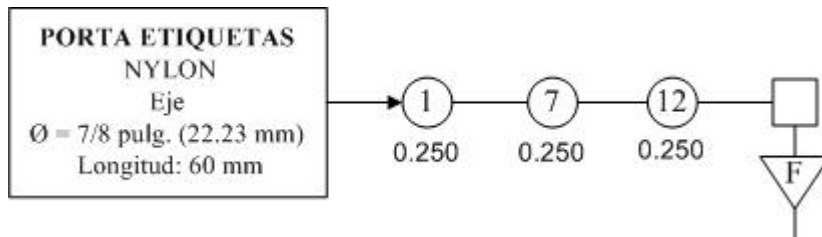
**Pieza (P17): Eje Desbobinador**



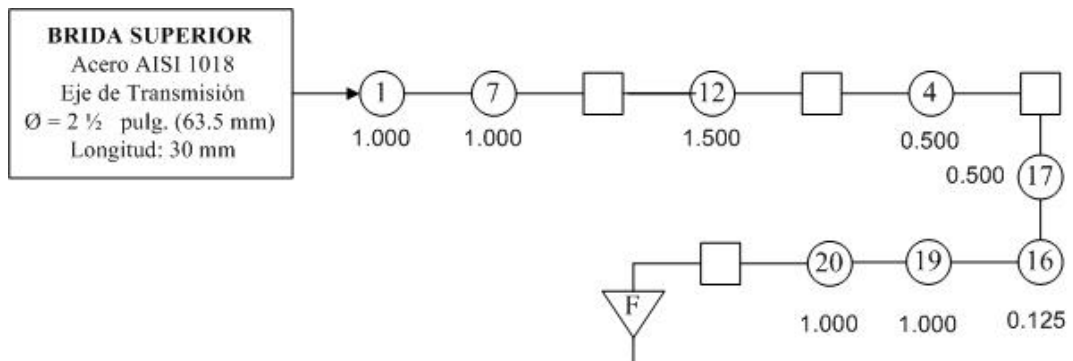
**Pieza (P18): Plato Soporte de Etiquetas**



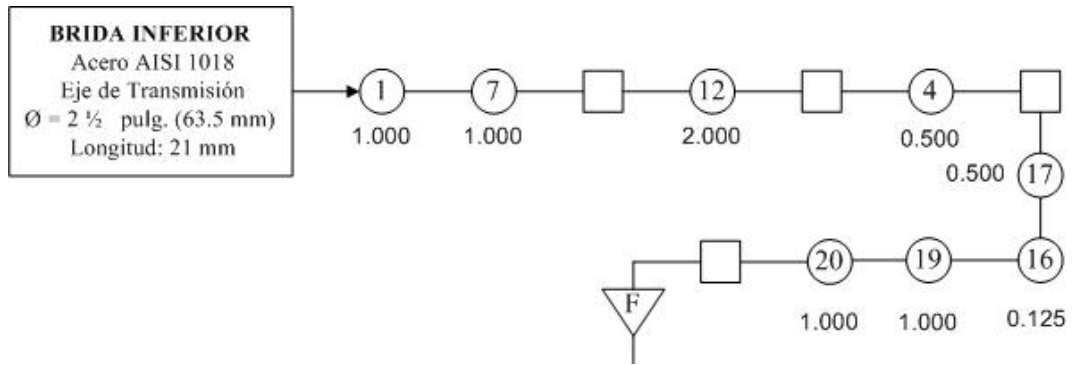
**Pieza (P19): Porta Etiquetas**



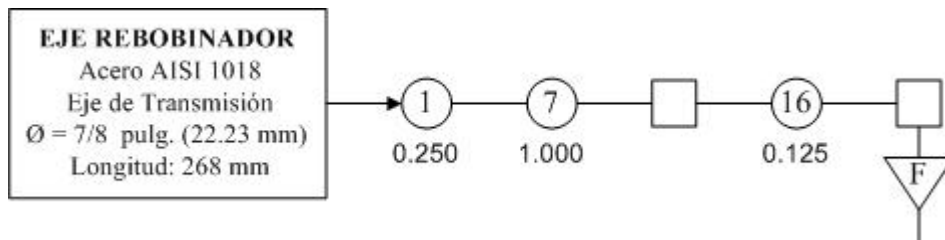
**Pieza (P20): Brida Superior (Sistema Desbobinador)**



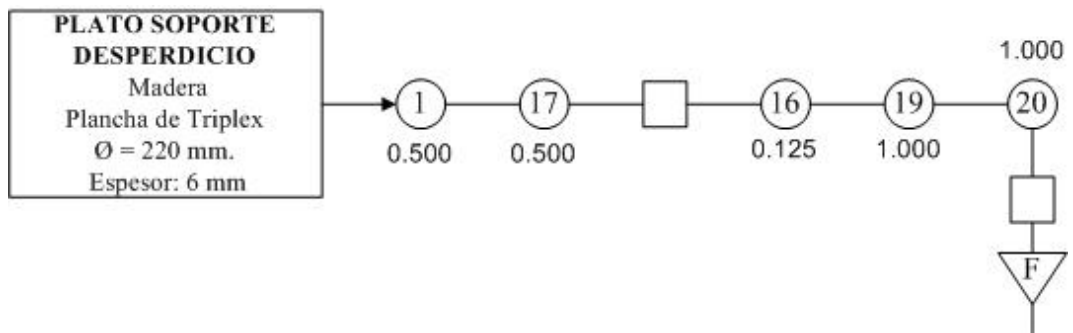
**Pieza (P21): Brida Inferior (Sistema Desbobinador)**



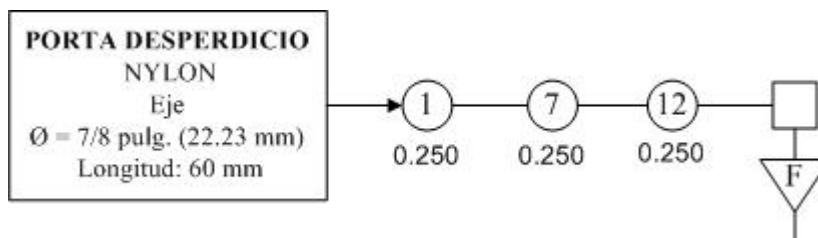
**Pieza (P22): Eje Rebobinador**



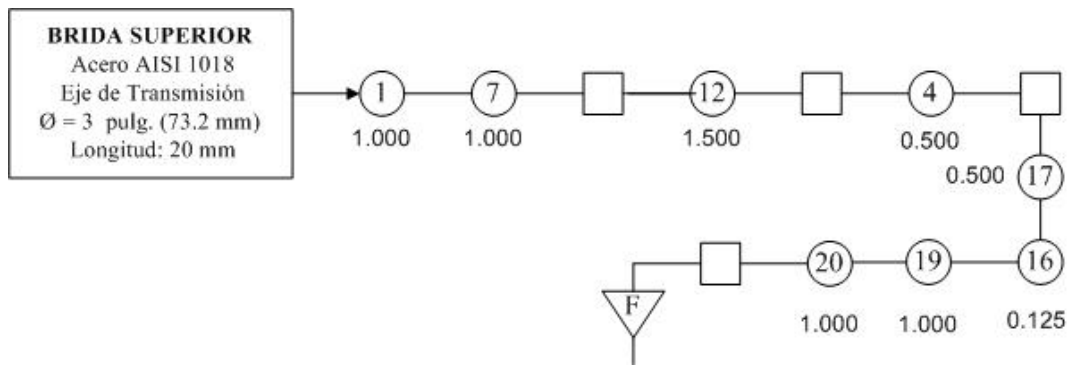
**Pieza (P23): Plato Soporte Desperdicio**



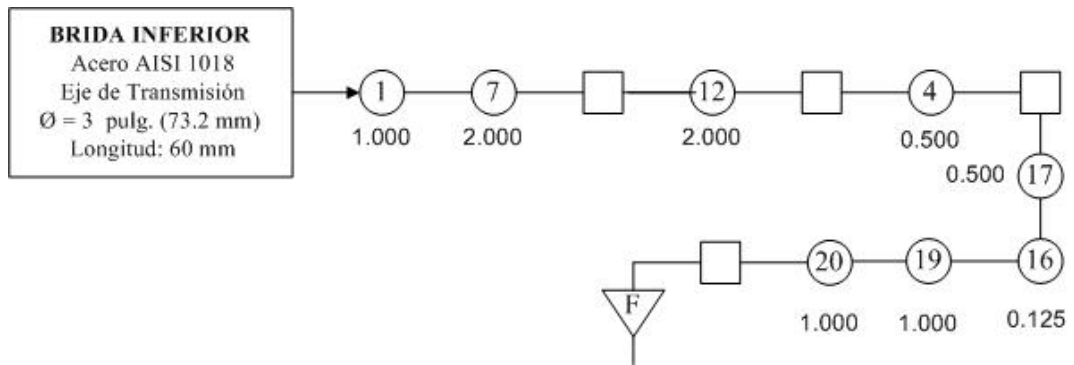
**Pieza (P24): Porta Desperdicio**



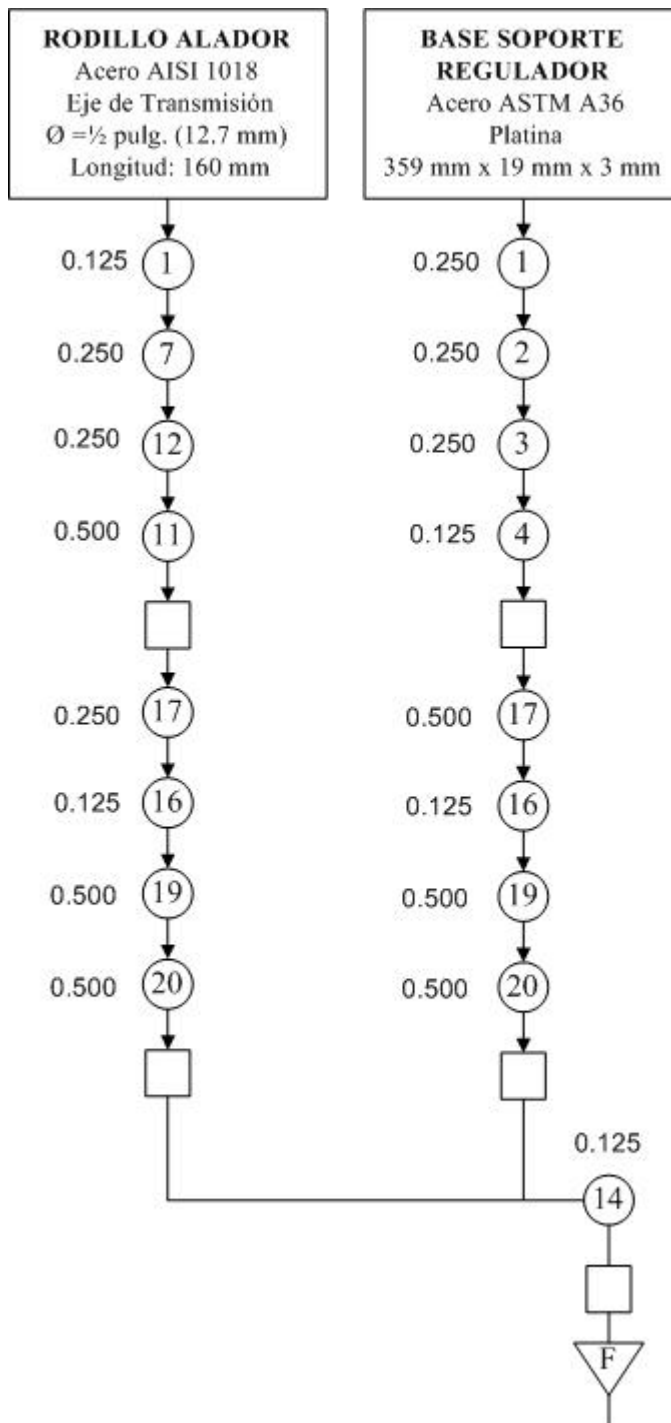
**Pieza (P25): Brida Superior (Sistema Rebobinador)**



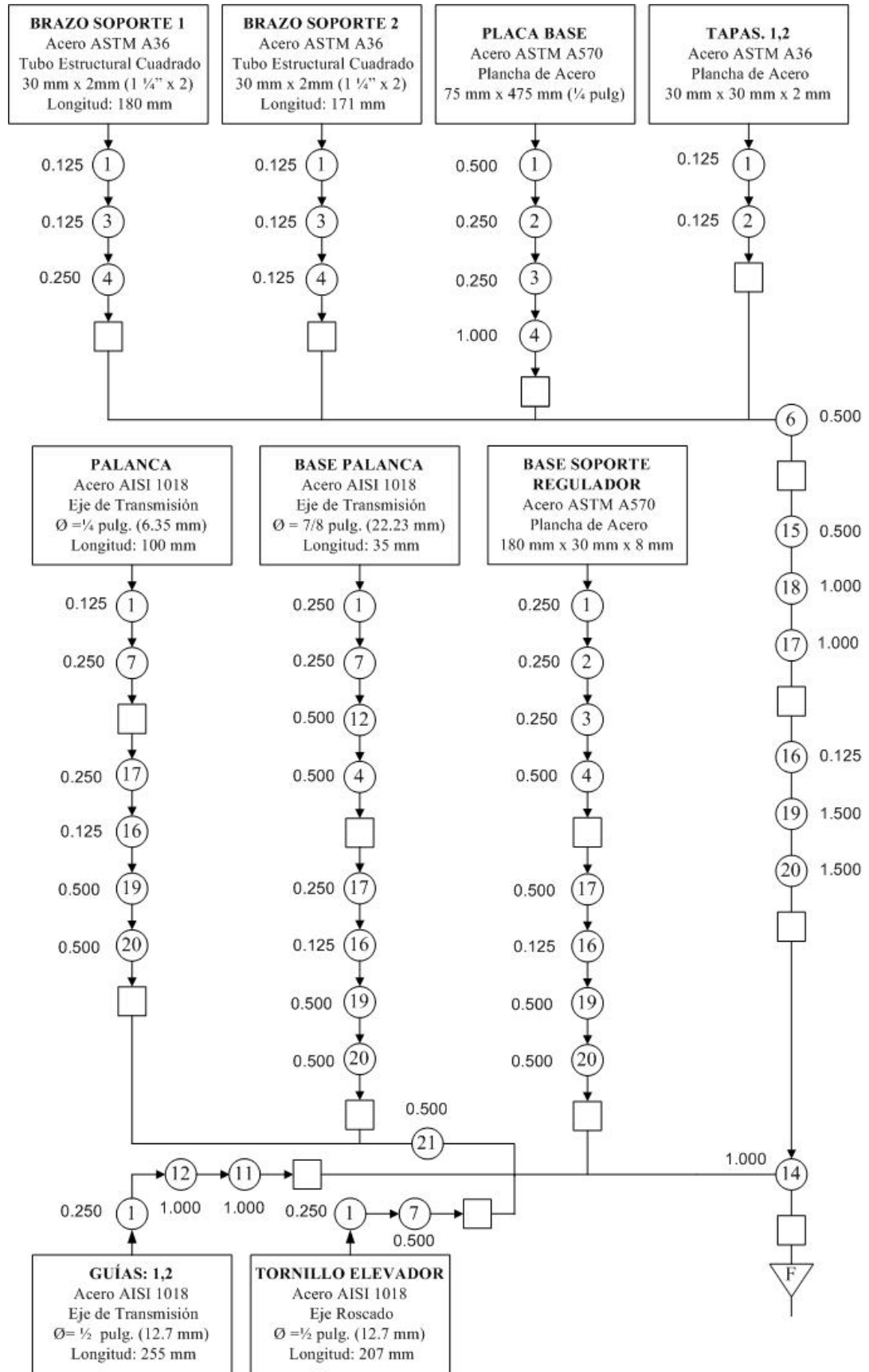
**Pieza (P26): Brida Inferior (Sistema Rebobinador)**



**Pieza (P27): Sistema Halador de Etiquetas**



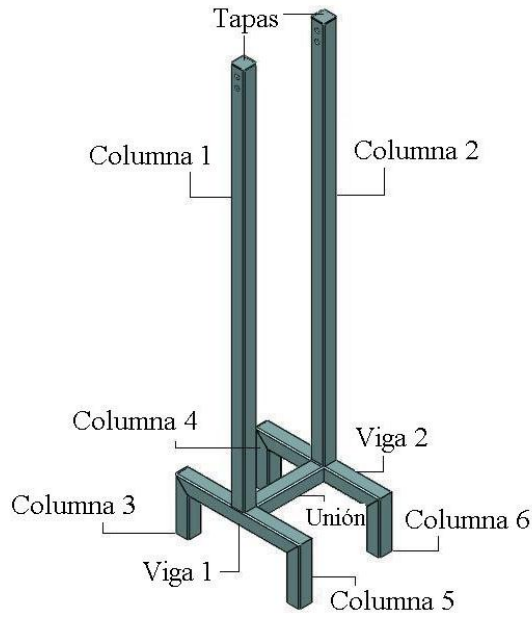
## Pieza (P28): Sistema Elevador



### 6.7.3.2 CURSOGRAMAS SINÓPTICOS BANDA TRANSPORTADORA

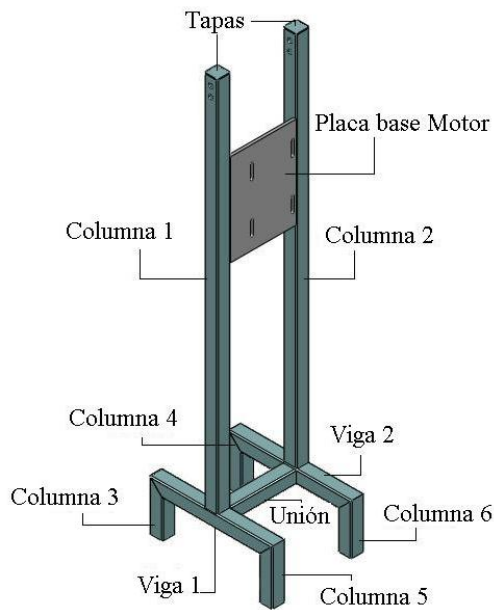
#### Estructuras Banda Transportadora

##### Estructura # 1



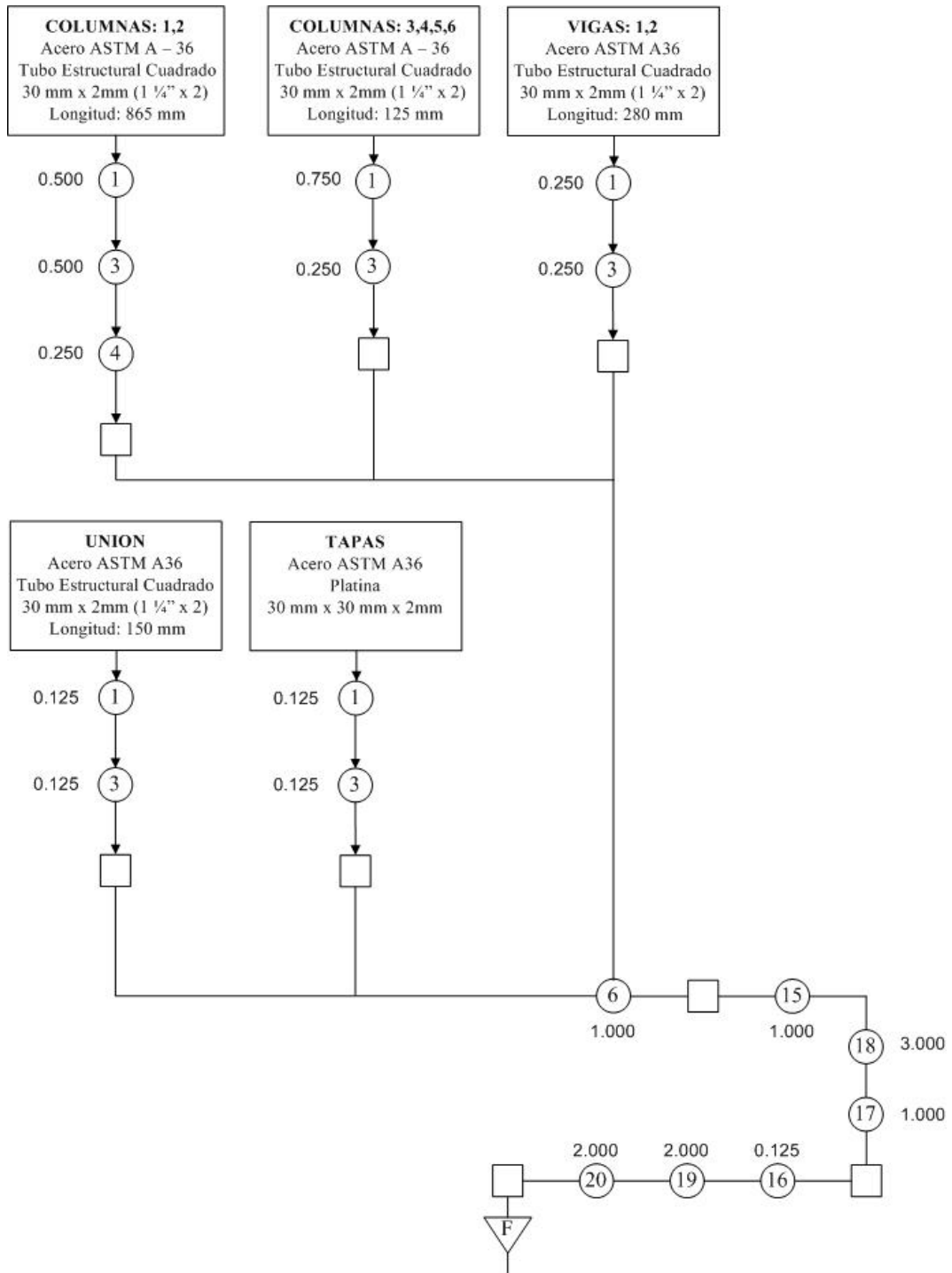
**Figura 6.113:** Estructura Máquina Etiquetadora  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

##### Estructura # 1



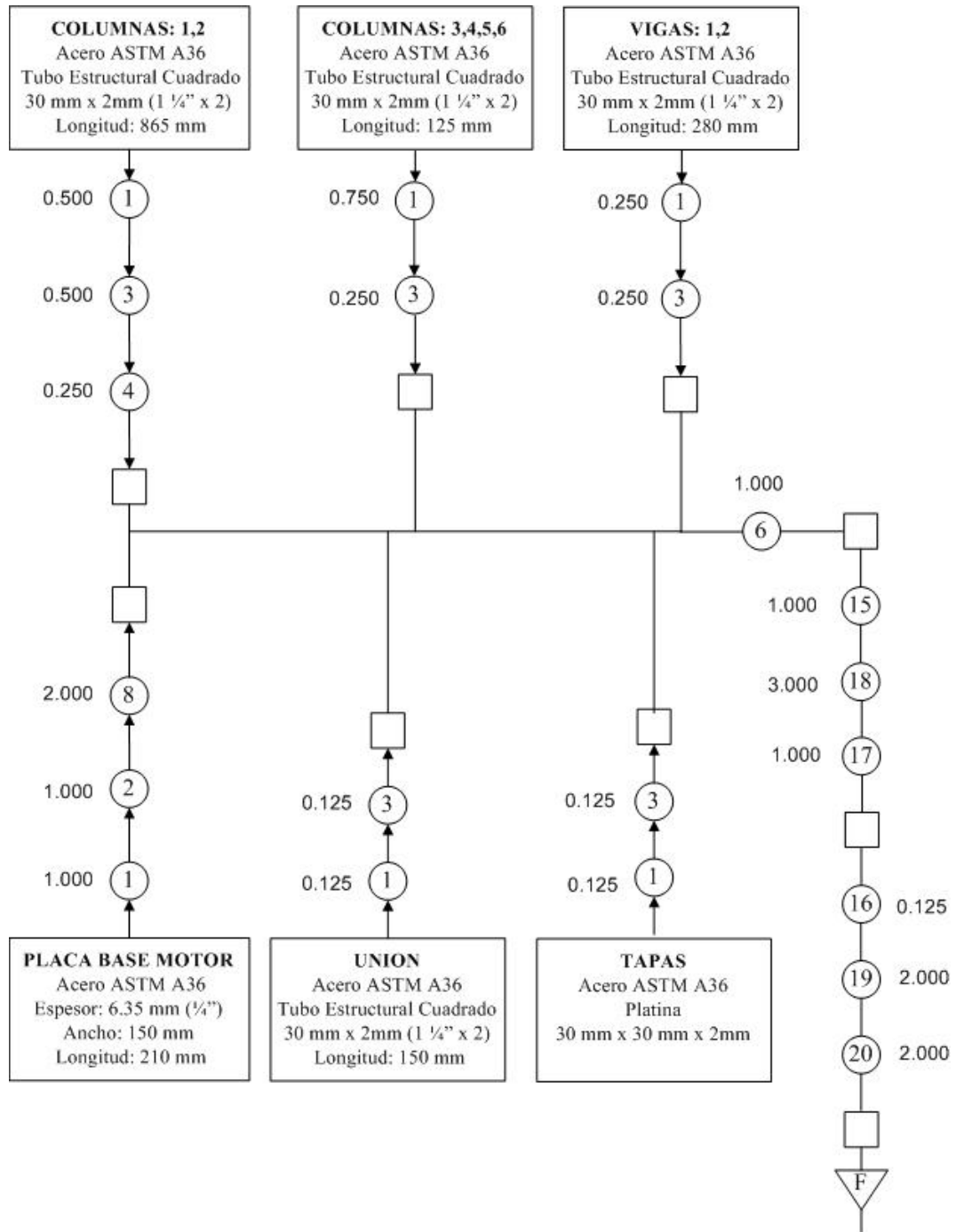
**Figura 6.114:** Estructura Máquina Etiquetadora  
**Fuente:** Investigador (Criollo Fabián)

**Pieza (P1): Estructura # 1**

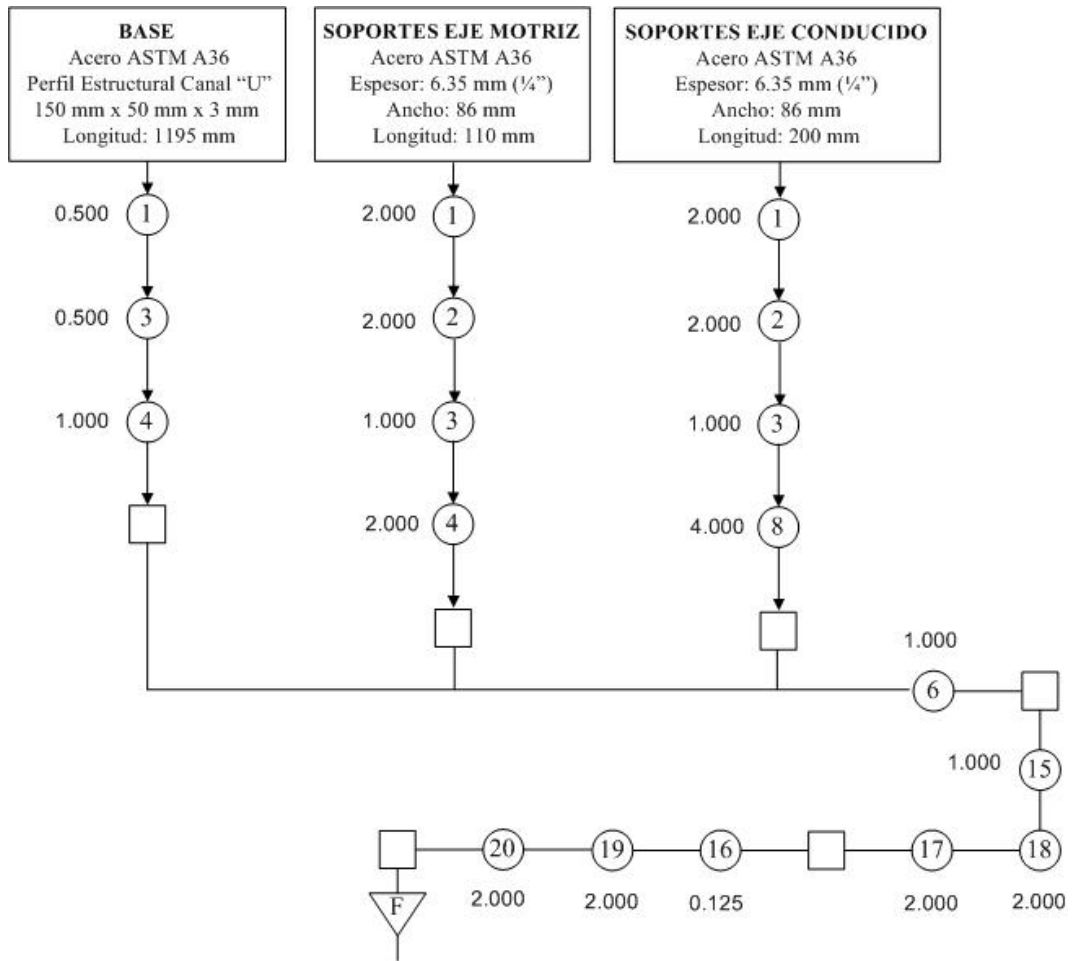




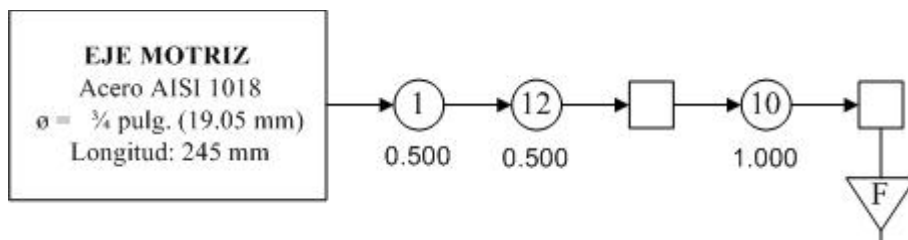
**Pieza (P2): Estructura # 2**



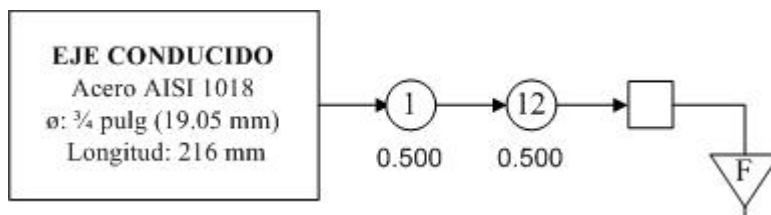
**Pieza (P3): Viga Principal**



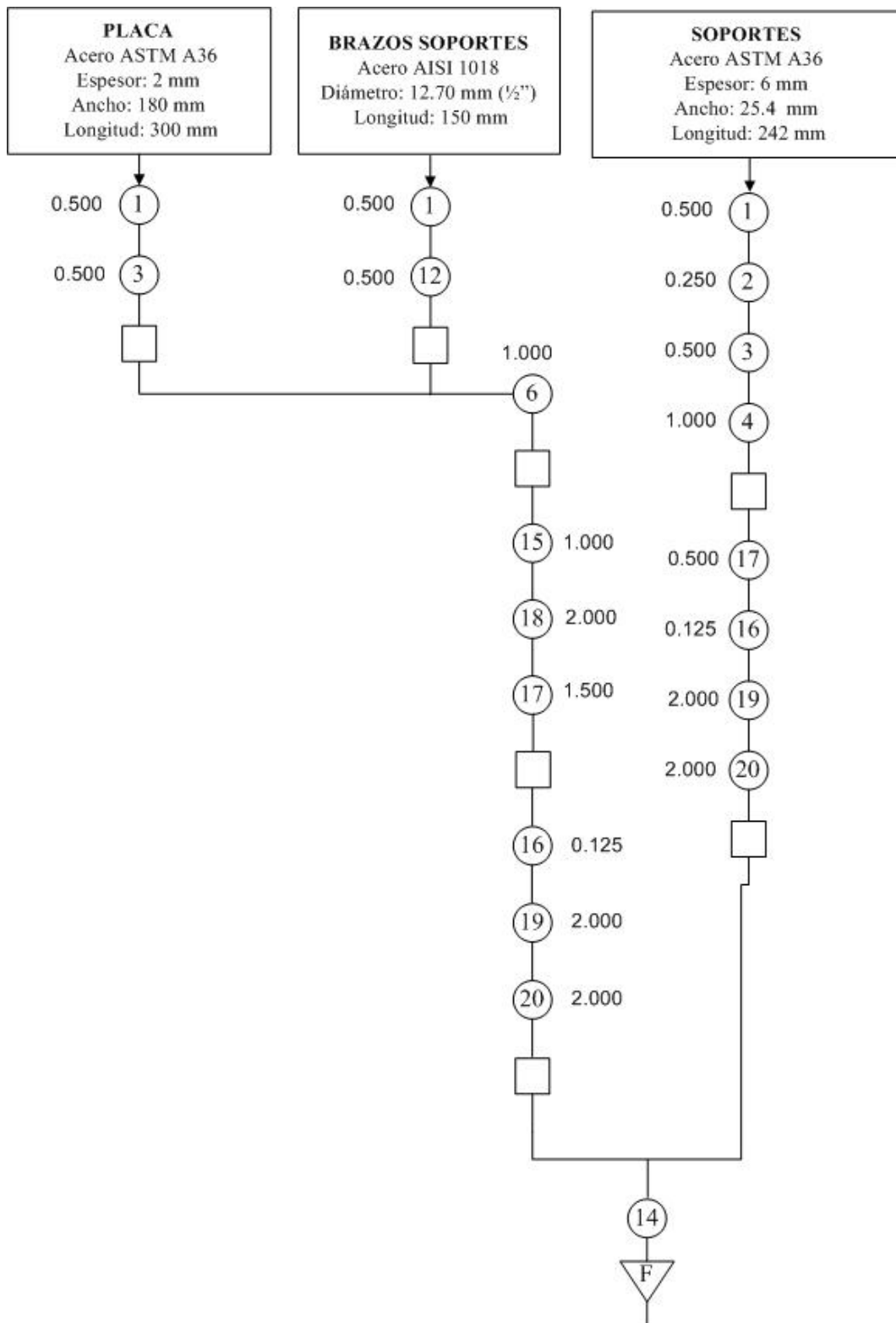
**Pieza (P4): Eje Motriz**



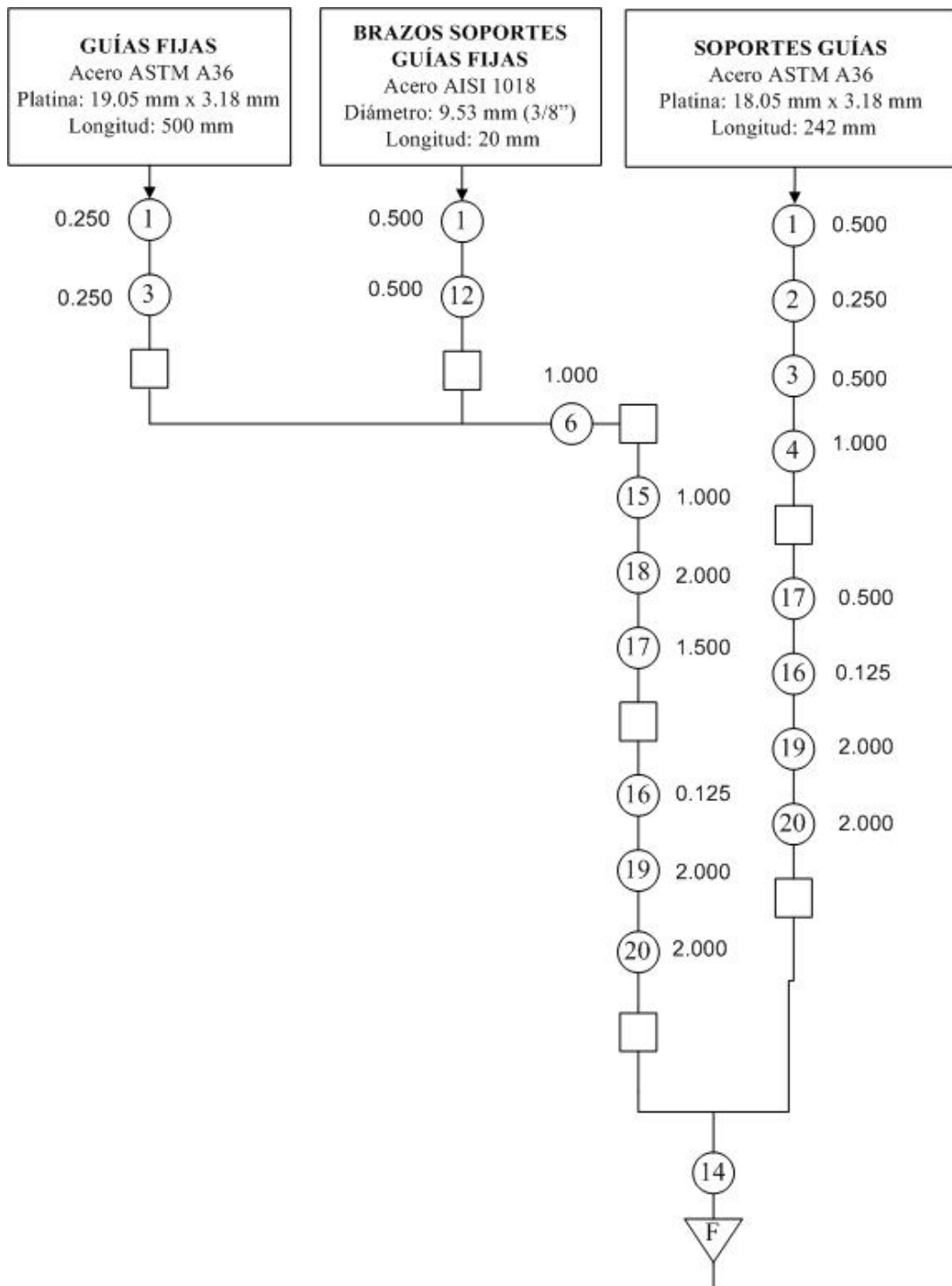
**Pieza (P5): Eje Conducido**



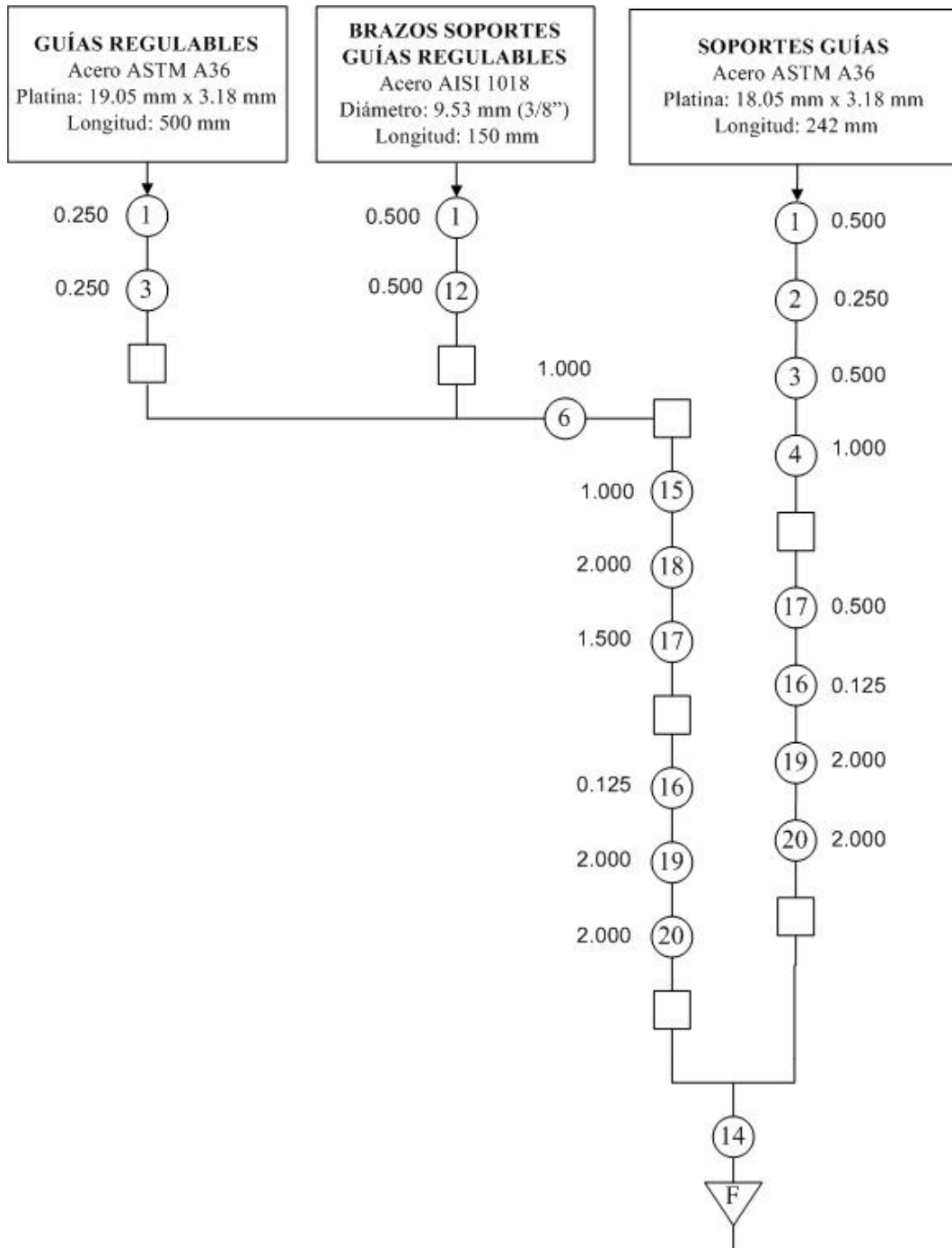
**Pieza (P6): Almohada**



**Pieza (P7): Guías Fijas**



**Pieza (P8): Guías Regulables**



**6.7.3.3 TIEMPOS DE UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS – HERRAMIENTAS**

**Máquina Etiquetadora**

Tiempo (horas) utilizado para la construcción de la máquina etiquetadora

*Tabla 6.15: Tiempo utilización Máquinas*  
*Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>P/M-H</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>
<b>M1</b>	0.500								5.000	
<b>M2</b>		2.000		2.000						
<b>M3</b>		1.500								
<b>M4</b>	2.000									0.125
<b>M5</b>	2.000	2.000			0.250	0.250	0.250			0.500
<b>M6</b>								0.250		
<b>M7</b>										
<b>M8</b>					0.500	0.250	0.250	0.250		0.500
<b>M9</b>										
<b>M10</b>	2.000	1.000		1.000						0.125
<b>M11</b>	4.000	4.000	2.000		4.000	3.000	3.000	3.000	2.000	1.000
<b>M12</b>	3.750		0.500	1.000	0.250	0.250	0.250	0.250	4.250	0.875
<b>Total</b>	<b>14.250</b>	<b>10.500</b>	<b>2.500</b>	<b>4.000</b>	<b>5.000</b>	<b>3.750</b>	<b>3.750</b>	<b>3.750</b>	<b>11.250</b>	<b>3.125</b>

*Tabla 6.15 (Cont.)*

<b>P/M-H</b>	<b>P11</b>	<b>P12</b>	<b>P13</b>	<b>P14</b>	<b>P15</b>	<b>P16</b>	<b>P17</b>	<b>P18</b>	<b>P19</b>	<b>P20</b>
<b>M1</b>	4.500	2.500	2.500	2.500	3.500	5.000	1.250		0.750	3.500
<b>M2</b>	1.500									
<b>M3</b>										
<b>M4</b>										
<b>M5</b>					0.500	0.500				0.500
<b>M6</b>										
<b>M7</b>										
<b>M8</b>										
<b>M9</b>										
<b>M10</b>										
<b>M11</b>					2.000	2.000		2.000		2.000
<b>M12</b>	0.500	1.500						0.500		
<b>Total</b>	<b>6.500</b>	<b>4.000</b>	<b>2.500</b>	<b>2.500</b>	<b>6.000</b>	<b>7.500</b>	<b>1.250</b>	<b>2.500</b>	<b>0.750</b>	<b>6.000</b>

*Tabla 6.15 (Cont.)*

<b>P/M-H</b>	<b>P21</b>	<b>P22</b>	<b>P23</b>	<b>P24</b>	<b>P25</b>	<b>P26</b>	<b>P27</b>	<b>P28</b>	<b>Total</b>
<b>M1</b>	4.000	1.250		0.750	3.500	5.000	0.625	1.500	<b>48.125</b>
<b>M2</b>									<b>5.500</b>
<b>M3</b>									<b>1.500</b>
<b>M4</b>								0.500	<b>2.625</b>
<b>M5</b>	0.500				0.500	0.500	0.125	2.375	<b>10.750</b>

<b>M6</b>									<b>0.250</b>
<b>M7</b>									<b>0.000</b>
<b>M8</b>									<b>1.750</b>
<b>M9</b>									<b>0.000</b>
<b>M10</b>							0.500		<b>4.625</b>
<b>M11</b>	2.000		2.000		2.000	2.000	2.000	6.000	<b>50.000</b>
<b>M12</b>			0.500				1.250	3.750	<b>19.375</b>
<b>Total</b>	<b>6.500</b>	<b>1.250</b>	<b>2.500</b>	<b>0.750</b>	<b>6.000</b>	<b>7.500</b>	<b>4.000</b>	<b>14.625</b>	<b>144.500</b>

### Banda Transportadora

Tiempo (horas) utilizado para la construcción de la banda transportadora de la máquina etiquetadora

*Tabla 6.16: Tiempo Construcción Banda Transportadora  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>P / M-H</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>Total</b>
<b>M1</b>				0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	<b>2.500</b>
<b>M2</b>		2.000	4.000	1.000					<b>7.000</b>
<b>M3</b>									<b>0.000</b>
<b>M4</b>	1.000	1.000	1.000			1.000	1.000	1.000	<b>6.000</b>
<b>M5</b>	0.250	0.250	3.000			1.000	1.000	1.000	<b>6.500</b>
<b>M6</b>									<b>0.000</b>
<b>M7</b>									<b>0.000</b>
<b>M8</b>						0.500			<b>0.500</b>
<b>M9</b>									<b>0,000</b>
<b>M10</b>	1.000	2.000	5.000			1.250	1.250	1.250	<b>11.750</b>
<b>M11</b>	4.000	4.000	4.000			8.000	8.000	8.000	<b>36.000</b>
<b>M12</b>	3.000	4.000	7.000	0.500	0.500	2.000	2.000	2.000	<b>21.000</b>
<b>Total</b>	<b>9.250</b>	<b>13.250</b>	<b>24.000</b>	<b>2.000</b>	<b>1.000</b>	<b>14.250</b>	<b>13.750</b>	<b>13.750</b>	<b>91.250</b>

### Tiempo Total Empleado en la Construcción

*Tabla 6.17: Tiempo Total Construcción Máquina  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>M/T</b>	<b>Tiempo (M.E.A.)</b>	<b>Tiempo (B.T.)</b>	<b>TOTAL (Horas)</b>
<b>M1</b>	48.125	2.500	50.625
<b>M2</b>	5.500	7.000	12.500
<b>M3</b>	1.500	0.000	1.500
<b>M4</b>	2.625	6.000	8.625
<b>M5</b>	10.750	6.500	17.250

Tabla 6.17 (Cont.)

<b>M6</b>	0.250	0.000	0.250
<b>M7</b>	0.000	0.000	0.000
<b>M8</b>	1.750	0.500	2.250
<b>M9</b>	0.000	0.000	0.000
<b>M10</b>	4.625	11.750	16.375
<b>M11</b>	50.000	36.000	86.000
<b>M12</b>	19.375	21.000	40.375
<b>Tiempo Total Empleado (Horas)</b>			<b>235.750</b>

#### 6.7.3.4 CURSOGRAMAS DE ENSAMBLAJE

##### Máquina Etiquetadora

Las operaciones que se realizan para el ensamblaje de la Máquina Etiquetadora se las debe realizar en forma secuencial y lógica. Como guía se puede utilizar la tabla 6.18 que se indica a continuación

*Tabla 6.18: Operaciones de Ensamblaje Máquina Etiquetadora*  
*Fuente: Investigador (Criollo Fabián)*

<b>Nº</b>	<b>OPERACIONES</b>
<b>E1</b>	Instalar el Motor del sistema rebobinador y el motor del sistema de giro de envases a la estructura de la máquina mediante pernos.
<b>E2</b>	Acoplar la placa base a la estructura de la máquina etiquetadora mediante pernos.
<b>E3</b>	Acoplar la placa base de los equipos en la parte inferior de la estructura de la máquina mediante pernos.
<b>E4</b>	Montar los rodillos guías y la placa separadora de etiquetas en la placa base mediante pernos
<b>E5</b>	Acoplar el sistema elevador a la estructura de la máquina mediante pernos.
<b>E6</b>	Montar el sistema halador de etiquetas y el resorte al sistema elevador mediante pernos.
<b>E7</b>	Acoplar la brida superior e inferior con sus respectivos rodamientos a la placa del sistema elevador.

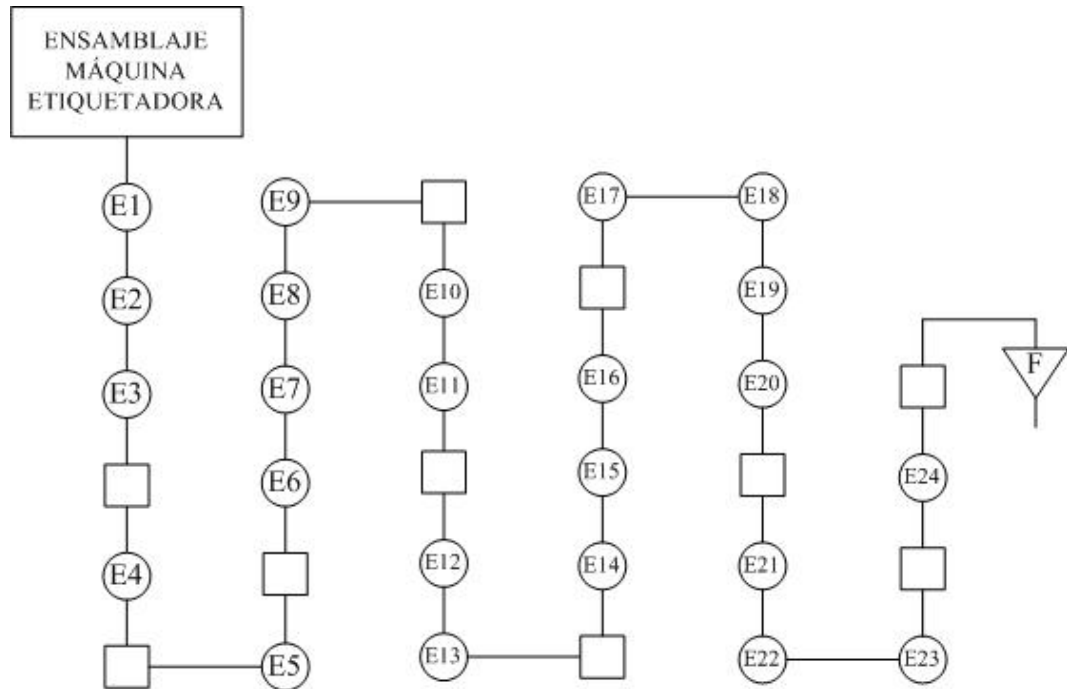


Tabla 6.18 (Cont.)

<b>E8</b>	Montar el eje desbobinador de etiquetas en la caja de rodamientos del sistema elevador.
<b>E9</b>	Acoplar el plato soporte de etiquetas, el porta etiquetas en el eje desbobinador
<b>E10</b>	Acoplar el eje motriz del sistema de giro de envases mediante la brida superior e inferior con sus respectivos rodamientos a la placa base mediante pernos.
<b>E11</b>	Acoplar el rodillo motriz con su respectivo chavetero en la parte superior del eje motriz y la polea en la parte inferior del eje motriz con su respectivo chavetero y perno
<b>E12</b>	Acoplar el eje fijo del sistema de giro de envases a la placa base mediante un perno.
<b>E13</b>	Acoplar el rodillo impulsado con sus respectivos rodamientos al eje fijo del sistema de giro de envases
<b>E14</b>	Montar el sistema tensionador mediante pernos al sistema de giro de envases
<b>E15</b>	Colocar la Banda Plana al sistema de giro de envases y tensionarla.
<b>E16</b>	Colocar la Banda tipo A en la polea del eje motriz y en la polea del eje motor y tensionarla
<b>E17</b>	Acoplar el eje rebobinador mediante la brida superior e inferior con sus respectivos rodamientos a la placa base mediante pernos.
<b>E18</b>	Acoplar el plato soporte de desperdicio de etiquetas, el porta desperdicio en el eje rebobinador.
<b>E19</b>	Acoplar en la parte inferior del eje rebobinador la polea con su respectivo chavetero y perno
<b>E20</b>	Colocar la banda Tipo A en la polea del eje rebobinador y en la polea del eje motor y tensionarla.
<b>E21</b>	Acoplar los cubiertas laterales, frontal, posterior a la estructura de la máquina mediante pernos
<b>E22</b>	Sujetar mediante pernos la caja de control a la estructura de la máquina.
<b>E23</b>	Instalar los diferentes elementos del sistema eléctrico y electrónico

(Cont. Tabla 6.18)

	mediante cables flexibles y canaletas de protección
<b>E24</b>	Colocar las diferentes simbologías para el correcto funcionamiento y operación de la máquina.



### Banda Transportadora

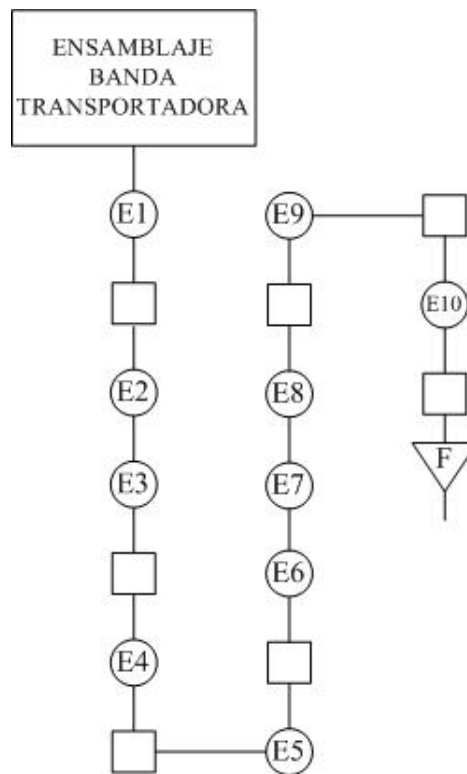
De la misma manera que se realizó el ensamblaje de la máquina etiquetadora, se utilizará como guía la siguiente tabla.

**Tabla 6.19:** Operaciones de Ensamblaje Banda Transportadora  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Nº	OPERACIONES
<b>E1</b>	Montar los ejes y los rodillos guías a la base
<b>E2</b>	Acoplar los chumaceras mediante pernos a los soportes del eje motriz y a los soportes del eje conducido
<b>E3</b>	Montar el eje motriz y el eje conducido en sus respectivos lugares

Tabla 6.19 (Cont.)

<b>E4</b>	Instalar la banda transportadora plana y tensionarla.
<b>E5</b>	Unir la base a la estructura # 1 y a la estructura # 2 mediante pernos.
<b>E6</b>	Montar la polea de 5 pulgadas al eje motriz y la polea de 2 pulgadas al eje motor
<b>E7</b>	Instalar el motor a la estructura # 2 y sujetarla mediante pernos
<b>E8</b>	Colocar la Banda Tipo A de 33 pulgadas y tensionarla
<b>E9</b>	Acoplar mediante pernos la almohada a la base
<b>E10</b>	Acoplar mediante pernos las guías fijas y regulables a la base



## 6.8. ADMINISTRACIÓN

La sección que desarrollaremos a continuación contempla el costo total económico que representa el diseño y construcción de la máquina. Los costos del presente proyecto se dividieron en los siguientes rubros:

- Materiales
- Maquinaria Utilizada
- Varios

### 6.8.1 Costos Materiales

En la siguiente tabla se describen los materiales empleados en la construcción con sus respectivos precios.

**Tabla 6.20:** Costo de Materiales  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P. U. (\$)	P. T. (\$)
Arandelas planas de 1/4 pulg	Unidad	12	0,05	0,60
Banda dentada Tipo A de 1/2 pulg 1728	Unidad	1	3,5	3,50
Banda dentada Tipo A de 1/2 pulg 1733	Unidad	1	3,5	3,50
Banda dentada Tipo A de 1/2 pulg 1735	Unidad	1	3,8	3,80
Banda Plana Sistema Giro de Envases	Unidad	1	55	55,00
Borneras (Cable # 14)	Unidad	2	1,2	2,40
Borneras (Cable # 18)	Unidad	2	1,15	2,30
Botellas Plásticas 1/2 litro	Unidad	50	0,22	11
Breaker 230 - 400 V	Unidad	1	17,24	17,24
Broca HSS de 1/4 pulg.	Unidad	4	2,56	10,24
Broca HSS de 1/8 pulg.	Unidad	1	0,65	0,65
Cable concéntrico (Número 14 x 3 hilos)	metros	13	1,27	16,54
Cable Flexible # 18	metros	28	0,19	5,32
Cable UTP (3 Pares)	metros	3	0,3	0,90
Chumacera de pared UCF 204 3/4 pulg	Unidad	4	4,71	18,84
Contactador SIEMENS con bobina de 220 V	Unidad	3	21,81	65,43
Eje AISI 1018 de 1 1/2 pulg. De diámetro	cm	150	31,92	31,92
Eje AISI 1018 de 1/2 pulg de diámetro	cm	60	0,0238	1,43
Eje AISI 1018 de 1/2 pulg de diámetro	cm	30	0,0238	0,714
Eje AISI 1018 de 1/4 pulg de diámetro	cm	100	0,0066	0,66
Eje AISI 1018 de 2 1/2 pul. De diámetro	cm	40	0,597	23,88
Eje AISI 1018 de 3/4 pulg de diámetro	cm	70	0,055	3,85
Eje AISI 1018 de 7/8 pulg de diámetro	cm	50	0,076	3,8
Eje AISIS 1018 de 7/8 pulg de diámetro	cm	30	0,076	2,28
Eje NYLON de 1 1/4 pulg de diámetro	kg	0,15	20,87	3,13
Eje NYLON de 2 pulg. Diámetro	kg	0,7	19,6016	13,72
Eje NYLON de 3 pulg. De diámetro	kg	2,3	20,5	47,15
Eje roscado de 1/2 pulg de diámetro	m	1	4	4
Eje roscado de 3/8 pulg de diámetro	cm	100	0,0165	1,65

Tabla 6.20 (Cont.)

Electrodos 6011 Marca AGA	Kg	1	2,25	2,25
Etiquetas	Unidad	300	0,125	37,50
Expandible	metros	3	1,87	5,61
Fuente de 24 Voltios	Unidad	1	40	40,00
Guaype	Unidad	2	1,3	2,60
Juego de machuelos UNC 5/16 pulg.	Unidad	1	7	7
Llave hexagonal 3/16 pulg.	Unidad	1	0,5	0,5
Luces Piloto	Unidad	3	4,71	14,13
Manilla	Unidad	1	1,15	1,15
Moqueta Tapatex negro	Unidad	1	6,13	6,13
Motor TRIFÁSICO 0,5 HP 1800 RPM	Unidad	3	129,02	387,06
Perfil estructural cana U	cm	150	0,08	12
Perno Acero G8 de 3/8 pulg x 1 pulg	Unidad	4	0,76	3,04
Perno Acero G8 de 5/16 pulg x 1 1/4 pulg	Unidad	2	0,16	0,32
Perno Acero G8 de 5/16 pulg x 1 pulg	Unidad	2	0,27	0,54
Perno Acero Inoxidable 3/8 pulg x 2 pulg	Unidad	2	1,13	2,26
Perno Acero inoxidable 3/8 pulg x 2 1/2 pulg	Unidad	14	0,94	13,16
Perno Acero inoxidable 3/8 pulg x 3/4 pulg	Unidad	1	0,12	0,12
Perno 3/16 pulg x 2 pulg.	Unidad	30	0,091	2,73
Perno 3/8 pulg x 1 1/2 pulg	Unidad	2	0,2	0,4
Perno Acero G8 de 5/16 pulg. X 1/2 pulg.	Unidad	7	0,17	1,19
Perno Acero G8 de 1/4 pulg x 1 1/4 pulg	Unidad	12	0,1	1,20
Perno Acero G8 de 3/8 pulg x 1 1/4 pulg	Unidad	20	0,18	3,54
Perno Acero G8 de 3/8 pulg x 2 pulg	Unidad	8	0,29	2,32
Perno Acero G8 de 5/16 pulg x 3/4 pulg	Unidad	15	0,11	1,65
Perno Acero Inoxidable 1/4 pulg x 1/2 pulg	Unidad	12	0,448	5,38
Perno de Hierro de 1/4 pulg. X 1/2 pulg.	Unidad	4	0,1	0,4
Perno Hierro 1/4 pulg x 1/2 pulg	Unidad	2	0,15	0,3
Plancha de acero ASTM A-570 de 1/4 pulg.	Unidad	1	27,5	27,5
Plancha de Tol (1/20 pulg) 1,10 mm	Unidad	1	31,46	31,46
Plástico Transparente	metros	3	2,8	8,40
Platillo Cojinete BS TAMAÑO 071	Unidad	1	30,24	30,24
Platina de 3/4 pulg x 1/8 pulg	Unidad	1	2,84	2,84
Platina PLT 19/3	Unidad	1	3	3
Pliego de lija para Hierro N° 60	Unidad	5	0,5	2,50
Polea simple tipo A de 2 pulg de diámetro	Unidad	3	1,67	5,01
Polea simple tipo A de 5 pulg de diámetro	Unidad	3	4,48	13,44
Potenciómetro 10K	Unidad	3	0,35	1,05
Pulsador Metálico doble	Unidad	3	8,97	26,91
Resorte	Unidad	1	0,5	0,50
Rodamiento Rígido de Bolas 6815	Unidad	2	4	8
Rodamiento Rígido de Bolas 6003	Unidad	2	5,5	11,00

Tabla 6.20 (Cont.)

Rodamiento Rígido de Bolas 6205	Unidad	2	1,5	3
Rodamiento Rígido de Bolas 6804	Unidad	3	5	15
Rodamiento Rígido de Bolas 68042	Unidad	2	5,5	11
Sensor de luz de haz	Unidad	1	80	80,00
Sensor óptico para etiquetas	Unidad	1	10	10,00
Sierra de arco diente grueso	Unidad	4	1,41	5,63
Tarro Pintura Esmalte color Blanco Hueso	Unidad	4	4,65	18,60
Tinner	litros	7	1,7	11,90
Tope VAIVEN	Unidad	1	0,7	0,70
Triplex de 6 mm de espesor	Unidad	1	8,2	8,20
Tubo estructural cuadrado 30 mm x 2 mm	Unidad	3	15,65	46,95
Tubo estructural redondo 7/8 pulg x 1,5	Unidad	1	7,4	7,4
Tuerca Acero Inoxidable 1/2 pulg	Unidad	8	0,40	3,21
Tuerca Acero Inoxidable 3/8 pulg	Unidad	2	0,08	0,16
Tuercas 3/16 pulg	Unidad	30	0,2	6,00
Tuerca Acero de 1/4 pulg.	Unidad	12	0,08	0,96
Tuerca Acero G8 SAE UNC 1/4 pulg	Unidad	12	0,05	0,60
Tuerca Acero G8 SAE UNC 3/8 pulg.	Unidad	28	0,071	1,99
Tuerca Acero G8 SAE UNC 5/16 pulg.	Unidad	6	0,054	0,32
Tuercas Acero Inoxidable 3/8 pulg	Unidad	12	0,16	1,92
Tuercas Acero Inoxidable 3/8 pulg	Unidad	14	0,2	2,80
Tuercas de 1/2 pulg.	Unidad	3	0,0566	0,17
Tuercas de 1/4 pulg	Unidad	2	0,05	0,1
Tuercas de 3/8 pulg	Unidad	2	0,1	0,2
			<b>TOTAL</b>	<b>1318,58</b>

## 6.8.2 Costos Maquinaria Utilizada

En la siguiente tabla se describen los maquinas - herramientas empleados en el mecanizado de cada una de las piezas de la máquina y su costo de fabricación.

Tabla 6.21: Costo de Maquinaria Utilizada  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

Orden	Máquina	Hora Máquina	Costo Hora Máquina	Costo Hora Operador	Costo Total
M1	Torno Paralelo	50,625	5	0,9	298,6875
M2	Fresadora Universal	12,500	5	0,9	73,75
M3	Soldadora Oxiacetilénica	1,500	3	0,9	5,85
M4	Soldadora Eléctrica	8,625	5	0,9	50,8875
M5	Taladro de Pedestal	17,250	3	0,9	67,275

Tabla 6.21 (Cont.)

M6	Dobladora de Tol	0,250	3	0,9	0,975
M7	Esmeril	0,000	0	0,9	0
M8	Cizalla de Corte	2,250	3	0,9	8,775
M9	Taladro Eléctrico Manual	0,000	0	0,9	0
M10	Pulidora	16,375	3	0,9	63,8625
M11	Pistola de Pintar	86,000	3	0,9	335,4
M12	Herramientas Auxiliares	40,375	3	0,9	157,4625
				<b>TOTAL</b>	<b>1062,925</b>

### 6.8.3 Costos Varios

Tabla 6.22: Costo Gastos Varios  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

<b>SUMINISTROS DE OFICINA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. U. (USD)</b>	<b>P. T. (USD)</b>
Internet	Hora	10	0,800	8,00
Hojas	Unidad	5000	0,01	50
CD	Unidad	0,35	3	1,05
Impresiones	Hoja	5000	0,1	500
Tintas	Cartuchos	3	5	15
Anillados	Unidad	6	1	6
Empastados	Unidad	3	20	60
			Total	640,05
<b>SERVICIOS BÁSICOS E IMPREVISTOS</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. U. (USD)</b>	<b>P. T. (USD)</b>
Alimentación	Almuerzos	178	1,5	267,00
Transporte	Pasajes	178	1	178,00
	Carreras	10	2	20,00
Comunicación	Recargas	3	10	30,00
Imprevistos	Micro poro	1	2,5	2,50
	Overol	1	15	15,00
	Pilas Cámara Digital	4	1	4,00
	Consulta Oftalmólogo	30	1	30,00
	Medicamento	15	1	15,00
			Total	561,50
			<b>Total Gastos Varios</b>	<b>1201,55</b>

### 6.8.4 Costo Total de la Máquina Etiquetadora

**Tabla 6.23: Costo de la Máquina**  
**Fuente: Investigador (Criollo Fabián)**

DESCRIPCIÓN	COSTO
Materiales	1318,58
Maquinaria Utilizada	1062,93
Varios	1201,55
<b>COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA</b>	<b>3583,06</b>

## 6.9. PREVISIÓN DE EVALUACIÓN

### 6.9.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para evaluar el funcionamiento de la etiquetadora lineal y la banda transportadora se realizó varias pruebas para visualizar el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas de la misma. En la Tabla 6.24 y Tablas 6.25 se muestran los resultados.

**Tabla 6.24: Verificación del Sistema Eléctrico**  
**Fuente: Investigador (Criollo Fabián)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA MÉCANICA				
FICHA DE OBSERVACIÓN				
SISTEMA ELÉCTRICO				
<b>Lugar:</b> Laboratorio de Automatización				
<b>Investigador:</b> Fabián Criollo				
Nº	Nombre	Actividad	Verificación	
			Cumple	No cumple
1	Pulsador color verde ON	Energiza el Variador del Sistema Rebobinador	↑	
2	Pulsador color rojo OFF	Apaga el Variador del Sistema Rebobinador	↑	
3	Pulsador color verde ON	Energiza el Variador del Sistema Giro de Envases y la Banda transportadora	↑	
4	Pulsador color rojo OFF	Apaga el Variador del Sistema Giro de Envases y la Banda transportadora	↑	
5	Potenciómetro # 1	Controla la Velocidad del Sistema Rebobinador	↑	



Tabla 6.24 (Cont.)

6	Potenciómetro # 2	Controla la Velocidad del Sistema Giro de Envases y la Banda transportadora	↑	
7	Luz Piloto color rojo # 1	Informan la Energización de los Variadores	↑	
8	Luz Piloto color rojo # 2	Informan el encendido de la Máquina Etiquetadora y Banda Transportadora	↑	
9	Variador de frecuencia # 1	Controla el motor del Sistema rebobinador	↑	
10	Variador de frecuencia # 2	Controla los motores del Sistema Giro de Envases y la banda transportadora	↑	
11	Contactores	Controlan el paso y corte de la corriente eléctrica	↑	
12	PLC	Funciona según la programación	↑	
13	Fuente de Energía	Envía el voltaje adecuado al PLC y los sensores	↑	
14	Sensor de Envases	Detecta la presencia de los envases	↑	
15	Sensor de Etiquetas	Detecta el paso de las etiquetas	↑	
↑: No presenta problemas durante el funcionamiento				
↓: Si presenta problemas durante el funcionamiento				

Tabla 6.25: Verificación de los Sistemas de la Máquina Etiquetadora  
Fuente: Investigador (Criollo Fabián)

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>			
<b>CARRERA DE INGENIERÍA MÉCANICA</b>			
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>			
<b>SISTEMAS DE LA MÁQUINA ETIQUETADORA</b>			
<b>Lugar:</b> Laboratorio de Automatización			
<b>Investigador:</b> Fabián Criollo			
Frecuencia de Salida Hercios (Hz)	S. Desbobinador	S. Rebobinador	S. Eléctrico
5	↑	↑	↑
6	↑	↑	↑
7	↑	↑	↑
8	↑	↑	↑

Tabla 6.25 (Cont.)

9	↑	↑	↑
10	↑	↑	↑
11	↑	↑	↑
12	↑	↑	↑
Frecuencia de Salida Hercios (Hz)	S. Giro de Envases	S. Transportador	S. Eléctrico
3,1	↑	↑	↑
4,1	↑	↑	↑
5,1	↑	↑	↑
6,1	↑	↑	↑
7,1	↑	↑	↑
8,1	↑	↑	↑
9,1	↑	↑	↑
10,1	↑	↑	↑
↑: No presenta problemas durante el funcionamiento			
↓: Si presenta problemas durante el funcionamiento			

Cabe indicar que las pruebas de funcionamiento que se realizaron en el prototipo de etiquetadora lineal primero se lo hizo sin etiquetar envases en vacío y luego con envases de ½ litro de diferente modelo.

## 6.9.2 MANUAL DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento de máquinas es de vital importancia, ya que con un adecuado mantenimiento se pueda conseguir que todas sus partes tengan largas horas de vida útil y así a futuro evitar un paro total de máquina evitando un paro de producción en el proceso de embotellado. A continuación se detallan las siguientes recomendaciones para realizar un mantenimiento preventivo adecuado:

- Realizar una Limpieza de la Máquina Etiquetadora y la Banda Transportadora después de cada funcionamiento
- Lubricar y engrasar los ejes motrices del sistema desbobinador, sistema rebobinador y sistema giro de envases cada tres meses para evitar el desgaste por fricción.

- La banda plana debe ser cambiada luego de haber concluido sus respectivas horas de servicio tomando en cuenta que está en función de las horas de funcionamiento de la máquina.
- Las bandas de transmisión deben ser cambiadas una vez que hayan concluido sus horas de servicio.
- Chequear el Sistema eléctrico cada seis mese para evitar cortos circuitos, calentamiento prematuro en los motores o daño en los variadores, PLC y los Sensores.
- Limpiar los rodillos guías después de cada cambio del rollo de etiquetas para evitar un atascamiento durante el etiquetado.
- Alinear la escobilla después de cada funcionamiento.
- Limpiar la banda plana del sistema giro de botellas para evitar la acumulación de suciedad ocasionada por las etiquetas después de cada funcionamiento.

### **6.9.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.9.3.1 CONCLUSIONES**

- La máquina puede trabajar a diferentes velocidades dentro de un rango establecido, pudiendo etiquetar envases de medio litro de diferentes modelos.
- Con la implementación de este sistema de etiquetado se comprueba que el prototipo diseñado y construido se ajusta a las exigencias del prototipo de embotelladora mejorando así la producción de envases etiquetados.
- La utilización del etiquetado automático reduce el tiempo de colocación de la etiqueta con respecto a un etiquetado manual.

#### **6.9.3.2 RECOMENDACIONES**

- Las botellas que se van a etiquetar deben estar llenas para vencer la resistencia generada por la escobilla, caso contrario los envases perderán estabilidad y se aceran durante la operación de etiquetado.

- No trabajar fuera del rango de velocidades establecidas porque los envases a etiquetar pierden estabilidad y se caen durante el transporte, además porque provoca pérdidas de etiqueta debido a que el sensor no envía las señales al PLC a tiempo para lograr el apagado del motor del sistema rebobinador.
- Regular el sistema elevador luego de colocar el rollo de etiquetas para evitar que las mismas salgan muy abajo o muy arriba en placa separadora y se peguen mal en el envase a etiquetar.

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- HERRERA E. LUIS, MEDINA F. ARNALDO Y NARANJO L. GALO (2008), Tutoría de la Investigación Científica, Empresdane Gráficas Cía. Ltda., Quito
- RICHARD G. BUDYNAS y J. KEITH NISBETT (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Mc Graw Hill, México
- CRAIG J., (2006), Robótica, Editorial Pearson Educación, 3ra. Edición, Mc Graw Hill, México
- BOLTON, W (2206), Mecatrónica,, Editorial Alfa omega, 2da. Edición, México
- Revista Somos Mecatrónica, Año 3, Febrero 2011, Edición Digital
- Werner Oster, Comercialización técnica de técnica de embalajes, KHS AG; KHS Journal, El punto del Wellness; 2da. Edición 2007; Español
- Klaus Krämer, Director de Construcción Rollfed, KHS AG; KHS Journal, La Perfecta Etiquetadora; 3ra. Edición 2008; Español
- BAYARDO JULIÁN BARAHONA QUELAL (2011), Construcción de una Máquina Etiquetadora Automática, Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos, Quito

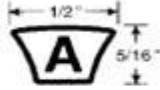
### Internet

- <http://equitek.com.mx/equipos/SerieES1/28.php>
- [www.krones.com](http://www.krones.com) (Etiquetadoras Modulares de KRONES, Los Multitalentos, Datos e información Técnica)
- <http://www.cdafrance.com>
- <http://www.amee.org.mx> (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje)
- <http://www.marcombo.com>
- <http://www.lscontrol.com.ar/index.php/93-variadores-de-frecuencia>
- <http://es.scribd.com/doc/54988600/28/Seleccion-de-motorreductores>
- <http://www.imh.es/formacion-continua/cursos/mantenimiento-y-montaje/catalogo/sensores-tipos-y-aplicaciones>
- <http://es.scribd.com/doc/3838277/sensores-varios-tipos>

# **ANEXOS**

# ANEXO A: DISEÑO MECÁNICO

## Anexo A1: Bandas Tipo A

<b>Bandas Hi-Power II</b>			
			
<b>Sección A</b>			
Banda No.	Circunferencia Exterior (Pulg.)	Banda No.	Circunferencia Exterior (Pulg.)
A16	18	A65	67
A17	19	A66	68
A18	20	A67	69
A19	21	A68	70
A20	22	A69	71
A21	23	A70	72
A22	24	A71	73
A23	25	A72	74
A24	26	A73	75
A25	27	A74	76
A26	28	A75	77
A27	29	A76	78
A28	30	A77	79
A29	31	A78	80
A30	32	A79	81
A31	33	A80	82
A32	34	A81	83
A33	35	A82	84
A34	36	A83	85

## Anexo A2: Dimensiones de Conversión de Longitud

**Table 17-11**

Length Conversion Dimensions (Add the Listed Quantity to the Inside Circumference to Obtain the Pitch Length in Inches)

Belt section	A	B	C	D	E
Quantity to be added	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

## Anexo A3: Factor de Corrección del ángulo de contacto

**Table 17-13**

Angle of Contact  
Correction Factor  $K_1$  for  
VV\* and V-Flat Drives

$\frac{D-d}{C}$	$\theta$ , deg	VV	$K_1$	V Flat
0.00	180	1.00		0.75
0.10	174.3	0.99		0.76
0.20	166.5	0.97		0.78
0.30	162.7	0.96		0.79
0.40	156.9	0.94		0.80
0.50	151.0	0.93		0.81
0.60	145.1	0.91		0.83
0.70	139.0	0.89		0.84
0.80	132.8	0.87		0.85
0.90	126.5	0.85		0.85
1.00	120.0	0.82		0.82
1.10	113.3	0.80		0.80

## Anexo A4: Factor de corrección de longitud de banda $K_2$

**Table 17-14**

Belt-Length Correction  
Factor  $K_2^*$

Length Factor	Nominal Belt Length, in				
	A Belts	B Belts	C Belts	D Belts	E Belts
0.85	Up to 35	Up to 46	Up to 75	Up to 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Up to 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 and up	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 and up	330 and up	540 and up	660

\*Multiply the rated horsepower per belt by this factor to obtain the corrected horsepower.

## Anexo A5: Potencias Nominales de bandas en V estándar

**Table 17-12**

Horsepower Ratings of  
Standard V Belts

Belt Section	Sheave Pitch Diameter, in	Belt Speed, ft/min				
		1000	2000	3000	4000	5000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 and up	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
	7.0 and up	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 and up	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
	17.0 and up	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 and up	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1

## Anexo A6: Factores de servicio

**Table 17-15**

Suggested Service  
Factors  $K_S$  for V-Belt  
Drives

Driven Machinery	Source of Power	
	Normal Torque Characteristic	High or Nonuniform Torque
Uniform	1.0 to 1.2	1.1 to 1.3
Light shock	1.1 to 1.3	1.2 to 1.4
Medium shock	1.2 to 1.4	1.4 to 1.6
Heavy shock	1.3 to 1.5	1.5 to 1.8



## Anexo A7: Parámetros de Bandas

**Table 17-16**

Some VBelt Parameters\*

Belt Section	$K_b$	$K_c$
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1098	1.217
8V	4830	3.288

## Anexo A8: Bandas Planas

Tipo	Cobertura superior			Núcleo de tracción	Cobertura de adherencia			Espesor total	Peso	Diámetro mínimo (L)	Tracción al 1%	Carga de rotura	Resistencia temperatura	
	material	color	coef. fricción sobre acero		material	color	coef. fricción sobre acero						[mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]
<b>CORREAS CON NÚCLEO DE TRACCIÓN EN POLIÉSTER</b>														
T-E 10/20	elastómero	●	0,7	poliéster	elastómero	●	0,7	2,2	2,5	25	10,0	90	-20	70
T-E 30/30	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,0	3,5	50	30,0	250	-20	70
DG-E 10/30	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,0	3,5	30	10,0	90	-20	70
DG-E 10/40	"	●	0,7	"	"	●	0,7	4,0	5,0	40	10,0	90	-20	70
<b>Serie T</b>														
T0	elastómero	●	0,7	poliamida	elastómero	●	0,7	1,4	1,5	20	2,0	80	0	100
T1	"	●	0,7	"	"	●	0,7	1,7	1,8	25	5,0	200	0	100
T1R	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,1	2,3	25	5,0	200	0	100
T2	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,3	2,6	60	7,5	300	0	100
T2R	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,2	3,6	75	7,5	300	0	100
T3	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,6	2,8	100	10,0	400	0	100
T3R	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,4	3,7	100	10,0	400	0	100
T4	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,1	3,4	150	15,0	600	0	100
T4R	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,9	4,5	150	15,0	600	0	100
T4S	"	●	0,7	"	"	●	0,7	5,1	5,9	150	15,0	600	0	100
T1-T	elastómero	●	0,7	poliamida	elastómero	●	0,7	1,8	2,1	25	5,0	200	0	100
T2-T	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,7	3,1	60	7,5	300	0	100
T3-OE	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,7	3,0	90	10,0	400	0	100
T3-T	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,9	3,4	100	10,0	400	0	100
T4-T	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,4	3,7	150	15,0	600	0	100

## Anexo A9: Factor de corrección de polea $C_p$

**Table 17-4**

Pulley Correction Factor  $C_p$  for Flat Belts\*

Material	Small-Pulley Diameter, in					
	1.6 to 4	4.5 to 8	9 to 12.5	14, 16	18 to 31.5	Over 31.5
Leather	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Polyamide, F-0	0.95	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
F-1	0.70	0.92	0.95	1.0	1.0	1.0
F-2	0.73	0.86	0.96	1.0	1.0	1.0
A-2	0.73	0.86	0.96	1.0	1.0	1.0
A-3	—	0.70	0.87	0.94	0.96	1.0
A-4	—	—	0.71	0.80	0.85	0.92
A-5	—	—	—	0.72	0.77	0.91

\*Average values of  $C_p$  for the given ranges were approximated from curves in the *Hobasit Engineering Manual*, Hobasit Belting, Inc., Chamblee (Atlanta), Ga.

## Anexo A10: Propiedades de los Aceros

**Table A-20**

Deterministic ASTM Minimum Tensile and Yield Strengths for Some Hot-Rolled (HR) and Cold-Drawn (CD) Steels [The strengths listed are estimated ASTM minimum values in the size range 18 to 32 mm ( $\frac{3}{4}$  to  $1\frac{1}{4}$  in). These strengths are suitable for use with the design factor defined in Sec. 1–10, provided the materials conform to ASTM A6 or A568 requirements or are required in the purchase specifications. Remember that a numbering system is not a specification.] Source: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS No.	SAE and/or AISI No.	Process- ing	Tensile Strength, MPa (kpsi)	Yield Strength, MPa (kpsi)	Elongation in 2 in, %	Reduction in Area, %	Brinell Hardness
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

## Anexo A11: Factor de la Condición Superficial

**Table 6-2**

Parameters for Marin  
Surface Modification  
Factor, Eq. (6-19)

Surface Finish	Factor <i>a</i>		Exponent <i>b</i>
	<i>S<sub>ut</sub></i> , kpsi	<i>S<sub>ut</sub></i> , MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hotrolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

## Anexo A12: Valores Medios del Factor de Carga

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{bending} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsion}^{17} \end{cases}$$

### Anexo A13: Factor de Temperatura

**Table 6-4**

Effect of Operating Temperature on the Tensile Strength of Steel.* ( $S_T$ = tensile strength at operating temperature; $S_{RT}$ = tensile strength at room temperature; $0.099 \leq \hat{\sigma} \leq 0.110$ )	Temperature, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperature, °F	$S_T/S_{RT}$
		20	1.000	70
	50	1.010	100	1.008
	100	1.020	200	1.020
	150	1.025	300	1.024
	200	1.020	400	1.018
	250	1.000	500	0.995
	300	0.975	600	0.963
	350	0.943	700	0.927
	400	0.900	800	0.872
	450	0.843	900	0.797
	500	0.768	1000	0.698
	550	0.672	1100	0.567
	600	0.549		

\*Data source: Fig. 2-9.

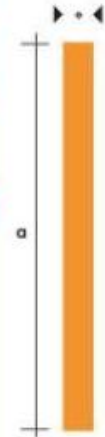
### Anexo A14: Factor de Confiabilidad

**Table 6-5**

Reliability Factors $k_e$ Corresponding to 8 Percent Standard Deviation of the Endurance Limit	Reliability, %	Transformation Variate $z_a$	Reliability Factor $k_e$
	50	0	1.000
	90	1.288	0.897
	95	1.645	0.868
	99	2.326	0.814
	99.9	3.091	0.753
	99.99	3.719	0.702
	99.999	4.265	0.659
	99.9999	4.753	0.620

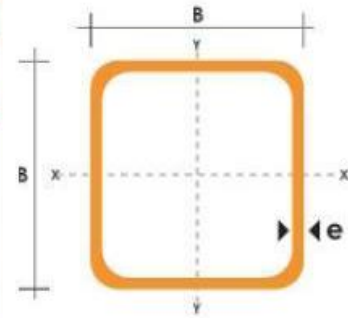
### Anexo A15: Perfil Laninado Platinas

DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50



**Anexo A16: Tubo Estructural Cuadrado**

DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPELOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91



**Anexo A17: Esfuerzo Permissible**

TABLE 7—36,000 psi yield steel

$\frac{KL}{r}$ ratio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	21,560	21,520	21,480	21,440	21,390	21,350	21,300	21,250	21,210
10	21,160	21,100	21,050	21,000	20,950	20,890	20,830	20,780	20,660
20	20,600	20,540	20,480	20,410	20,350	20,280	20,220	20,150	20,010
30	19,940	19,870	19,800	19,730	19,650	19,560	19,500	19,420	19,270
40	19,190	19,110	19,030	18,950	18,860	18,780	18,700	18,610	18,530
50	18,350	18,260	18,170	18,080	17,990	17,900	17,810	17,710	17,620
60	17,430	17,330	17,240	17,140	17,040	16,940	16,840	16,740	16,530
70	16,430	16,330	16,220	16,120	16,010	15,900	15,790	15,690	15,470
80	15,360	15,240	15,120	15,020	14,900	14,790	14,670	14,560	14,320
90	14,200	14,090	13,970	13,840	13,720	13,600	13,480	13,350	13,100
100	12,980	12,850	12,720	12,590	12,470	12,330	12,200	12,070	11,810
110	11,670	11,540	11,400	11,260	11,130	10,990	10,850	10,710	10,430
120	10,280	10,140	9,990	9,850	9,700	9,550	9,410	9,260	8,970
130	8,840	8,700	8,570	8,440	8,310	8,190	8,070	7,960	7,730
140	7,620	7,510	7,410	7,300	7,200	7,100	7,010	6,910	6,730
150	6,640	6,550	6,460	6,380	6,300	6,220	6,140	6,060	5,910
160	5,830	5,760	5,690	5,620	5,560	5,490	5,420	5,350	5,230
170	5,170	5,110	5,050	4,990	4,930	4,860	4,820	4,770	4,660
180	4,610	4,560	4,510	4,460	4,410	4,360	4,320	4,270	4,180



## Anexo A18: Bandas Transportadoras

Extracto del programa de suministro de correas bobinadas sin fin

Datos técnicos								
Nº de artículo	Espesor de correa aprox. [mm]	Fuerza tangencial nominal aprox. con elongación de trabajo 1% [N/mm de anchura de la correa]*	Resistencia a la tracción aprox. [N/mm de anchura de la correa]	Elongación de rotura aprox. [%]	Elongación de montaje [% de la longitud de la correa]	Peso aprox. [kg/m <sup>2</sup> ]	Temperatura de servicio adm. Td [°C] (permanente)***	
UU 10 E verde	810011	0,75	-	130	15	0,5 - 1,8	0,7	-20°/+80°
UU 14 E verde	810012	0,8	-	175	15	0,5 - 1,8	0,8	-20°/+80°
UU 20 E verde	810013	1,2	-	300	15	0,5 - 1,8	1,1	-20°/+80°
GT 10 E negro	810028	1,2	10	130	15	0,5 - 1,8	1,2	-20°/+80°
GT 14 E negro	810027	1,3	14	175	15	0,5 - 1,8	1,3	-20°/+80°
GT 20 E negro	810026	1,9	20	300	15	0,5 - 1,8	1,9	-20°/+80°
GT 28 E negro	810029	2,1	28	540	15	0,5 - 1,8	2,2	-20°/+80°
GT 40 E negro	810032	2,4	40	600	15	0,5 - 1,8	2,5	-20°/+80°
GG 10 E negro	810033	1,8	10	130	15	0,5 - 1,8	1,9	-20°/+80°
GG 14 E negro	810035	1,9	14	175	15	0,5 - 1,8	2,0	-20°/+80°
GG 20 E negro	810031	2,8	20	300	15	0,5 - 1,8	2,9	-20°/+80°
GG 28 E negro	810036	3,1	28	540	15	0,5 - 1,8	3,2	-20°/+80°
GG 40 E negro	810030	3,4	40	600	15	0,5 - 1,8	3,5	-20°/+80°
LT 10 E	810001	2,0	10	130	15	0,5 - 1,8	1,9	-40°/+80°
LT 14 E	810002	2,1	14	175	15	0,5 - 1,8	2,2	-40°/+80°
LT 20 E	810003	2,3	20	300	15	0,5 - 1,8	2,5	-40°/+80°
LT 28 E	810004	2,9	28	540	15	0,5 - 1,8	3,2	-40°/+80°
LT 40 E	810005	3,2	40	600	15	0,5 - 1,8	3,3	-40°/+80°
LL 10 E	810006	3,4	10	130	15	0,5 - 1,8	3,4	-40°/+80°
LL 14 E	810007	3,6	14	175	15	0,5 - 1,8	3,6	-40°/+80°
LL 20 E	810008	3,8	20	300	15	0,5 - 1,8	3,9	-40°/+80°
LL 28 E	810009	4,2	28	540	15	0,5 - 1,8	4,2	-40°/+80°
LL 40 E	810010	4,8	40	600	15	0,5 - 1,8	4,8	-40°/+80°

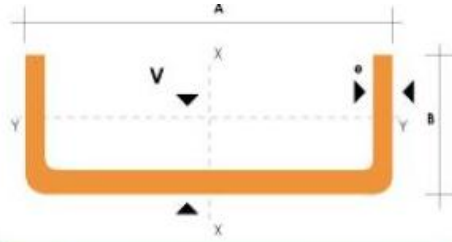
**Anexo A19:** Valores del coeficiente C, de resistencia a la flexión, en función de la distancia entre tambores y su ubicación.

Ubicación	Distancia entre tambores (m)					
	50	100	200	300	400	500
C en superficie	2,1	1,8	1,4	1,21	1,18	1,1
C en interior	3,8	3,2	2,6	2,2	1,9	1,8

**Anexo A20:** Cálculo de la potencia suplementaria, Ns (HP), en función del ancho (B) y de la velocidad de banda (v).

Ancho de banda B (mm)	Potencia suplementaria Ns (HP)
≤ 500	1.v
≤ 1000	2.v

**Anexo A21:** Perfil Estructural Canales “U”



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I	x
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.56
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74
150	80	6	83.64	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43
150	80	8	108.90	18.15	22.69	760.23	101.36	5.78	139.53	25.09	2.47	2.44
150	80	10	132.96	22.16	27.71	896.29	119.50	5.68	165.85	30.37	2.44	2.54

**Anexo A22:** Factor de Seguridad Estático

RODAMIENTOS EN ROTACIÓN	
Aplicaciones donde se de con seguridad un funcionamiento suave sin vibraciones	$S_0 = 0,5$
Condiciones de trabajo medias, y situaciones normales de vibración	$S_0 = 1$
cargas de choque acusadas	$S_0 = 1,5$ a 2
Rigurosas exigencias de funcionamiento silencioso	$S_0 = 2$
<b>Fuente: Catalogo General SKF (Pág. 43)</b>	

**Anexo A23:** Horas de Servicio

Guía para los valores de la duración de $L_{10h}$ para diferentes clases de máquinas	
Clase de Máquina	$L_{10h}$ Horas de Servicio
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para limadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 a 50 000
<b>Fuente: Catalogo General SKF (Pág. 43)</b>	

Anexo A24: Factor de Duración

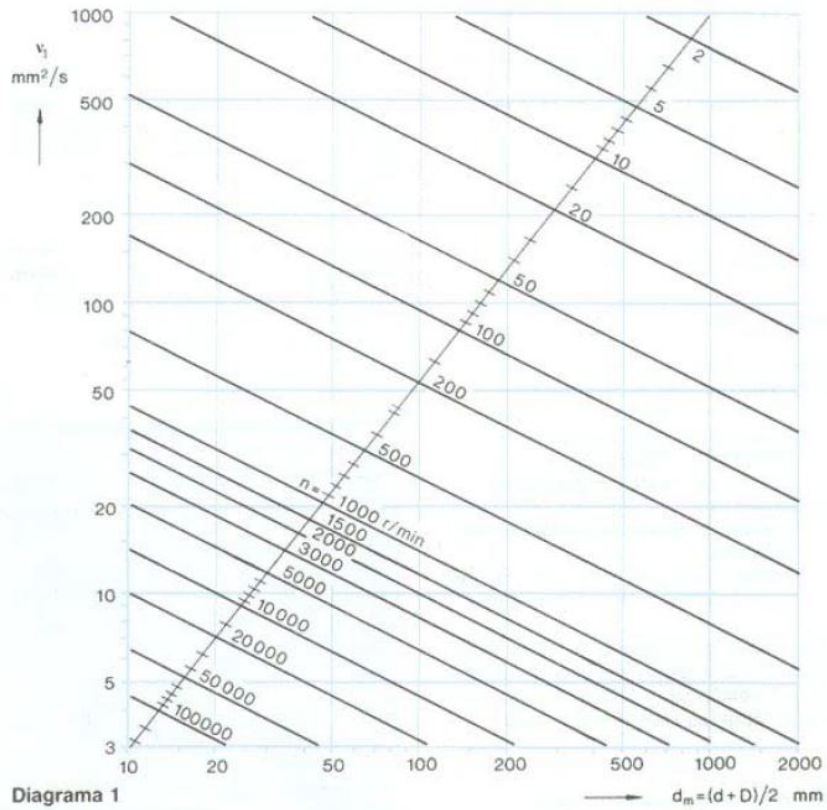
Valor del factor $a_1$ de duración	
Fiabilidad %	$a_1$
90	1
95	0,62
96	0,53
97	0,44
98	0,33
99	0,21

**Fuente: Catálogo General SKF (Pág. 35)**

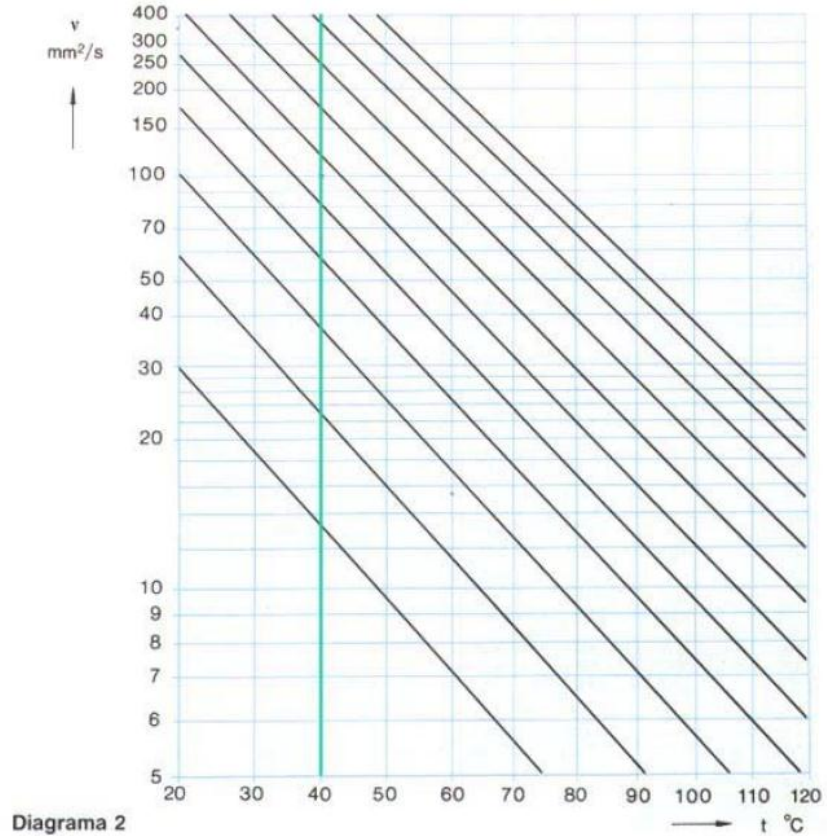
Anexo A25: Catálogo SKF

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Límite de velocidad		Massa	Designaci
d	D	B	dinám C	estát. Ca	Lubrificación con grasa      aceite			
mm			N		r/min		kg	-
17	26	5	1 600	930	24 000	30 000	0,0092	61803
	35	8	6 050	2 800	19 000	24 000	0,032	16003
	35	10	6 050	2 800	19 000	24 000	0,039	6003
	40	12	8 560	4 500	17 000	20 000	0,065	6203
	47	14	13 500	6 550	16 000	19 000	0,12	6303
	62	17	22 900	11 800	12 000	15 000	0,27	6403
20	32	7	2 650	1 400	19 000	24 000	0,018	61804
	42	8	7 020	3 400	17 000	20 000	0,050	16004
	42	12	9 360	4 500	17 000	20 000	0,069	6004
	47	14	12 700	6 200	15 000	18 000	0,11	6204
	52	15	15 900	7 800	13 000	16 000	0,14	6304
	72	19	30 700	16 600	10 000	13 000	0,40	6404
25	37	7	3 120	1 960	17 000	20 000	0,022	61805
	47	8	7 610	4 000	14 000	17 000	0,060	16005
	47	12	11 200	5 600	15 000	18 000	0,080	6005
	52	15	14 000	6 950	12 000	15 000	0,13	6205
	62	17	22 500	11 400	11 000	14 000	0,23	6305
	80	21	35 800	19 600	9 000	11 000	0,53	6405
30	42	7	3 120	2 080	15 000	18 000	0,026	61806
	55	9	11 200	5 850	12 000	15 000	0,085	16006
	55	13	13 300	6 800	12 000	15 000	0,12	6006
	62	16	19 500	10 000	10 000	13 000	0,20	6206
	72	19	28 100	14 600	9 000	11 000	0,35	6306
	90	23	43 600	24 000	8 500	10 000	0,74	6406
35	47	7	4 030	3 000	13 000	16 000	0,030	61807
	62	9	12 400	6 950	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	8 500	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	13 700	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	18 000	8 500	10 000	0,46	6307
	100	25	55 300	31 000	7 000	8 500	0,95	6407
40	52	7	4 160	3 350	11 000	14 000	0,034	61808
	68	9	13 300	7 800	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	9 300	9 500	12 000	0,19	6008
	80	18	30 700	16 600	8 500	10 000	0,32	6208
	90	23	41 000	22 400	7 500	9 000	0,63	6308
	110	27	63 700	36 500	6 700	8 000	1,25	6408

**Anexo A26: Viscosidad Cinemática Relativa V1**



**Anexo A27: Viscosidad Cinemática de Servicio V**





### Anexo A28: Factor $a_{23}$

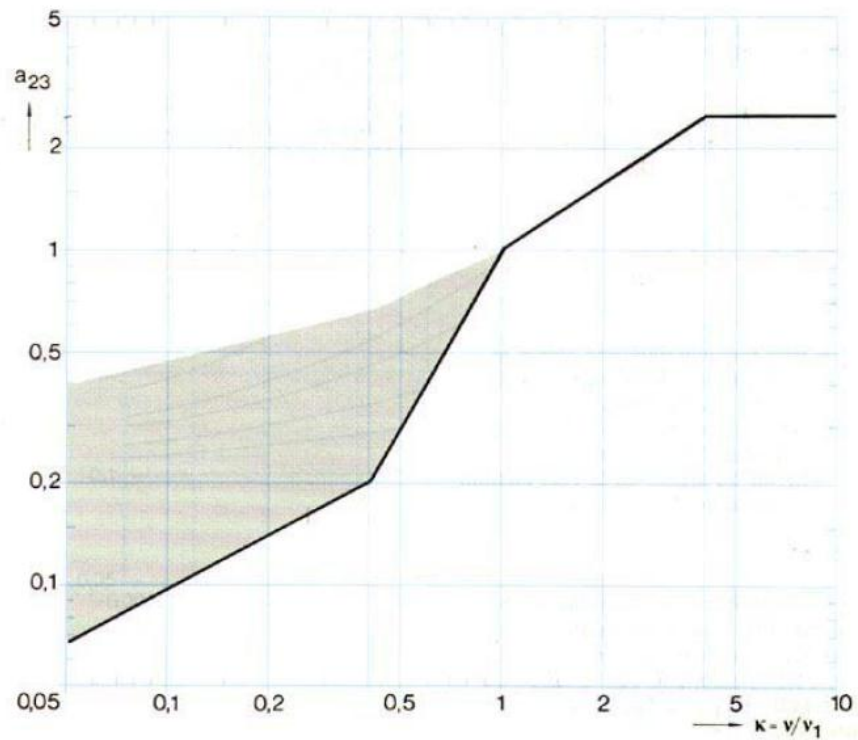


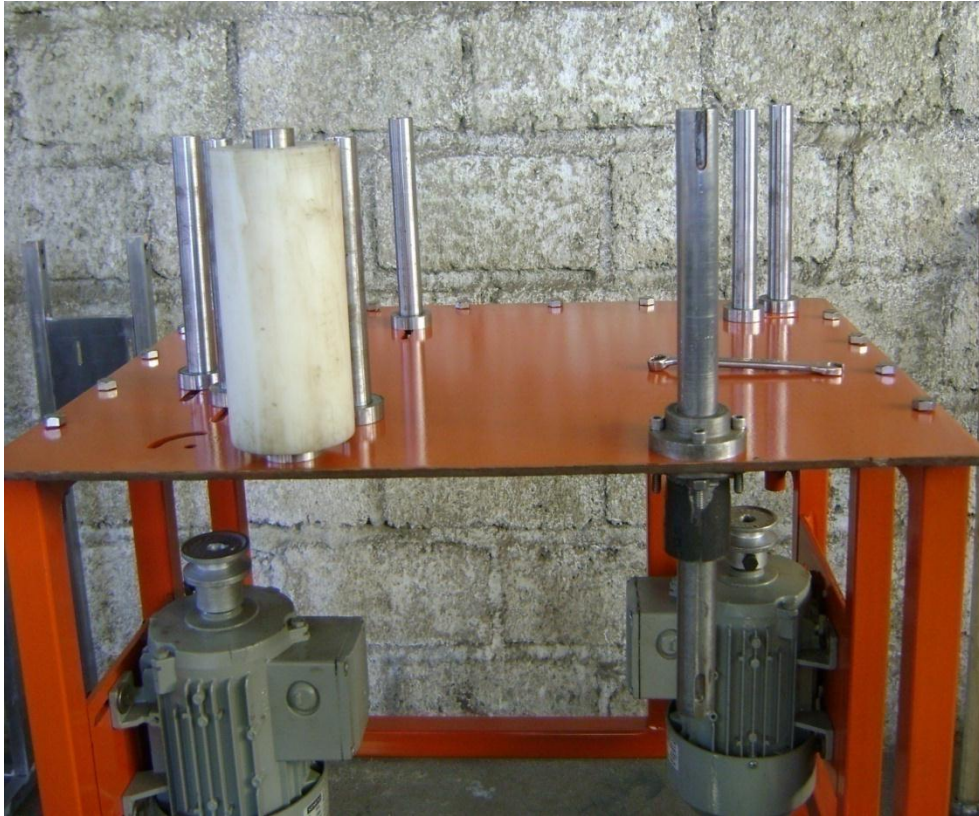
Diagrama 3

### Anexo A29: Soportes de Rodamiento

Dimensiones								Capacidad de carga C	Masa kg	Designaciones Unidad completa	Soporte	Rodamiento Y
d	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	D <sub>s</sub>	J	L	G					
mm								N	kg	-		
20	43	29	11	68,3	63,5	86	10	9 800	0,65	FY 20 FJ	FY 504	238204 B02LS
	38	29	11	68,3	63,5	86	10	9 800	0,63	FY 20 W	FY 504	446204 D
	32,3	29	11	68,3	63,5	86	10	9 800	0,64	FY 20 TB	FY 504	630304 BA
	40	29	11	68,3	63,5	86	10	9 800	0,62	FY 20 KG	FY 504	362004 BTN
25	43	30	12	74,6	70	95	10	10 800	0,70	FY 25 FJ	FY 505	238205 B02LS
	46	30	12	74,6	70	95	10	10 800	0,86	FY 25 W	FY 505	446205 D
	35,8	30	12	74,6	70	95	10	10 800	0,70	FY 25 TB	FY 505	630305 BA
	40	30	12	74,6	70	95	10	10 800	0,67	FY 25 KG	FY 505	362005 BTN
30	47	33	13	93,7	82,5	108	10	15 000	1,15	FY 30 FJ	FY 506	238206 B02LS
	51	33	13	93,7	82,5	108	10	15 000	1,25	FY 30 W	FY 506	446206 D
	39,7	33	13	93,7	82,5	108	10	15 000	1,15	FY 30 TB	FY 506	630306 BA
	43,3	33	13	93,7	82,5	108	10	15 000	1,10	FY 30 KG	FY 506	362006 BTN
35	51	34	13	106,4	92	118	12	19 600	1,60	FY 35 FJ	FY 507	238207 B02LS
	54	34	13	106,4	92	118	12	19 600	1,65	FY 35 W	FY 507	446207 D
	44,4	34	13	106,4	92	118	12	19 600	1,55	FY 35 TB	FY 507	630307 BA
	46,1	34	13	106,4	92	118	12	19 600	1,45	FY 35 KG	FY 507	362007 B
40	56	37	14	115,9	101,5	130	12	23 600	2,00	FY 40 FJ	FY 508	238208 B02LS
	58	37	14	115,9	101,5	130	12	23 600	2,05	FY 40 W	FY 508	446208 D
	50,2	37	14	115,9	101,5	130	12	23 600	2,00	FY 40 TB	FY 508	630308 BA
	50,3	37	14	115,9	101,5	130	12	23 600	1,90	FY 40 KG	FY 508	362008 B
45	56	37	14	119,1	105	137	14	25 500	2,25	FY 45 FJ	FY 509	238209 B02LS
	58	37	14	119,1	105	137	14	25 500	2,35	FY 45 W	FY 509	446209 D
	51,2	37	14	119,1	105	137	14	25 500	2,20	FY 45 TB	FY 509	630309 BA

## ANEXO B: FOTOS

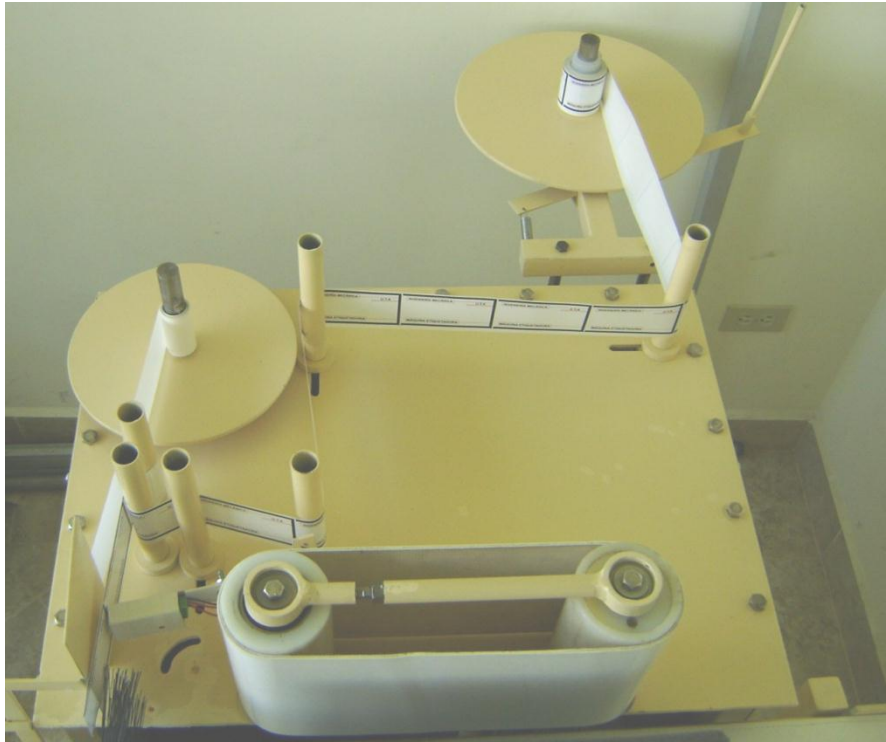
**Anexo B1:** Fondeo y Pintado de la Máquina Etiquetadora



**Anexo B2:** Instalación y Cableado de la Máquina Etiquetadora



**Anexo B3: Instalación del Rollo de Etiquetas**



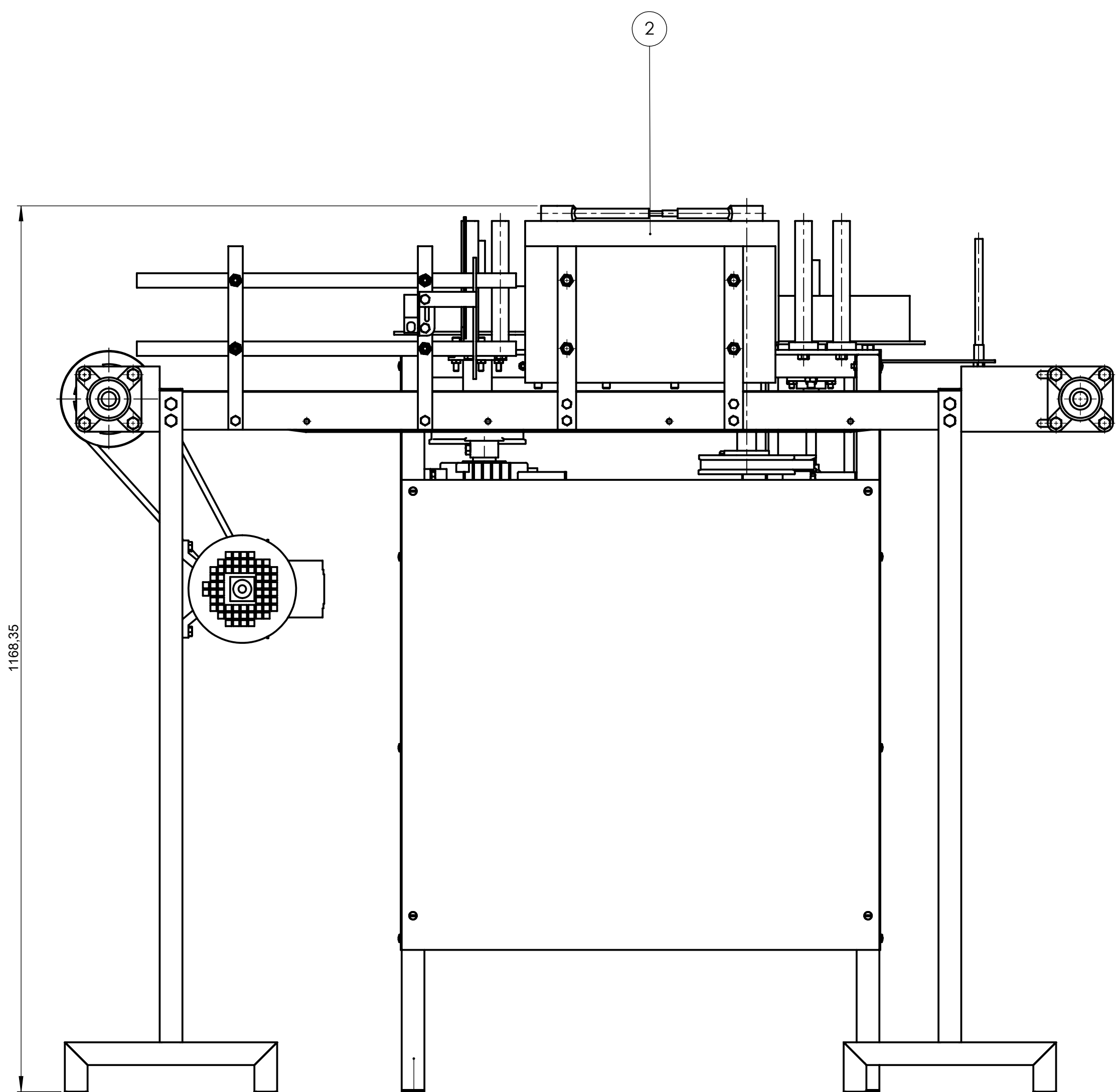
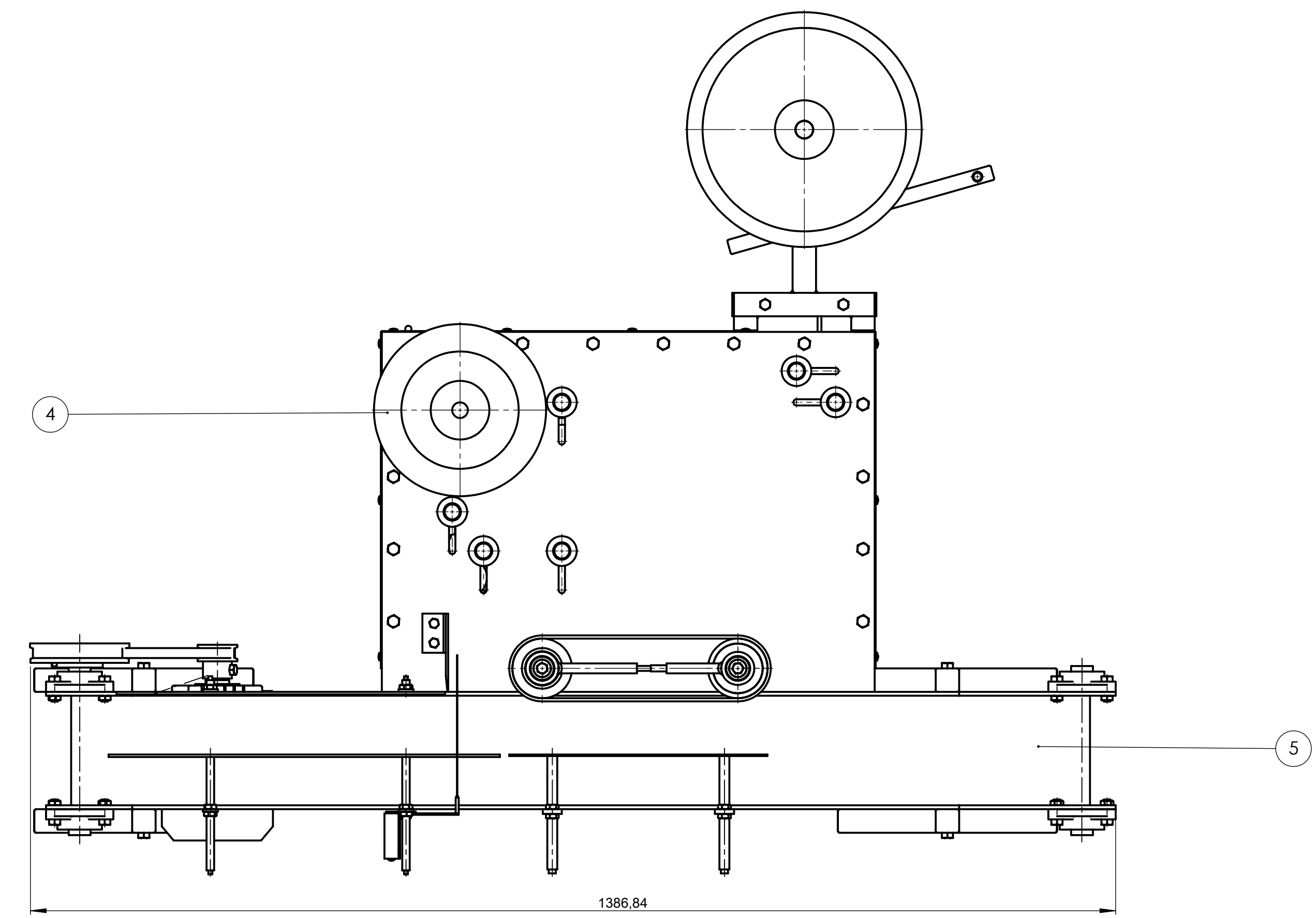
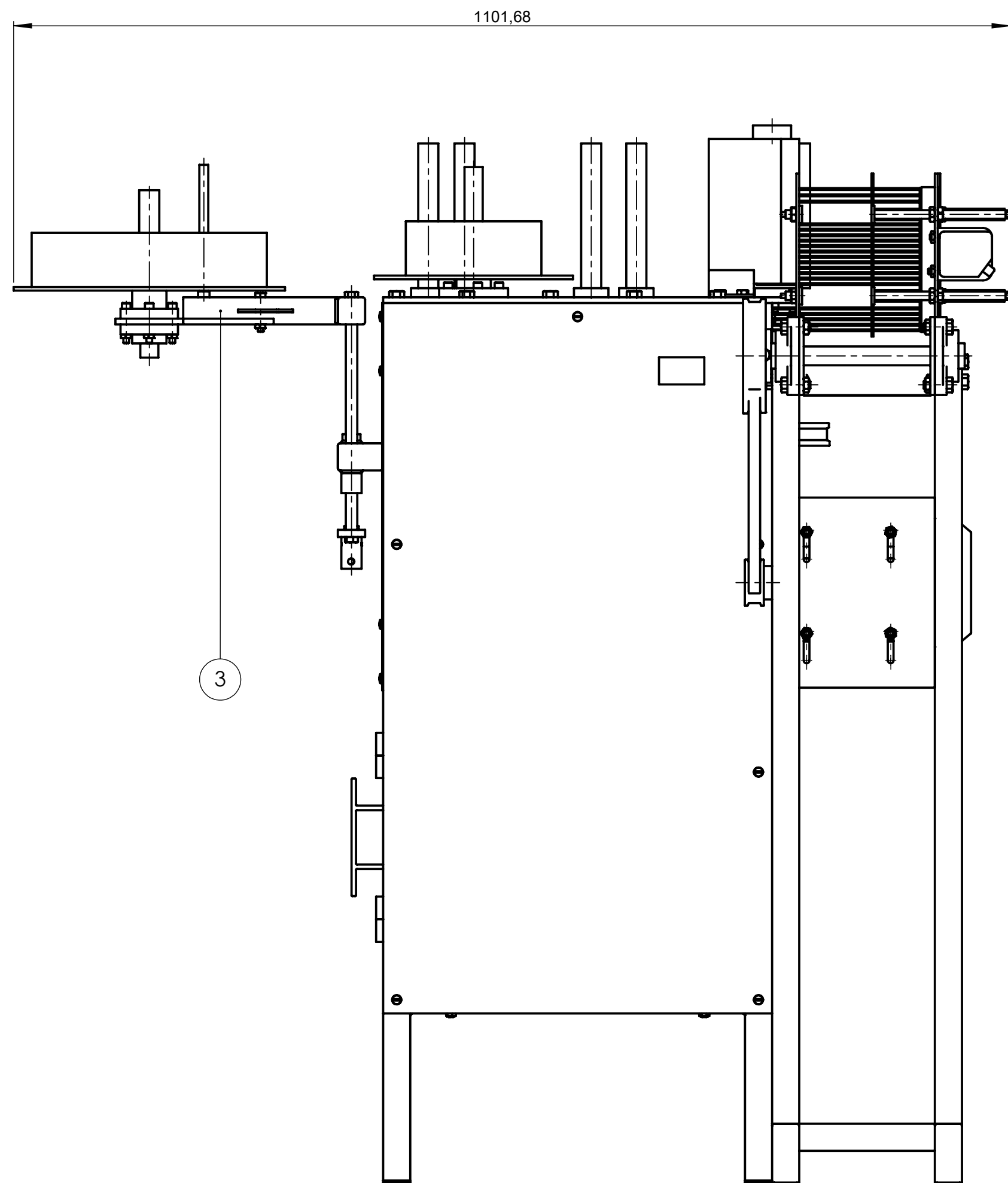
**Anexo B4: Máquina Etiquetadora Lineal y Banda Transportadora**



## **ANEXO C: CIRCUITO DE MONTAJE**

# PLANOS



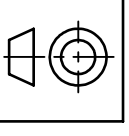


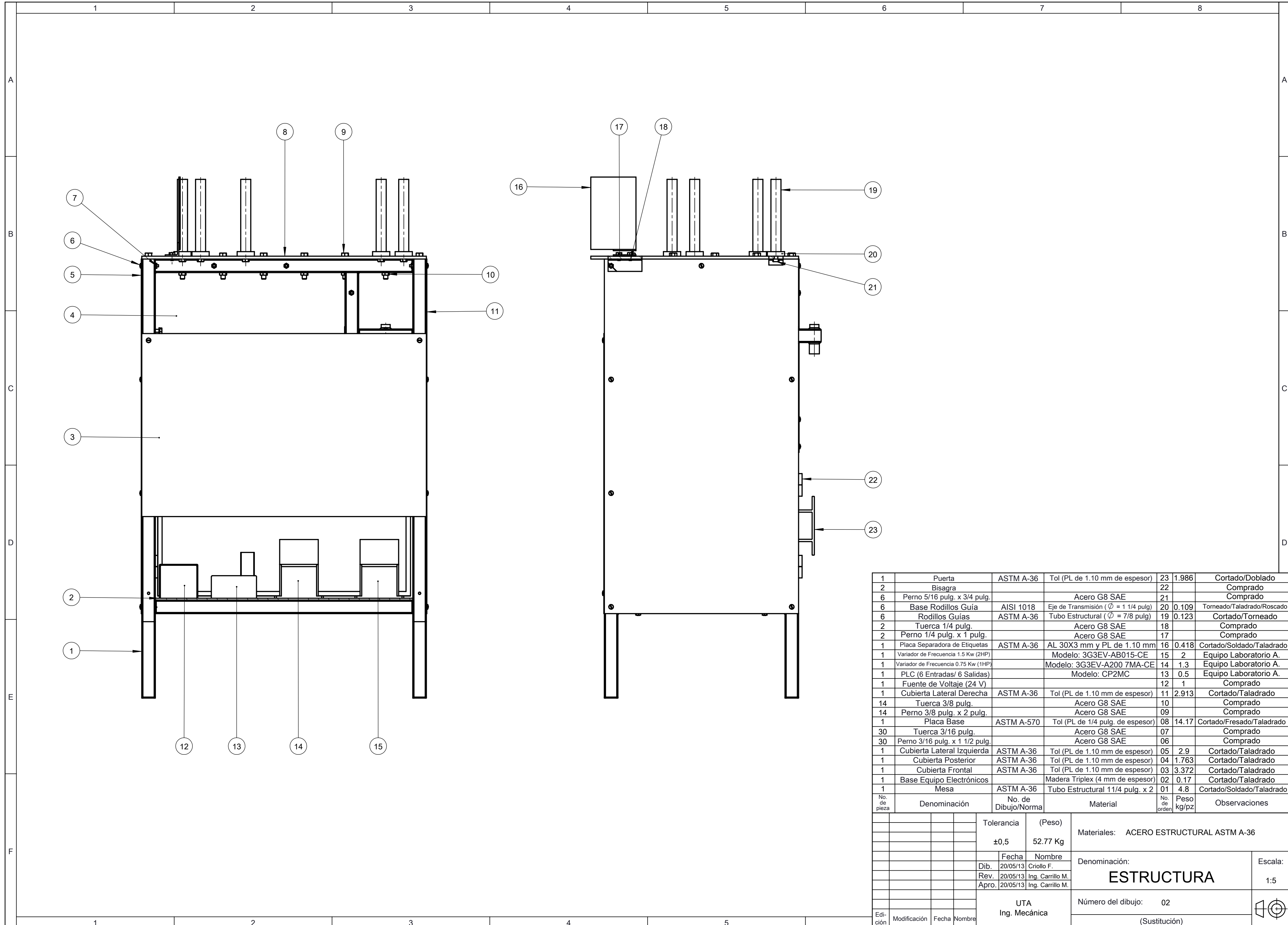
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones
1	Banda Transportadora	ASTM A-36	Tubo estructural-Acero de Transmisión	05	30.57	Construido
1	Sistema Rebobinador	AISI 1018	Acero de Transmisión	04	3.1	Construido
1	Sistema Elevador	ASTM A-36	Tubo estructural-Acero de Transmisión	03	6.79	Construido
1	Sistema Giro de Envases	AISI 1018	Acero de Transmisión- Nylon	02	9.37	Construido
1	Estructura	ASTM A-36	Tubo estructural	01	52.77	Construido

Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS
±0.5	73.948 Kg	
Fecha	Nombre	Denominación: <b>MÁQUINA ETIQUETADORA LINEAL</b>
Dib. 20/05/13	Crislito F.	
Rev. 20/05/13	Ing. Carrillo M.	
Apro. 20/05/13	Ing. Carrillo M.	
UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 01
		(Sustitución)

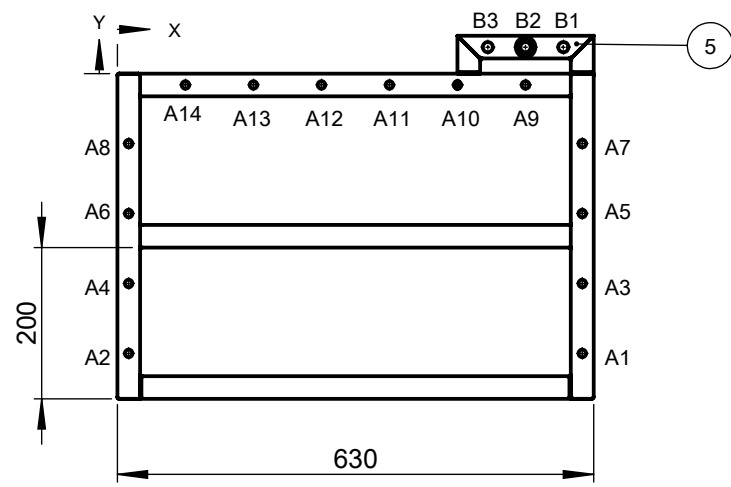
Escala:  
1:5





1	Puerta	ASTM A-36	Tol (PL de 1.10 mm de espesor)	23	1.986	Cortado/Doblado
2	Bisagra			22		Comprado
6	Perno 5/16 pulg. x 3/4 pulg.	Acero G8 SAE		21		Comprado
6	Base Rodillos Guía	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\phi = 1\ 1/4$ pulg)	20	0.109	Torneado/Taladrado/Roscado
6	Rodillos Guías	ASTM A-36	Tubo Estructural ( $\phi = 7/8$ pulg)	19	0.123	Cortado/Torneado
2	Tuerca 1/4 pulg.	Acero G8 SAE		18		Comprado
2	Perno 1/4 pulg. x 1 pulg.	Acero G8 SAE		17		Comprado
1	Placa Separadora de Etiquetas	ASTM A-36	AL 30X3 mm y PL de 1.10 mm	16	0.418	Cortado/Soldado/Taladrado
1	Variador de Frecuencia 1.5 Kw (2HP)		Modelo: 3G3EV-AB015-CE	15	2	Equipo Laboratorio A.
1	Variador de Frecuencia 0.75 Kw (1HP)		Modelo: 3G3EV-A200 7MA-CE	14	1.3	Equipo Laboratorio A.
1	PLC (6 Entradas/ 6 Salidas)		Modelo: CP2MC	13	0.5	Equipo Laboratorio A.
1	Fuente de Voltaje (24 V)			12	1	Comprado
1	Cubierta Lateral Derecha	ASTM A-36	Tol (PL de 1.10 mm de espesor)	11	2.913	Cortado/Taladrado
14	Tuerca 3/8 pulg.	Acero G8 SAE		10		Comprado
14	Perno 3/8 pulg. x 2 pulg.	Acero G8 SAE		09		Comprado
1	Placa Base	ASTM A-570	Tol (PL de 1/4 pulg. de espesor)	08	14.17	Cortado/Fresado/Taladrado
30	Tuerca 3/16 pulg.	Acero G8 SAE		07		Comprado
30	Perno 3/16 pulg. x 1 1/2 pulg.	Acero G8 SAE		06		Comprado
1	Cubierta Lateral Izquierda	ASTM A-36	Tol (PL de 1.10 mm de espesor)	05	2.9	Cortado/Taladrado
1	Cubierta Posterior	ASTM A-36	Tol (PL de 1.10 mm de espesor)	04	1.763	Cortado/Taladrado
1	Cubierta Frontal	ASTM A-36	Tol (PL de 1.10 mm de espesor)	03	3.372	Cortado/Taladrado
1	Base Equipo Electrónicos		Madera Triplex (4 mm de espesor)	02	0.17	Cortado/Taladrado
1	Mesa	ASTM A-36	Tubo Estructural 1 1/4 pulg. x 2	01	4.8	Cortado/Soldado/Taladrado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones

Tolerancia		(Peso)		Materiales: ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36					
±0,5		52.77 Kg							
Fecha		Nombre		Denominación: <b>ESTRUCTURA</b>					
Dib. 20/05/13		Criollo F.					Escala: 1:5		
Rev. 20/05/13		Ing. Carrillo M.							
Apro. 20/05/13		Ing. Carrillo M.							
Edición		UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 02					
Modificación				(Sustitución)					

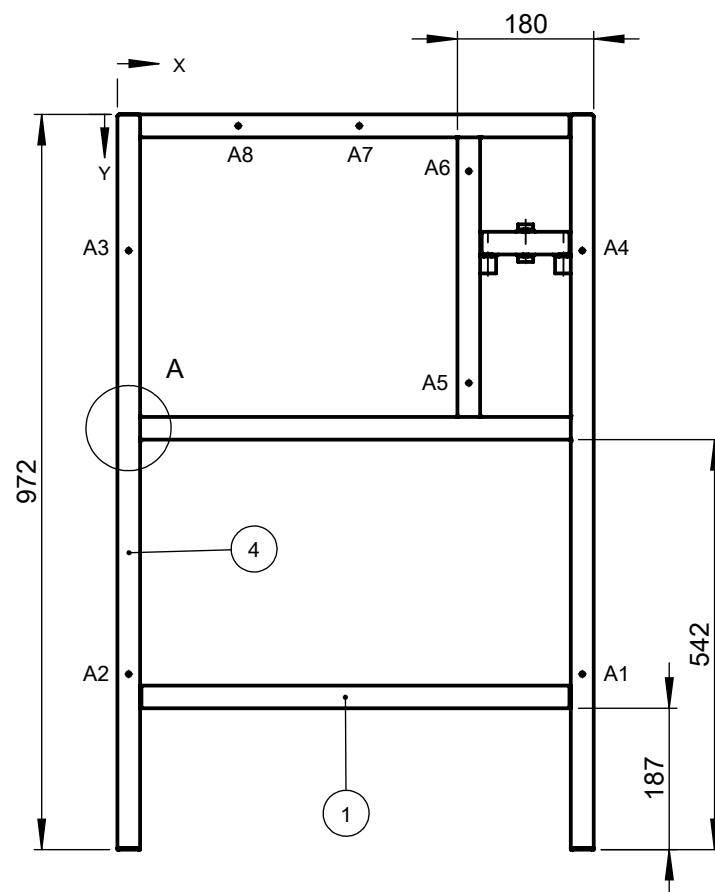


RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	615	-370	Ø 10.08 ∇ 30
A2	15	-370	Ø 10.08 ∇ 30
A3	615	-277	Ø 10.08 ∇ 30
A4	15	-277	Ø 10.08 ∇ 30
A5	615	-185	Ø 10.08 ∇ 30
A6	15	-185	Ø 10.08 ∇ 30
A7	615	-92	Ø 10.08 ∇ 30
A8	15	-92	Ø 10.08 ∇ 30
A9	540	-15	Ø 10.08 ∇ 30
A10	450	-15	Ø 10.08 ∇ 30
A11	360	-15	Ø 10.08 ∇ 30
A12	270	-15	Ø 10.08 ∇ 30
A13	180	-15	Ø 10.08 ∇ 30
A14	90	-15	Ø 10.08 ∇ 30
B1	590	35	Ø 13.49 ∇ 30
B2	540	35	Ø 13.49 ∇ 30
B3	490	35	Ø 13.49 ∇ 30

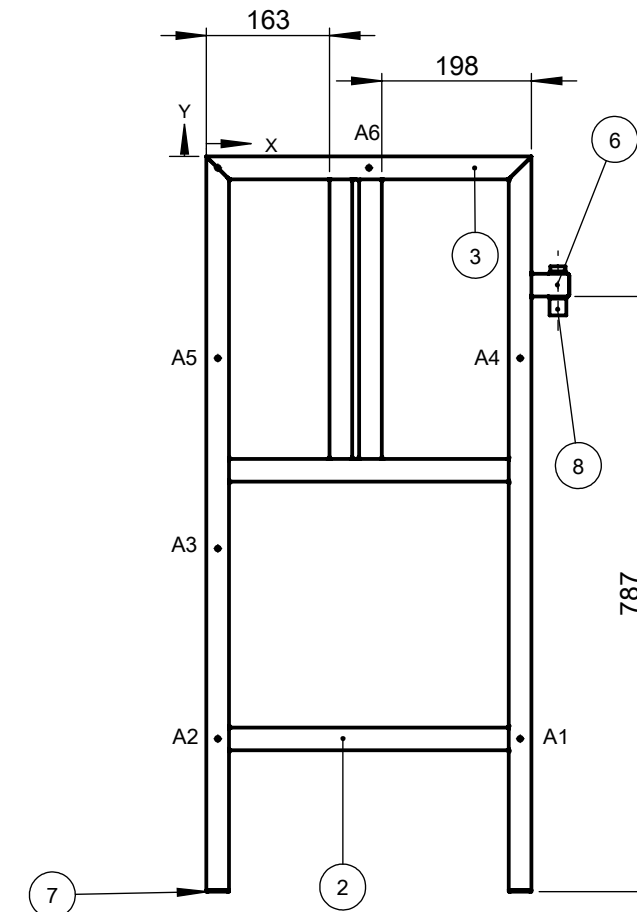
N3 Pulido

LISTA DE CORTES PARA PIEZA SOLDADA			
Nº	Cantidad	Descripción	Longitud
1	4	Tubo Estructural Cuadrado 1 1/4 pulg. x 2	570 mm
2	7	Tubo Estructural Cuadrado 1 1/4 pulg. x 2	370 mm
3	2	Tubo Estructural Cuadrado 1 1/4 pulg. x 2	430 mm
4	4	Tubo Estructural Cuadrado 1 1/4 pulg. x 2	970 mm
5	1	Tubo Estructural Cuadrado 1 1/4 pulg. x 2	180 mm
6	2	Tubo Estructural Cuadrado 1 1/4 pulg. x 2	50 mm
7	4	PLT 30 mm x 30 mm x 2mm	
8	2	Eje de Transmisión AISI 1018 (Ø=7/8 pulg.)	25 mm

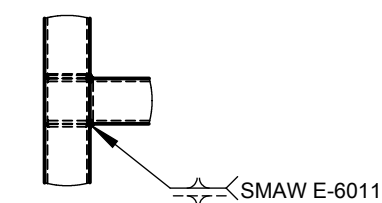
Todas las uniones se realizan con el proceso de soldadura SMAW con electrodo E-6011



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	615	740	Ø 5.11 ∇ 30
A2	15	740	Ø 5.11 ∇ 30
A3	15	180	Ø 5.11 ∇ 30
A4	615	180	Ø 5.11 ∇ 30
A5	465	355	Ø 5.11 ∇ 30
A6	465	75	Ø 5.11 ∇ 30
A7	320	15	Ø 5.11 ∇ 30
A8	160	15	Ø 5.11 ∇ 30



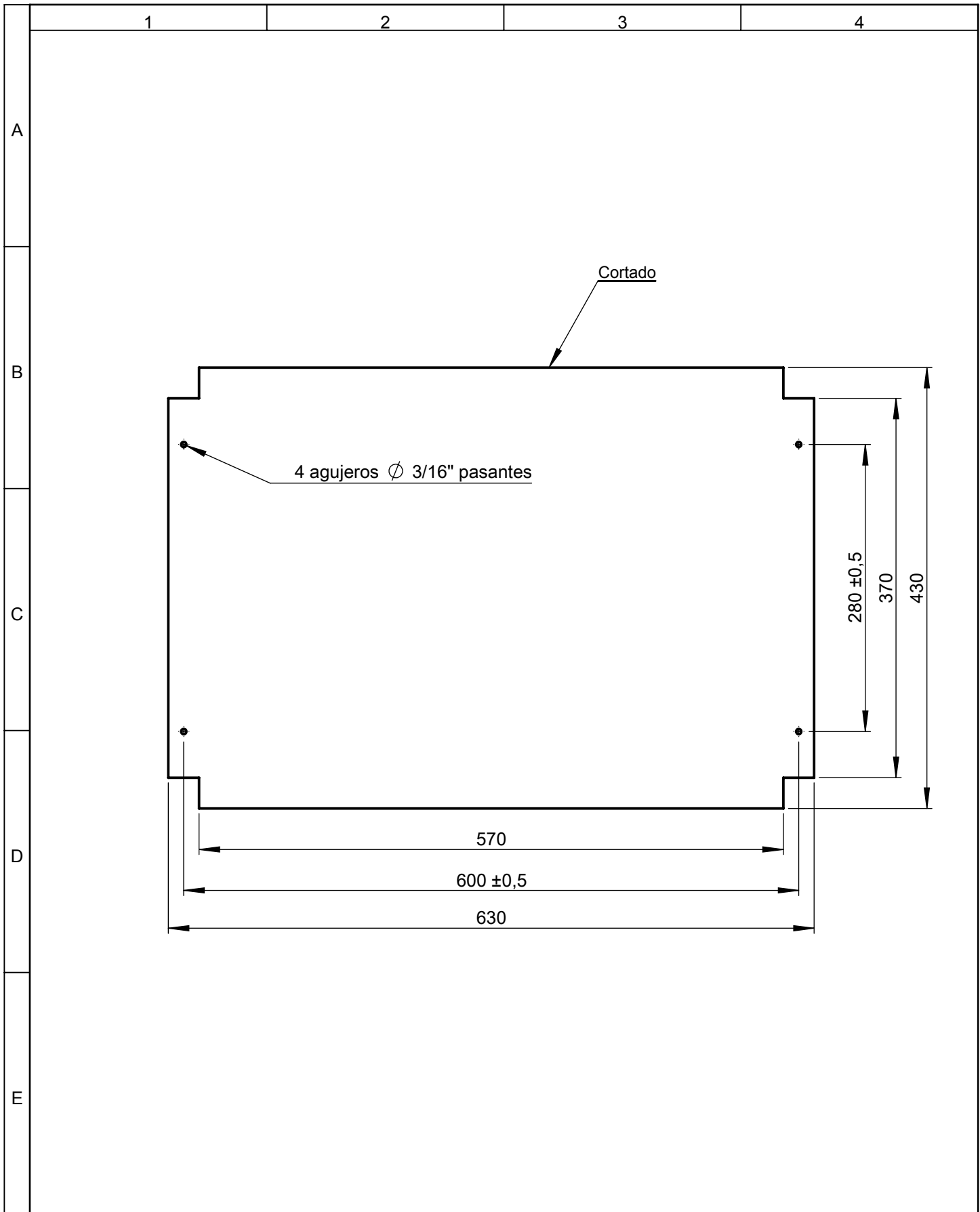
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	415	-770	Ø 5.11 ∇ 30
A2	15	-770	Ø 5.11 ∇ 30
A3	15	-518	Ø 5.11 ∇ 30
A4	415	-267	Ø 5.11 ∇ 30
A5	15	-267	Ø 5.11 ∇ 30
A6	215	-15	Ø 5.11 ∇ 30

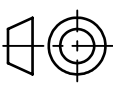


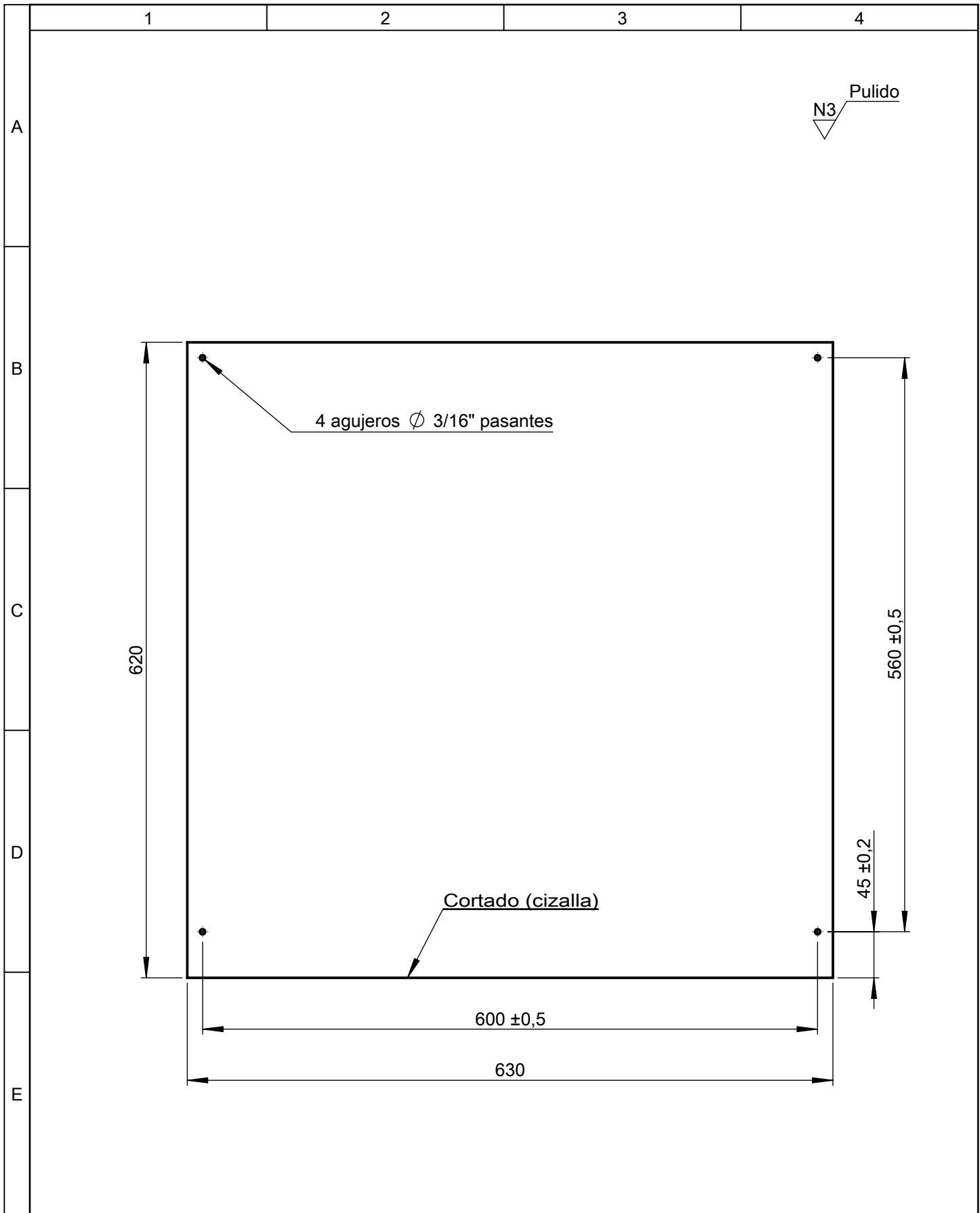
DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: TUBO ESTRUCTURAL ASTM A-36 (1 1/4 pulg. x 2)		
				±0,5	4.8 Kg			
				Fecha	Nombre	Denominación:		
				Dib. 20/05/13	Criollo F.	<b>MESA</b>		
				Rev. 20/05/13	Ing. Carrillo M.			Escala:
				Apro. 20/05/13	Ing. Carrillo M.			1:10
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 03		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		

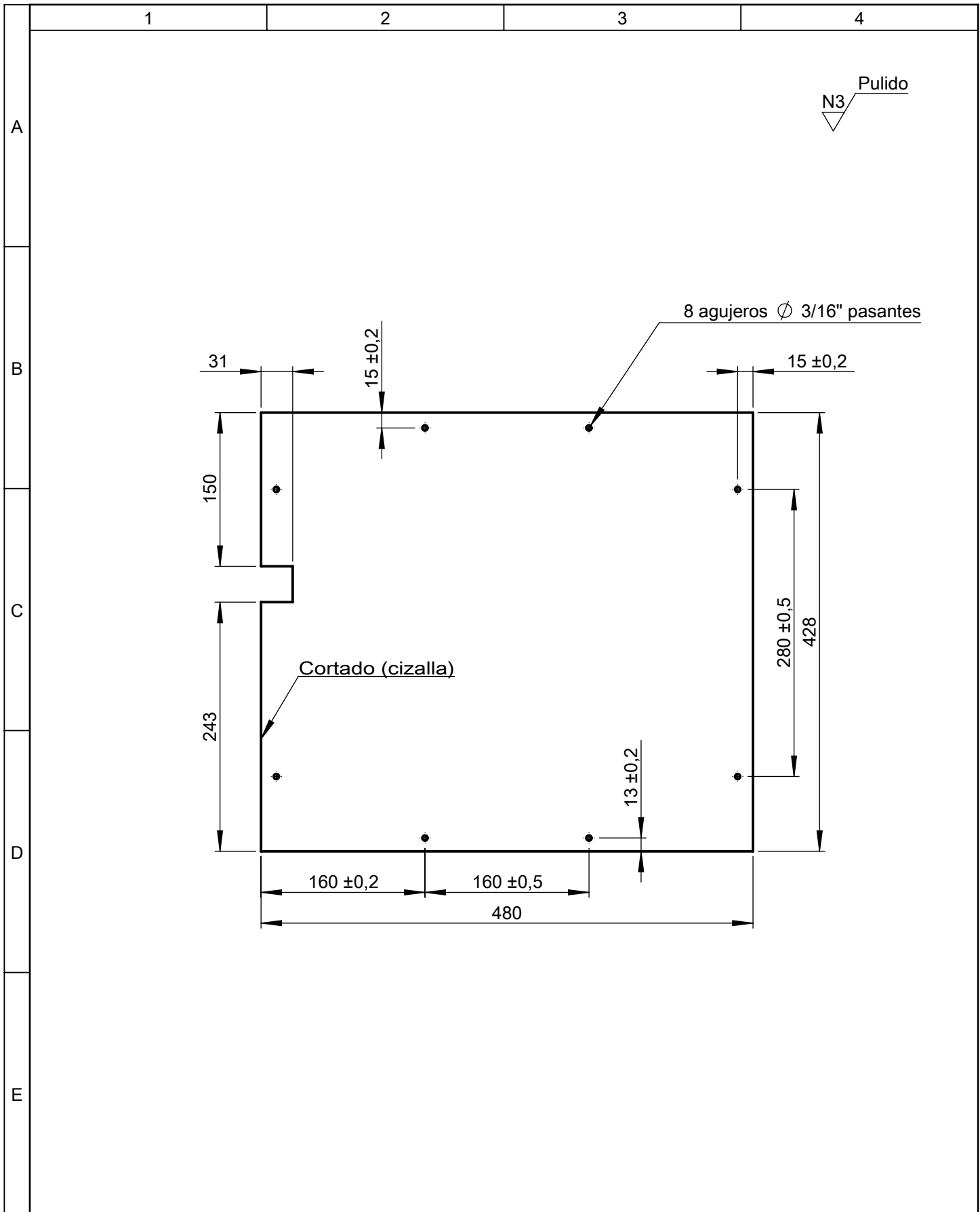




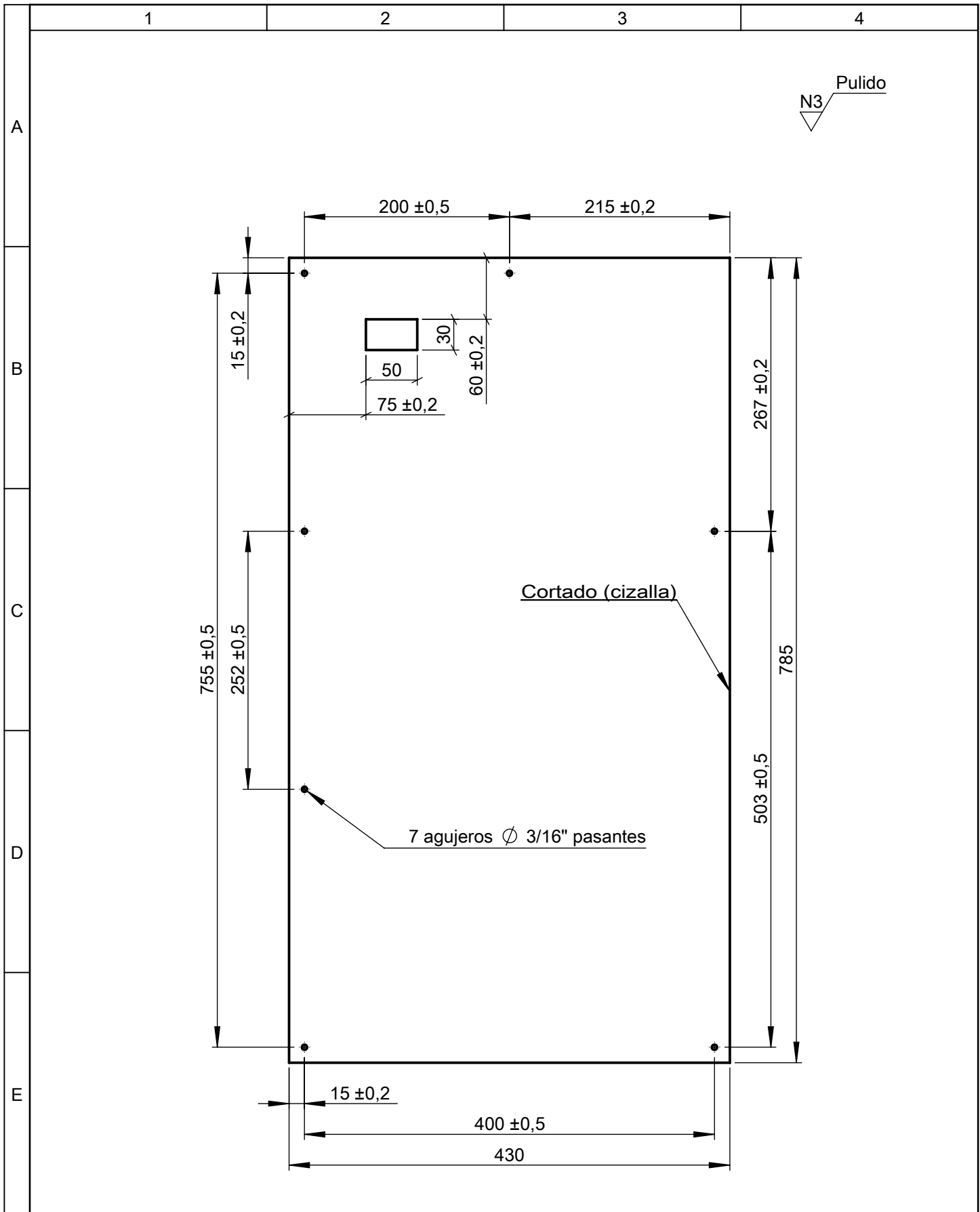
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: MADERA TRIPLEX (e = 4 mm.)	
				±0,5	0.17 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASE EQUIPOS ELECTRÓNICOS</b>	Escala: 1:5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 04	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 (Plancha e = 1.10 mm.)	
				±0,5	3.372 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>CUBIERTA FRONTAL</b>	Escala: 1:5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 05	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 (Plancha e = 1.10 mm.)	
				±0,5	1.763 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>CUBIERTA POSTERIOR</b>	Escala: 1:5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 06	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

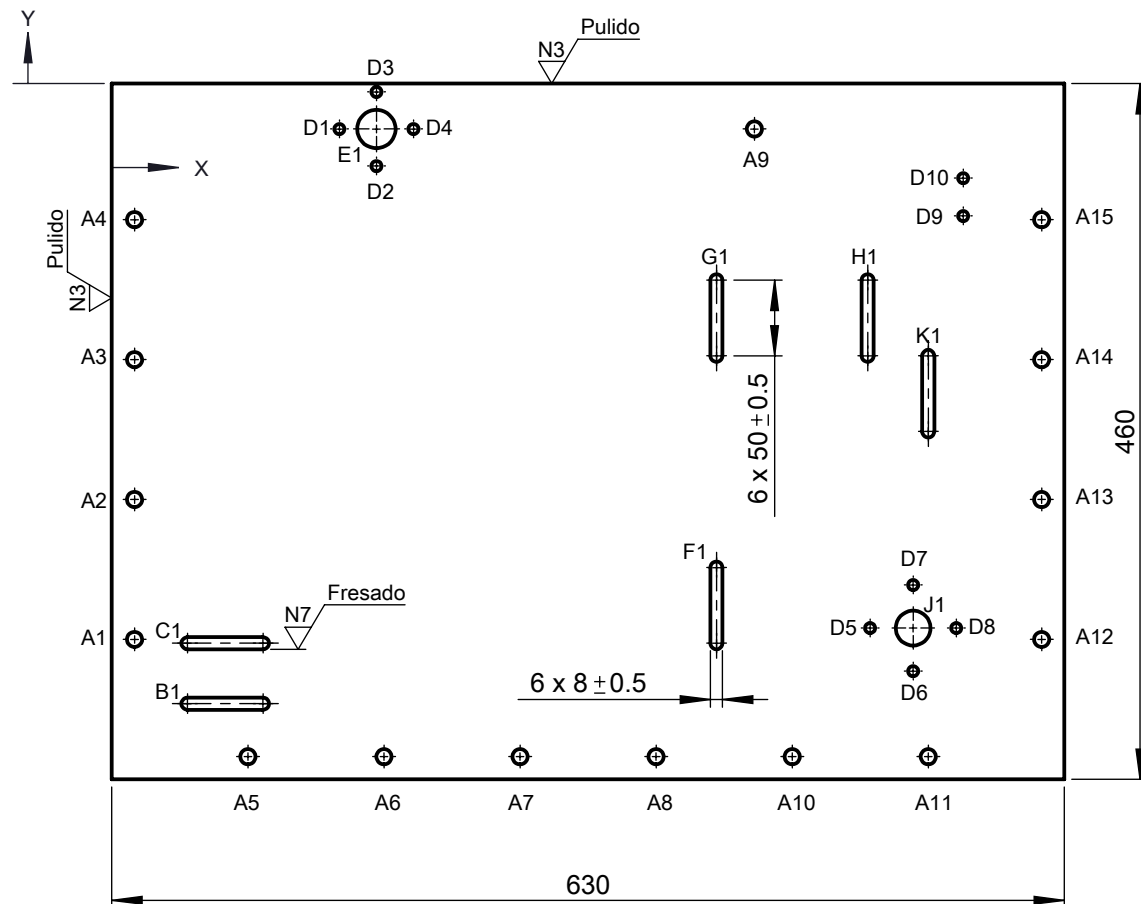


N3 Pulido

Cortado (cizalla)

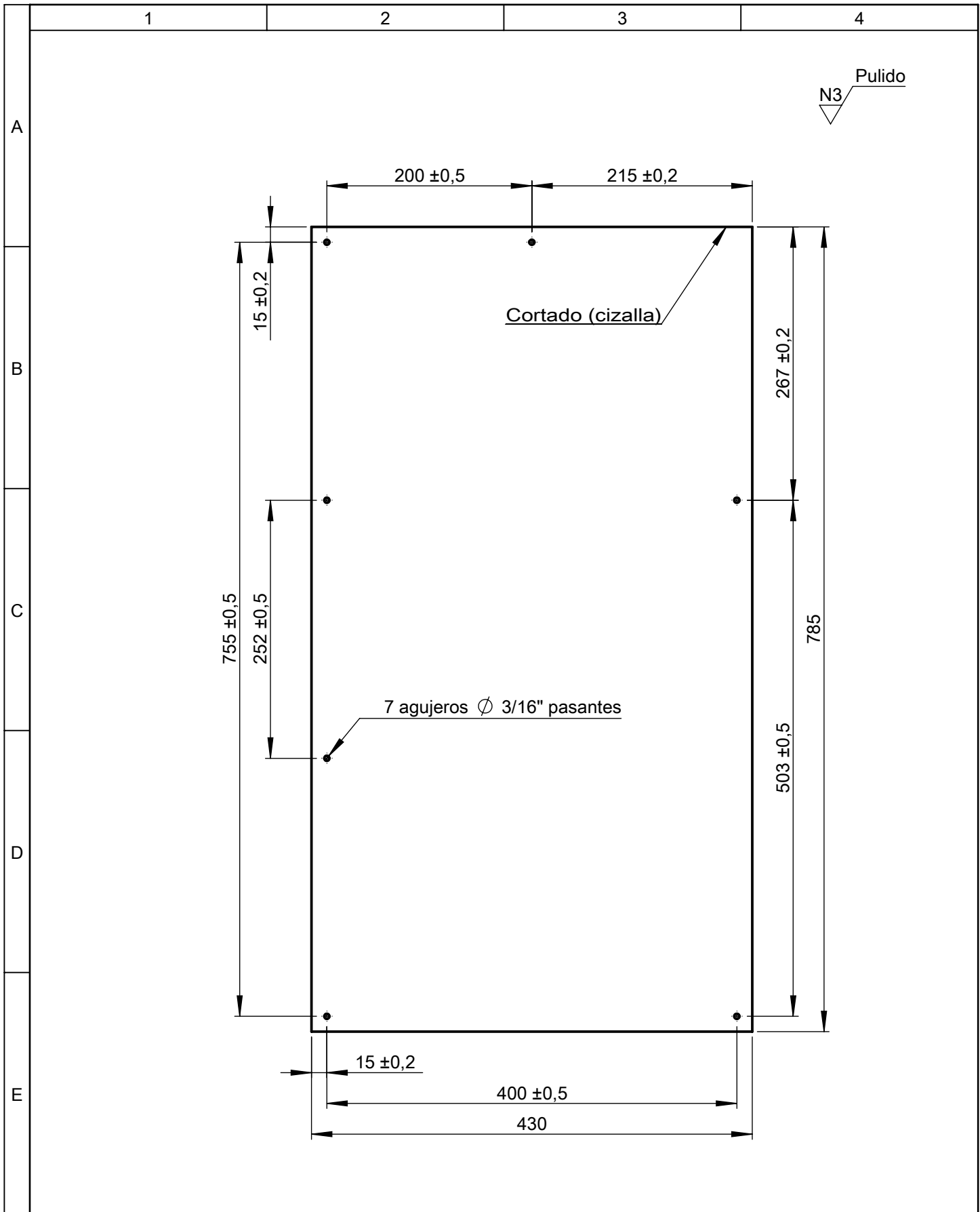
7 agujeros Ø 3/16" pasantes

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 (Plancha e = 1.10 mm.)	
				±0,5	2.9 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>CUBIERTA LATERAL IZQUIEDA</b>	Escala: 1:5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 07	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

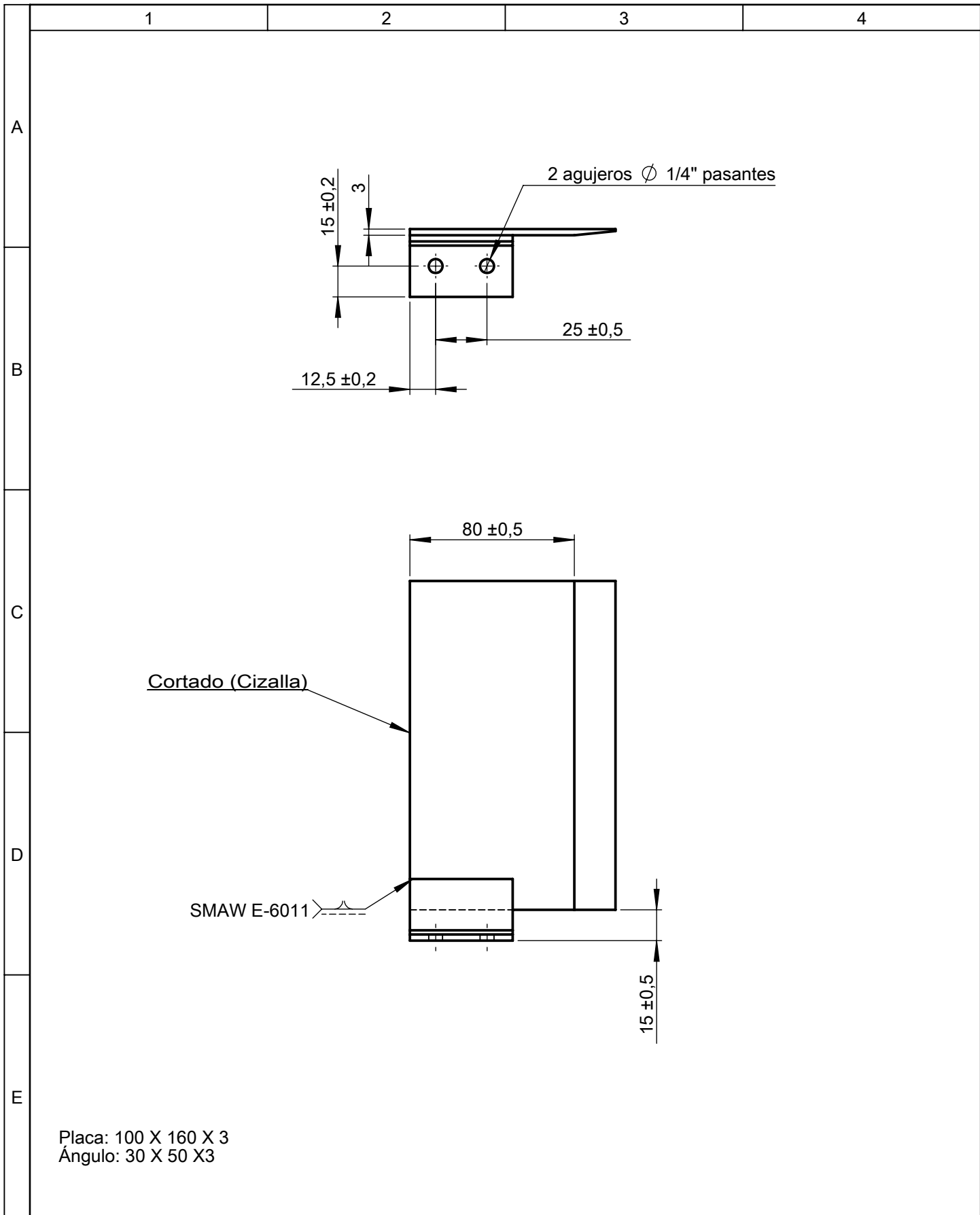


RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	15	-367	Ø 10.08 √ 6.35
A2	15	-275	Ø 10.08 √ 6.35
A3	15	-182	Ø 10.08 √ 6.35
A4	15	-90	Ø 10.08 √ 6.35
A5	90	-445	Ø 10.08 √ 6.35
A6	180	-445	Ø 10.08 √ 6.35
A7	270	-445	Ø 10.08 √ 6.35
A8	360	-445	Ø 10.08 √ 6.35
A9	425	-30	Ø 10.08 √ 6.35
A10	450	-445	Ø 10.08 √ 6.35
A11	540	-445	Ø 10.08 √ 6.35
A12	615	-367	Ø 10.08 √ 6.35
A13	615	-275	Ø 10.08 √ 6.35
A14	615	-182	Ø 10.08 √ 6.35
A15	615	-90	Ø 10.08 √ 6.35
B1	75	-410	Ø 8.44 √ 6.35
C1	75	-370	Ø 8.44 √ 6.35
D1	151	-30	Ø 6.76 √ 6.35
D2	175	-54	Ø 6.76 √ 6.35
D3	175	-5	Ø 6.76 √ 6.35
D4	200	-30	Ø 6.76 √ 6.35
D5	502	-360	Ø 6.76 √ 6.35
D6	530	-388	Ø 6.76 √ 6.35
D7	530	-331	Ø 6.76 √ 6.35
D8	559	-360	Ø 6.76 √ 6.35
E1	175	-30	Ø 25.40 √ 6.35
F1	400	-345	Ø 8.44 √ 6.35
G1	400	-155	Ø 8.44 √ 6.35
H1	500	-155	Ø 8.44 √ 6.35
J1	530	-360	Ø 23.02 √ 6.35
K1	540	-205	Ø 8.44 √ 6.35
D9	563	-87	Ø 6.76 √ 6.35
D10	563	-62	Ø 6.76 √ 6.35

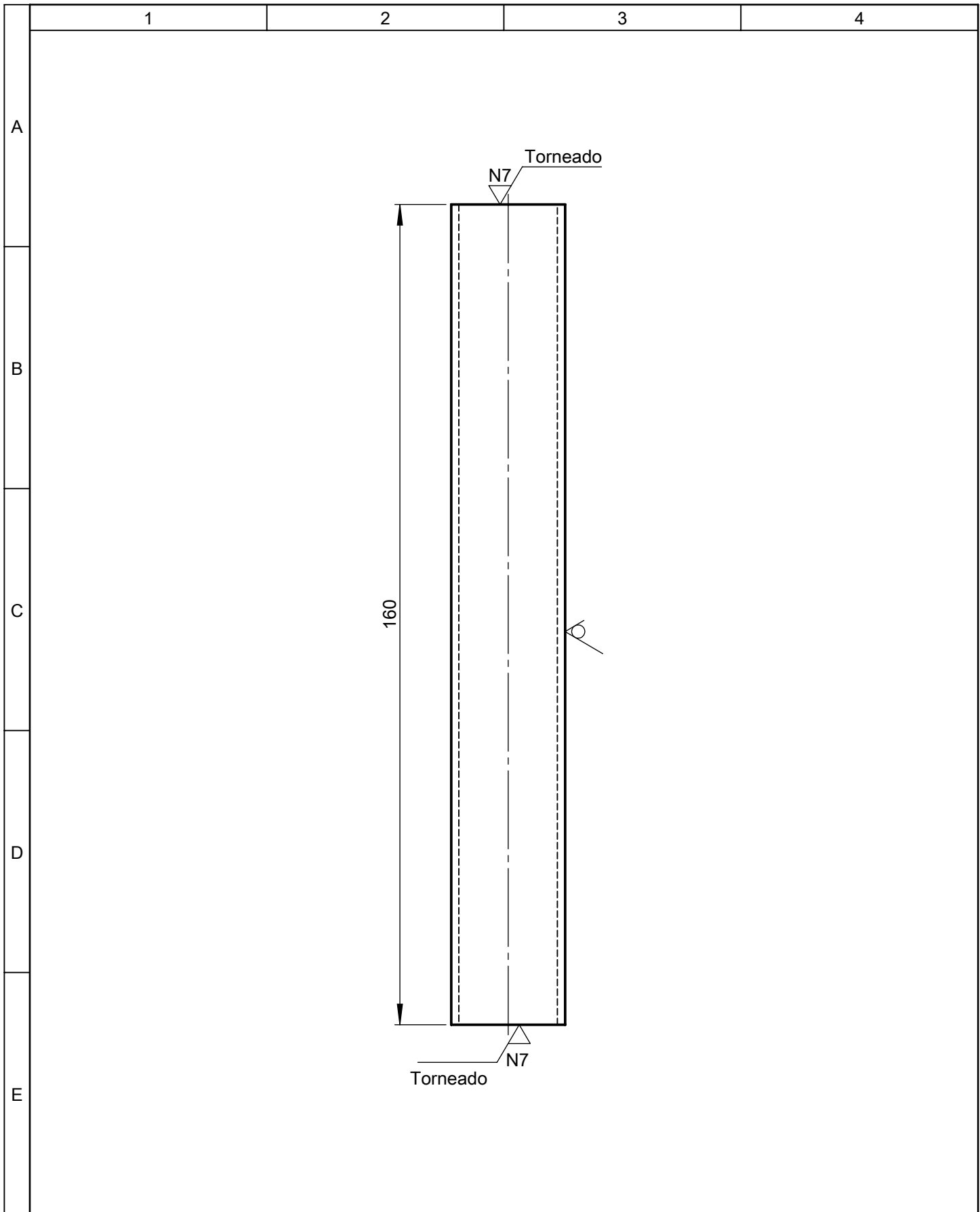
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-570 (Plancha de 1/4 pulg. de espesor)	
				±0.5	14.175 Kg		
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dib.	20/05/13	Criollo F.	<b>PLACA BASE</b>
				Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA		Número del dibujo: 08	Escala: 1:5
				Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTMA A-36 (Plancha e = 1.10 mm.)	
				±0,5	2.913 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>CUBIERTA LATERAL DERECHA</b>	Escala: 1:5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36	
				±0,5	0.418 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PLACA SEPARADORA</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 10	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: TUBO ESTRUCTURAL REDONDO ASTM A-36 ( $\phi=7/8$ pulg.; e=1.5)	
				$\pm 0,5$	0.123 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODILLOS GUÍAS</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 11	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



1

2

3

4

N7 Torneado

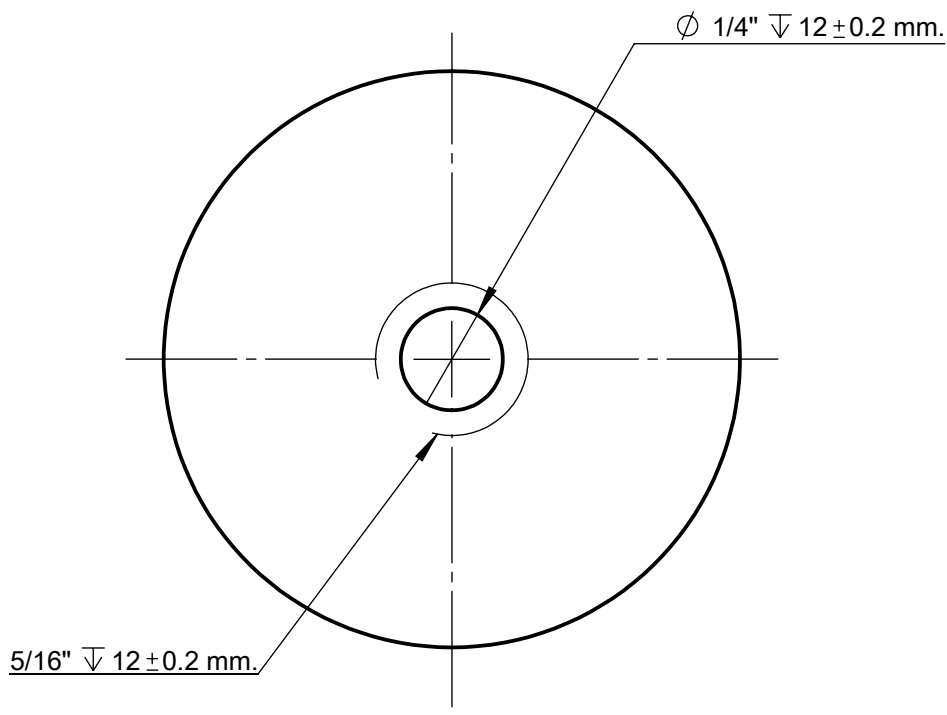
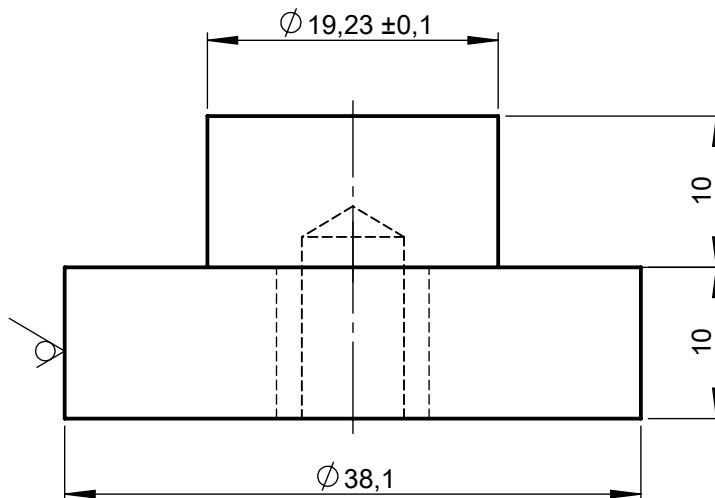
A

B

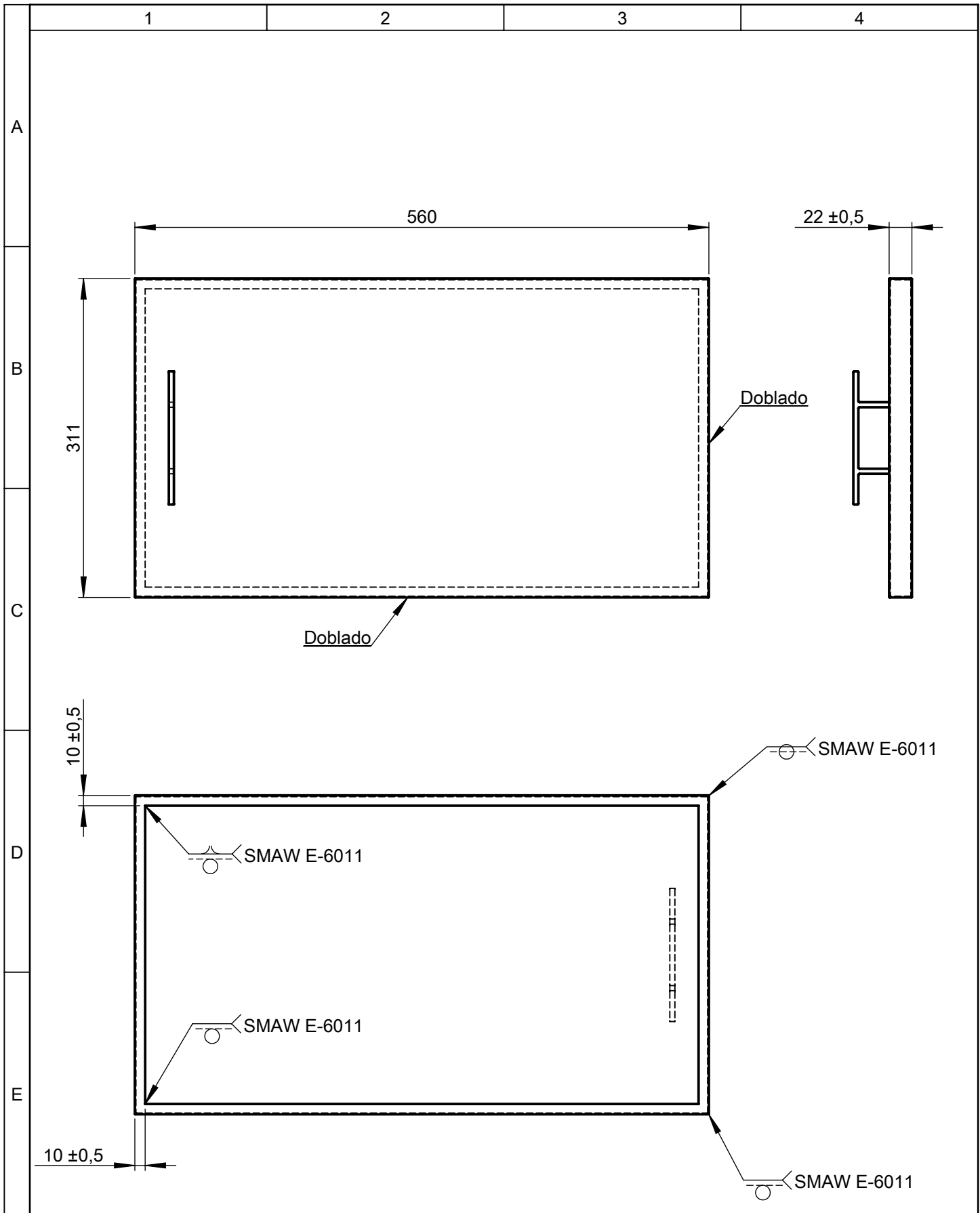
C

D

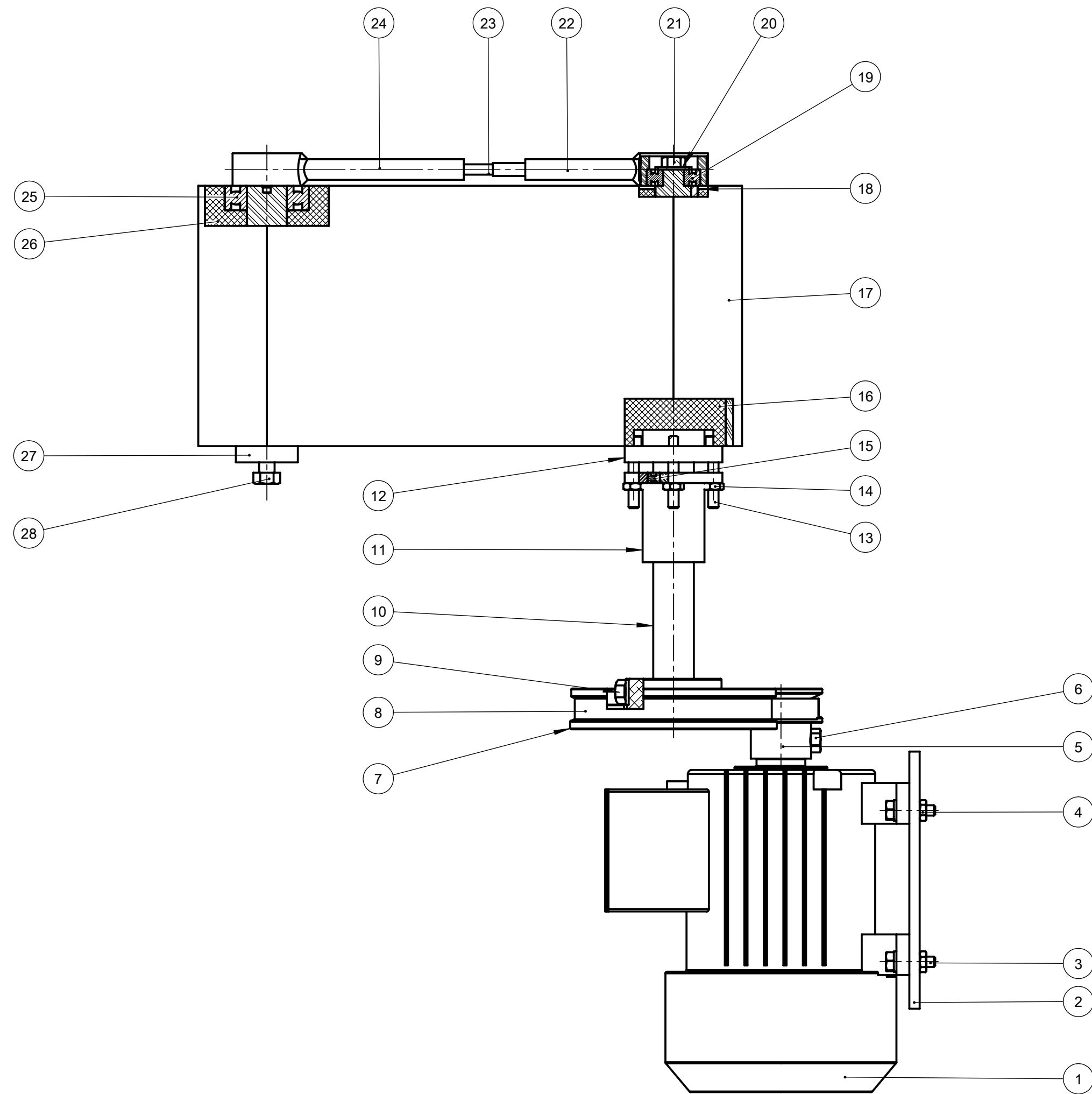
E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 1 \frac{1}{2}$ pulg.)	
				±0,5	0.109 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASE RODILLOS GUÍA</b>	Escala: 2:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

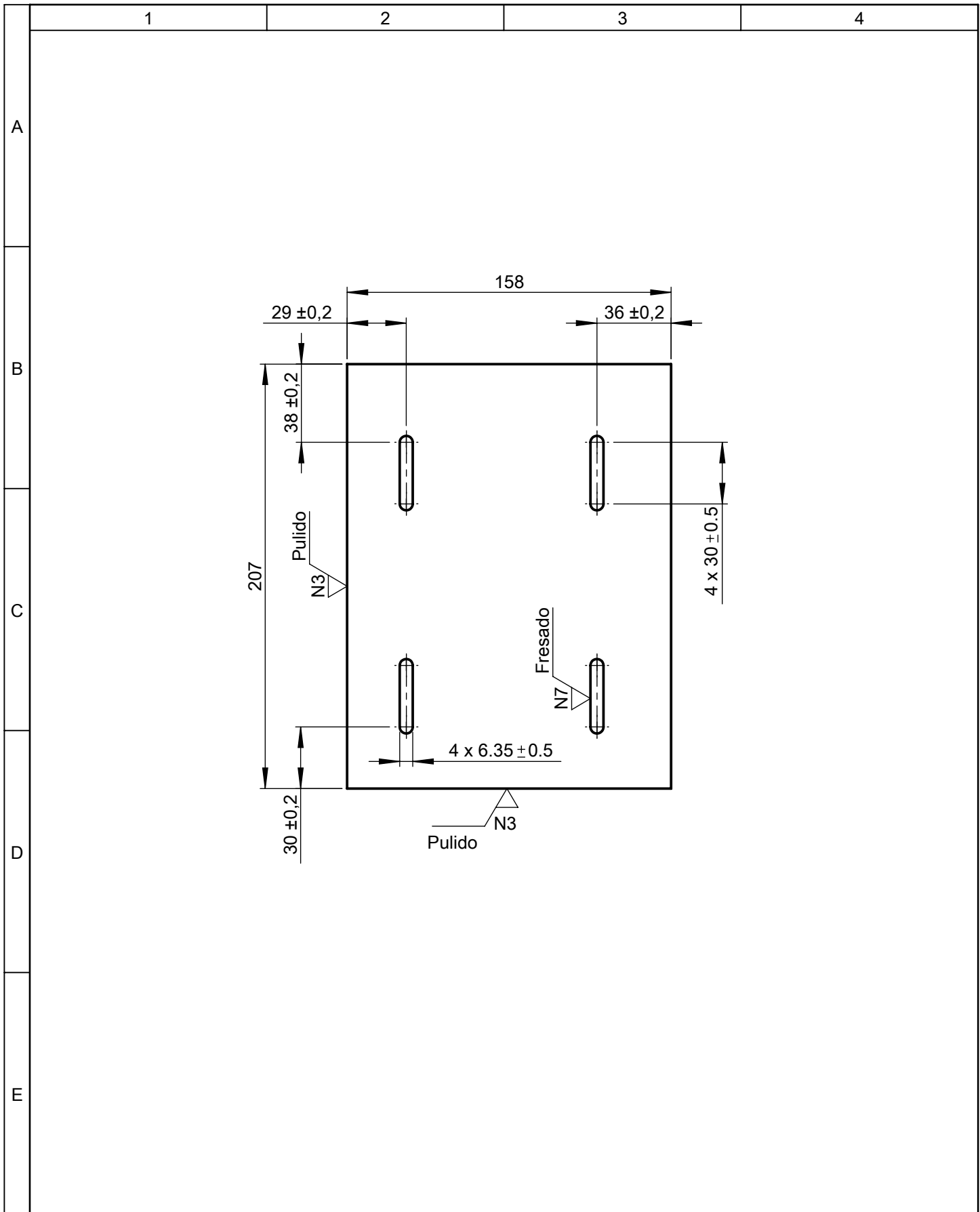


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 (Plancha e = 1.10 mm.)	
				$\pm 0,5$	1.986 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PUERTA</b>	Escala: 1:5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 13	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



1	Perno 3/8 pulg. x 3/4 pulg.		Acero G8 SAE	28		Comprado
1	Eje Fijo	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\phi=1\ 1/4$ pulg.)	27	0.726	Torneado/Taladrado/Roscado
1	Rodillo Impulsado		Eje de Nylon ( $\phi=3$ pulg.)	26	0.820	Torneado
2	Rodamiento de Bolas 6205			25	0.13	Comprado
1	Tensor Fijo	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\phi=1/2$ pulg.)	24	0.143	Torneado/Soldado
1	Tornillo de Regulación		Tornillo de Acero Inoxidable de 5/16 pulg.	23		Comprado
1	Tensor Motriz	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\phi=1/2$ pulg.)	22	0.175	Torneado/Soldado
2	Perno 5/16 pulg. x 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	21		Comprado
2	Arandela plana de 5/16		Acero	20		Comprado
2	Rodamiento de Bolas 6603			19	0.039	Comprado
1	Platillo de Sujeción	ASTM A-36	Tol (PL de 2 mm. de espesor)	18	0.042	Torneado/Taladrado
1	Banda Plana		Poliuretano de 3 mm. de espesor	17	0.589	Comprado
1	Rodillo Motriz		Eje de Nylon ( $\phi=3$ pulg.)	16	0.805	Torneado
2	Rodamiento de Bolas 61805			15	0.022	Comprado
4	Tuerca 1/4 pulg.		Acero Inoxidable SAE	14		Comprado
4	Perno Allen 1/4 pulg. x 1 1/2 pulg.		Acero Inoxidable SAE	13		Comprado
1	Brida Superior	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\phi=2\ 1/2$ pulg.)	12	0.175	Torneado/Taladrado
1	Brida Inferior	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\phi=2\ 1/2$ pulg.)	11	0.205	Torneado/Taladrado
1	Eje Motriz	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\phi=1$ pulg.)	10	1.31	Torneado/Fresado/Roscado
1	Perno 5/16 pulg. x 3/4 pulg.		Acero G8 SAE	09		Comprado
1	Banda Tipo A33		Caucho	08		Comprado
1	Polea Motriz ( $\phi=5$ pulg.)		Aluminio	07	0.409	Comprado
1	Perno 5/16 pulg. x 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	06		Comprado
1	Polea Motor ( $\phi=2$ pulg.)		Aluminio	05	0.119	Comprado
4	Tuerca 1/4 pulg.		Acero G8 SAE	04		Comprado
4	Perno 1/4 pulg. x 1 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	03		Comprado
1	Placa Base Motor	ASTM A-570	Tol (PL de 1/4 pulg. de espesor)	02	1.59	Cortado/Fresado
1	Motor Trifásico 0.5 HP 1800 rpm			01	3.7	Comprado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones

Tolerancia		(Peso)		Materiales: ACERO AISI 1018 - NYLON - ALUMINIO		
±0,5		9.37 Kg				
Fecha		Nombre		Denominación: <b>SISTEMA GIRO DE ENVASES</b>		
Dib. 20/05/13		Criollo F.				
Rev. 20/05/13		Ing. Carrillo M.				
Apro. 20/05/13		Ing. Carrillo M.				
UTA Ing. Mecánica				Número del dibujo: 14		Escala: 1:2.5
Edición				(Sustitución)		



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-570 (Plancha e = 1/4 pulg.)	
				±0,5	1.59 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PLACA BASE MOTORES</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 15	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

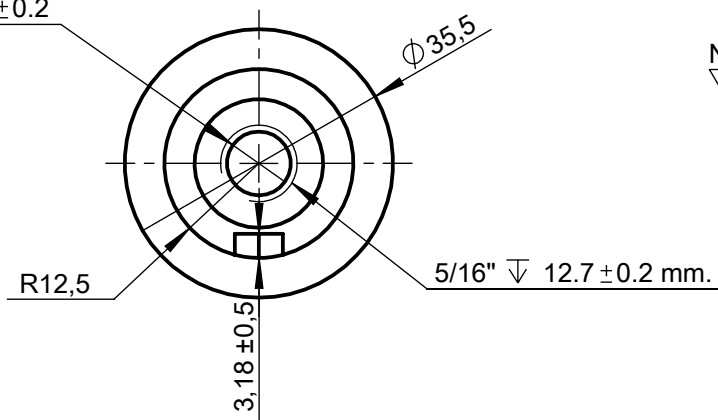
3

4

 $\phi 1/4" \downarrow 14 \pm 0.2$ 

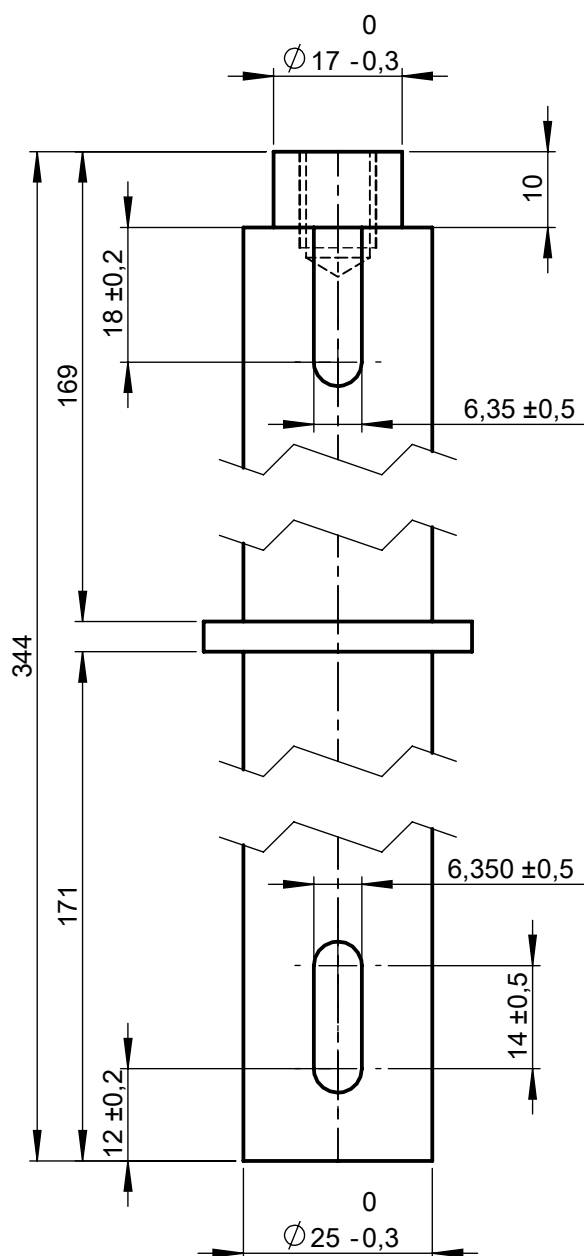
N7 Torneado

A



B

C



D

E

Tolerancia	(Peso)
$\pm 0,5$	1.31 Kg

Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE  $\phi = 1$  pulg.)

Fecha	Nombre
Dib. 20/05/13	Criollo F.
Rev. 20/05/13	Ing. Carrillo M.
Apro. 20/05/13	Ing. Carrillo M.

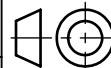
Denominación:  
**EJE MOTRIZ**  
**(Sistema Giro de Envases)**

Escala:  
 1:1

UTA  
 Ing. Mecánica

Número del dibujo: 16

(Sustitución)



Edición	Modificación	Fecha	Nombre

1

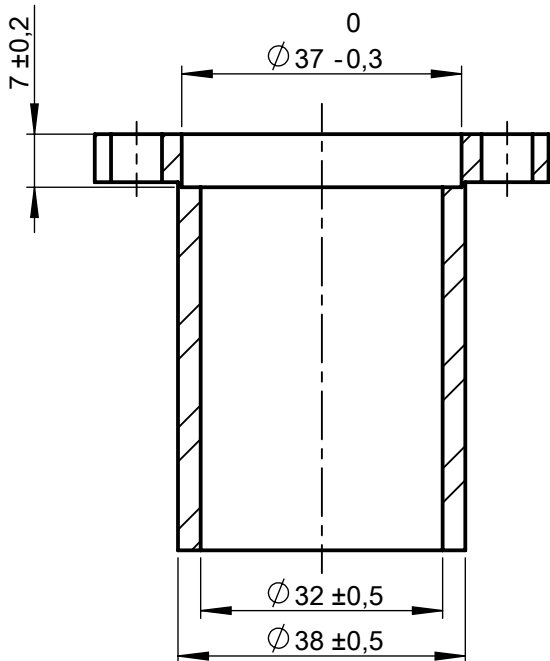
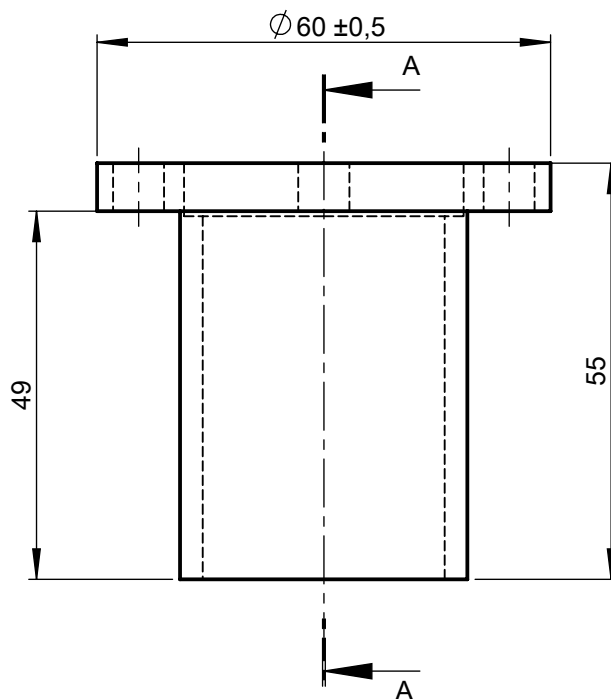
2

3

4

N7 Torneado

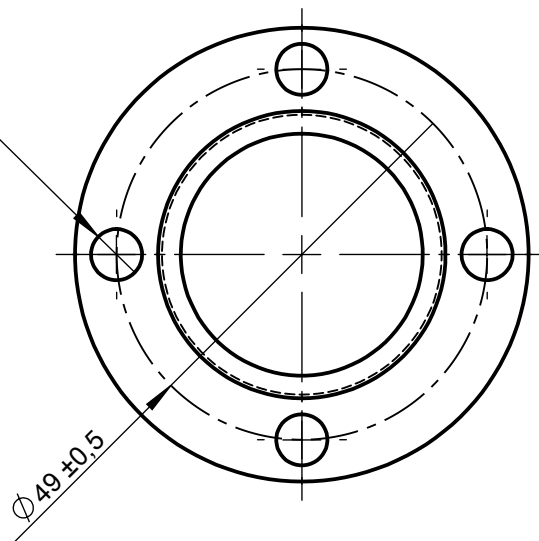
A

CORTE A-A  
ESCALA 1 : 1

C

D

E

4 x  $\phi$  1/4"  $\nabla$  6.35 mm.Tolerancia  
 $\pm 0,5$ (Peso)  
0.205 KgMateriales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE  $\phi$  = 2 1/2 pulg.)

	Fecha	Nombre
Dib.	20/05/13	Criollo F.
Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.
Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.

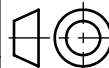
Denominación:  
**BRIDA INFERIOR**  
**(Sistema Giro de Envase)**

Escala:  
1:1

UTA  
Ing. Mecánica

Número del dibujo: 17

(Sustitución)



Edición	Modificación	Fecha	Nombre

1

2

3

4

N7 Torneado

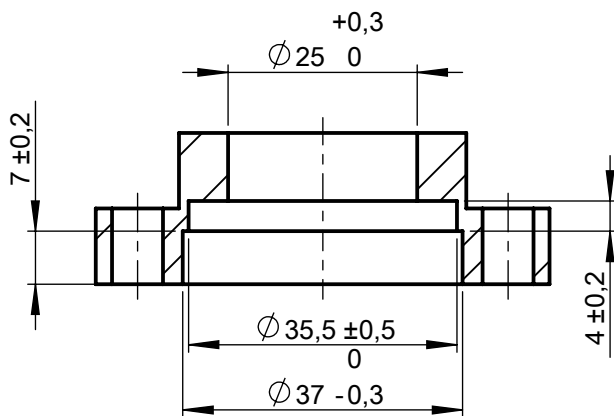
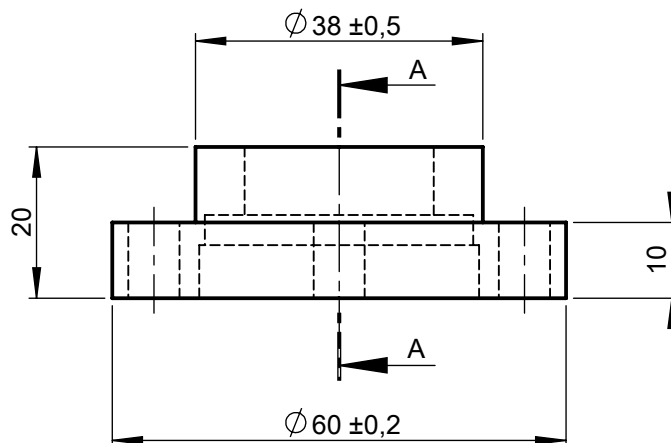
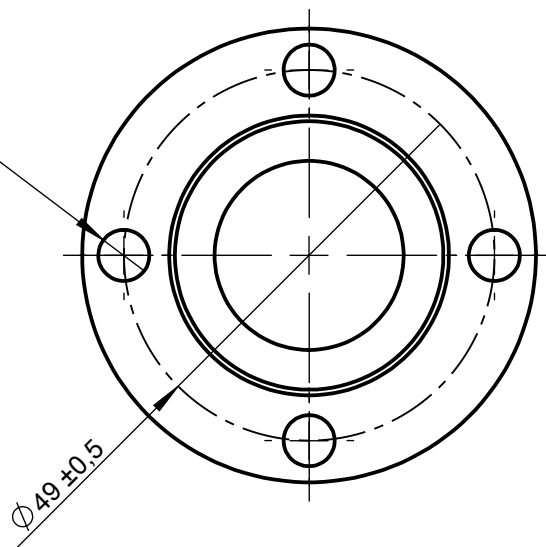
A

B

C

D

E

CORTE A-A  
ESCALA 1 : 14 x  $\phi 1/4'' \nabla 10$  mm.

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 2 \frac{1}{2}$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.175 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BRIDA SUPERIOR</b> (Sistema Giro de Envases)	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 18	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

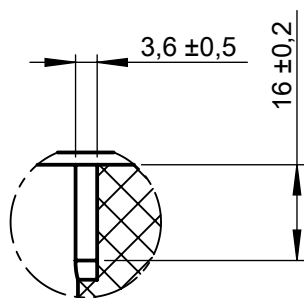
2

3

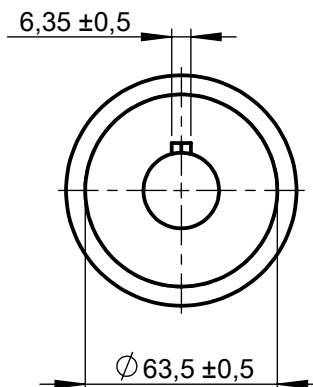
4

N7 Torneado

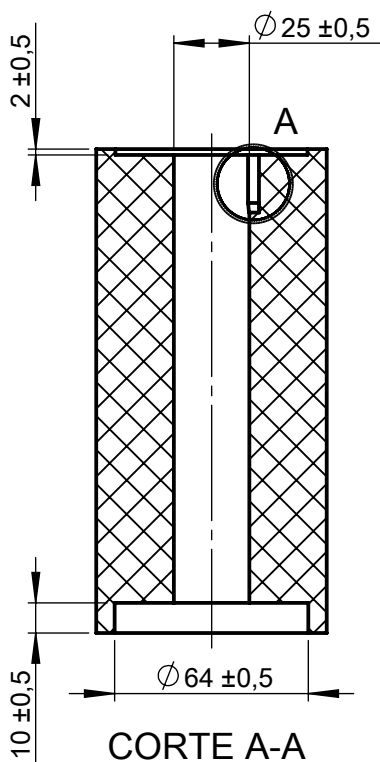
A



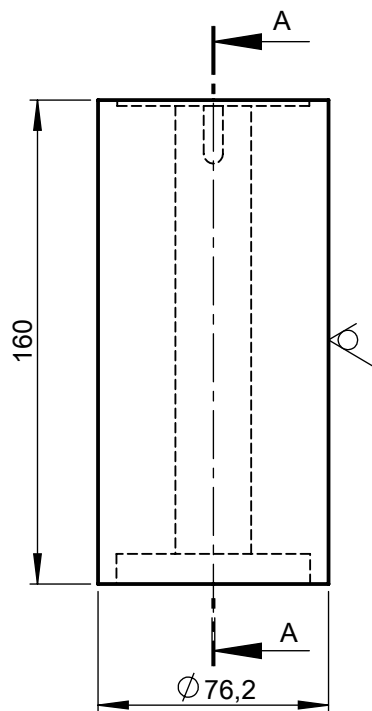
B

DETALLE A  
ESCALA 2 : 2.5

C

CORTE A-A  
ESCALA 1 : 2.5

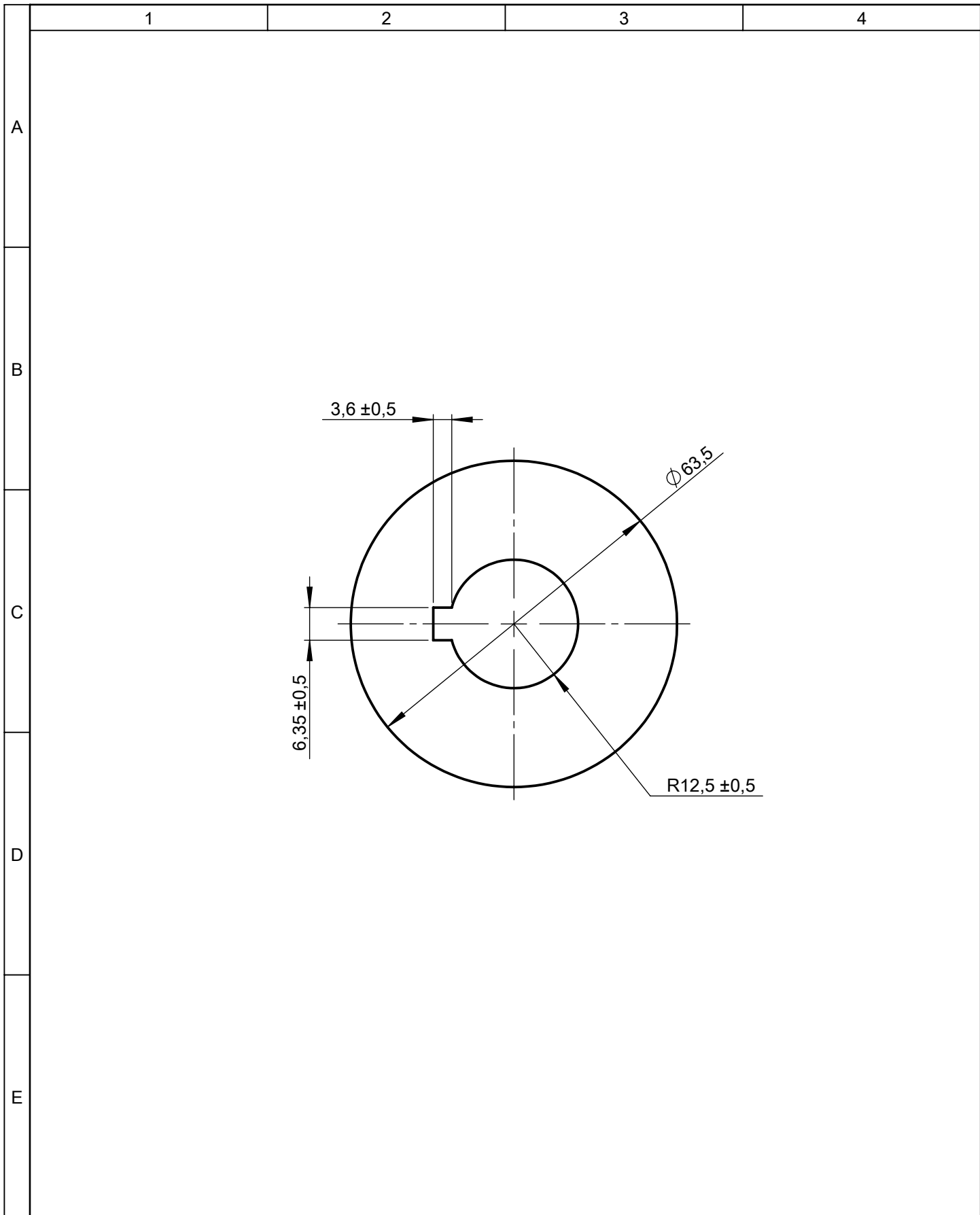
D



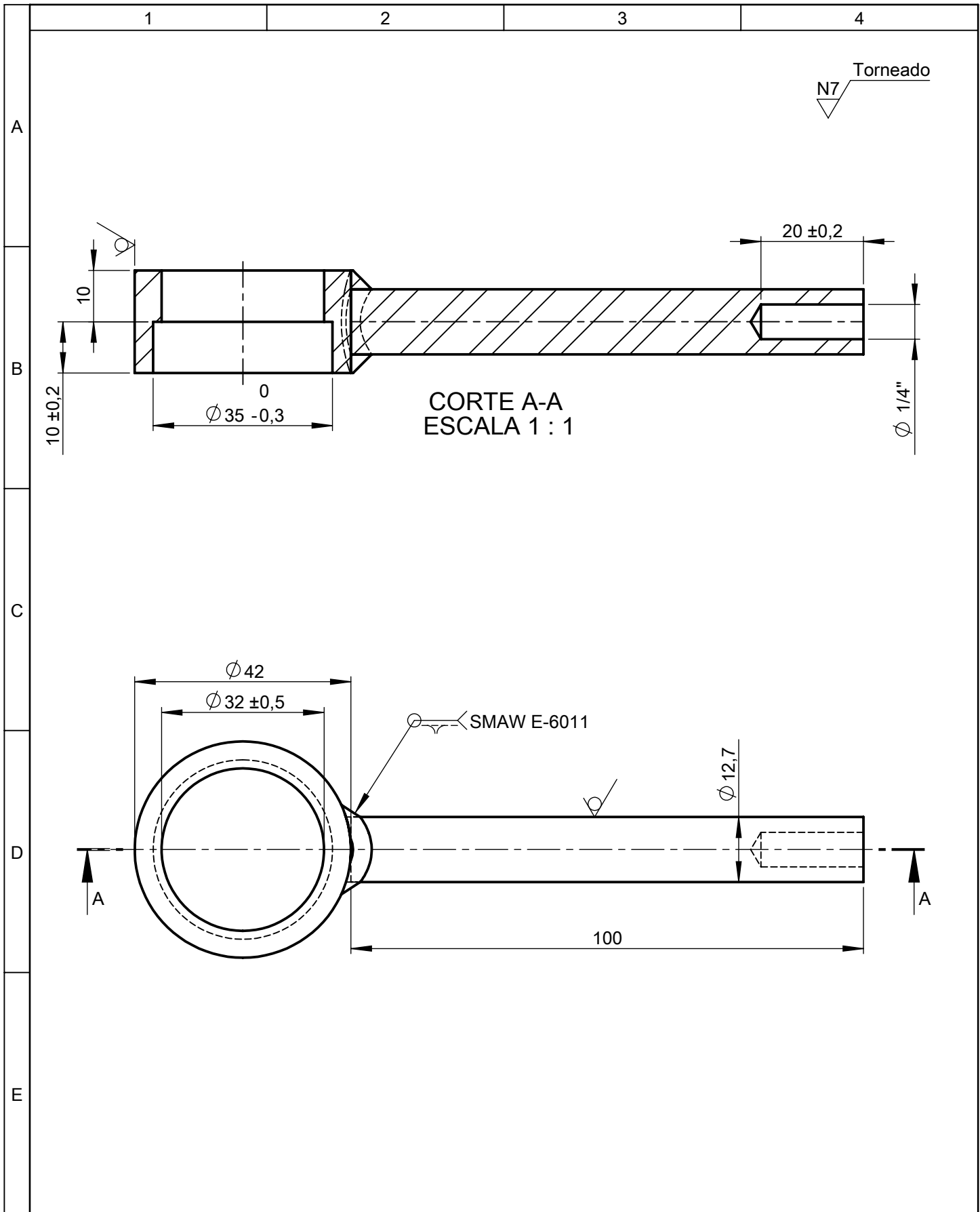
E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: NYLON (EJE $\phi=3$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.805 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODILLO MOTRIZ</b> <b>(Sistema Giro de Envase)</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

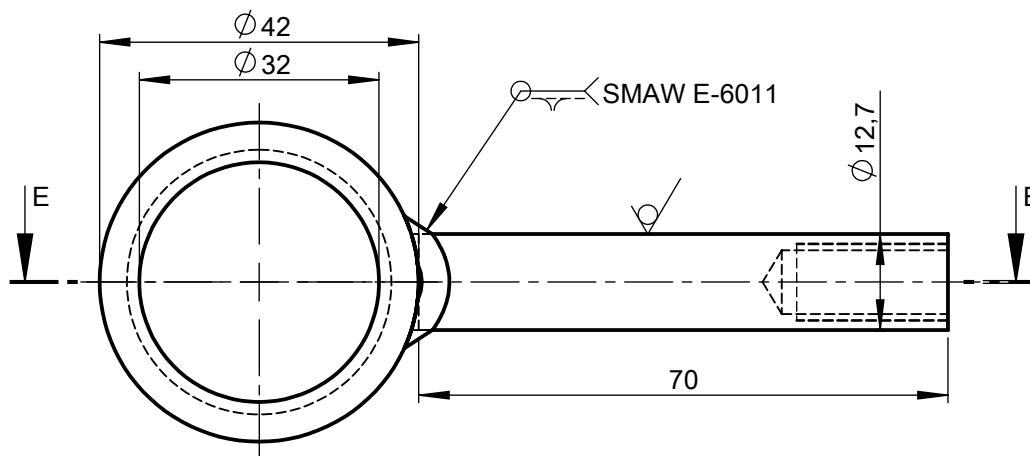
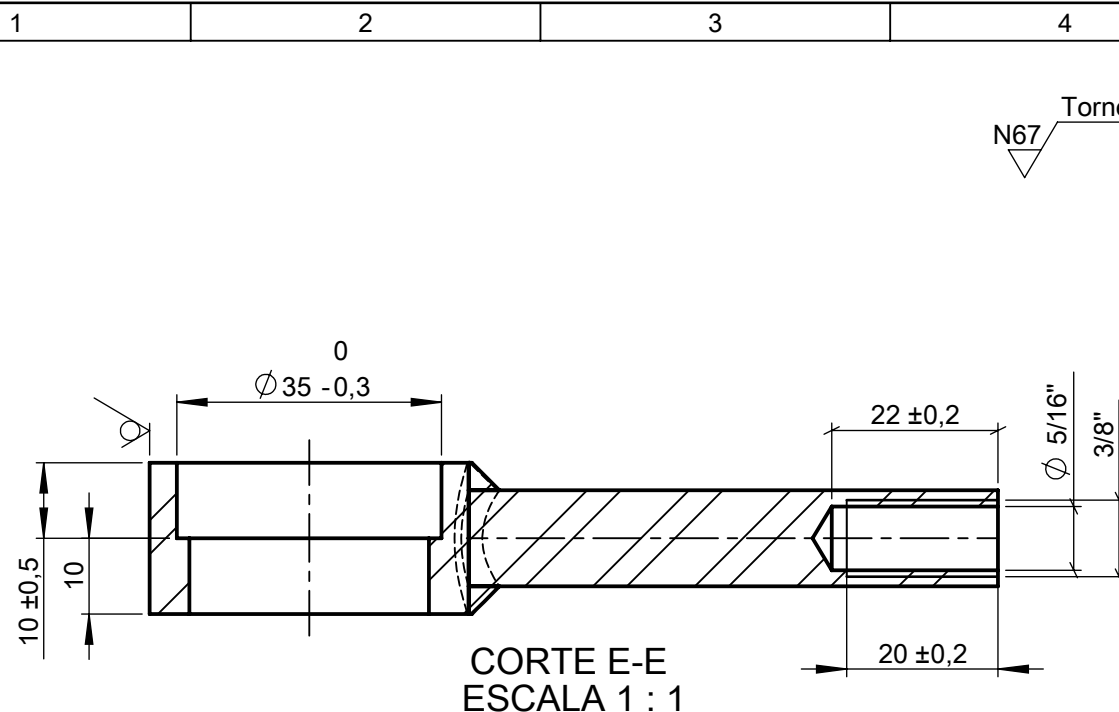




				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 (Placa e = 2 mm)		
				±0,5	0.0416 Kg			
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PLATILLO DE SUJECIÓN</b>		
				Dib.	20/05/13 Criollo F.			Escala:
				Rev.	20/05/13 Ing. Carrillo M.			1:1
				Apro.	20/05/13 Ing. Carrillo M.	Número del dibujo:    20 (Sustitución)		
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica				



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 1/2$ pulg.)	
				±0,5	0.175 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TENSOR MOTRIZ</b> <b>(Sistema Giro de Envases)</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 21	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 1/2$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.143 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TENSOR FIJO</b> <b>(Sistema Giro de Envases)</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 22	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

A

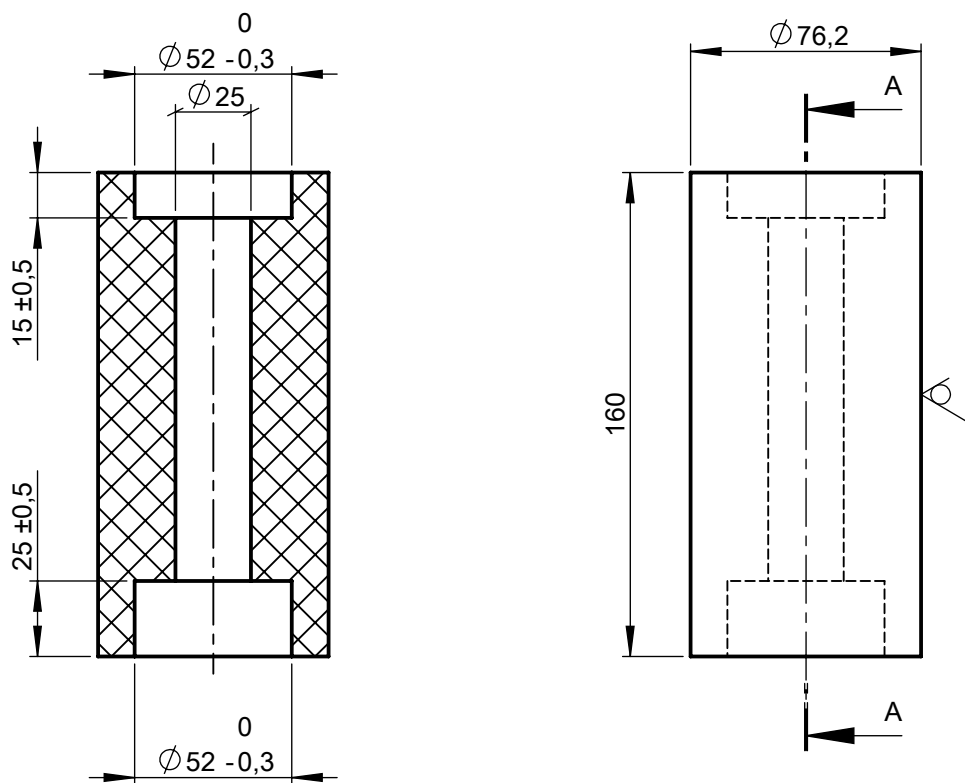
N7 Torneado

B

C

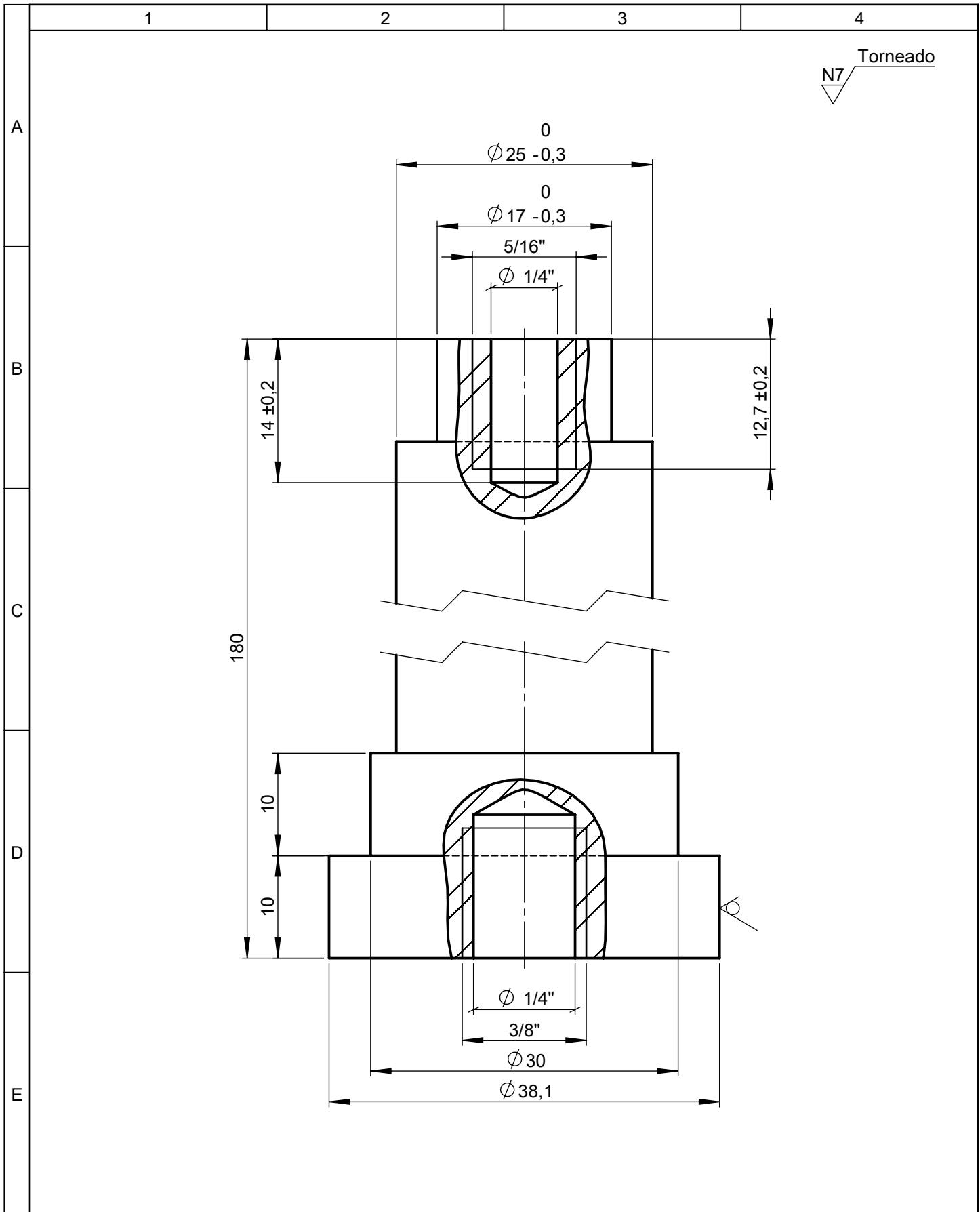
D

E

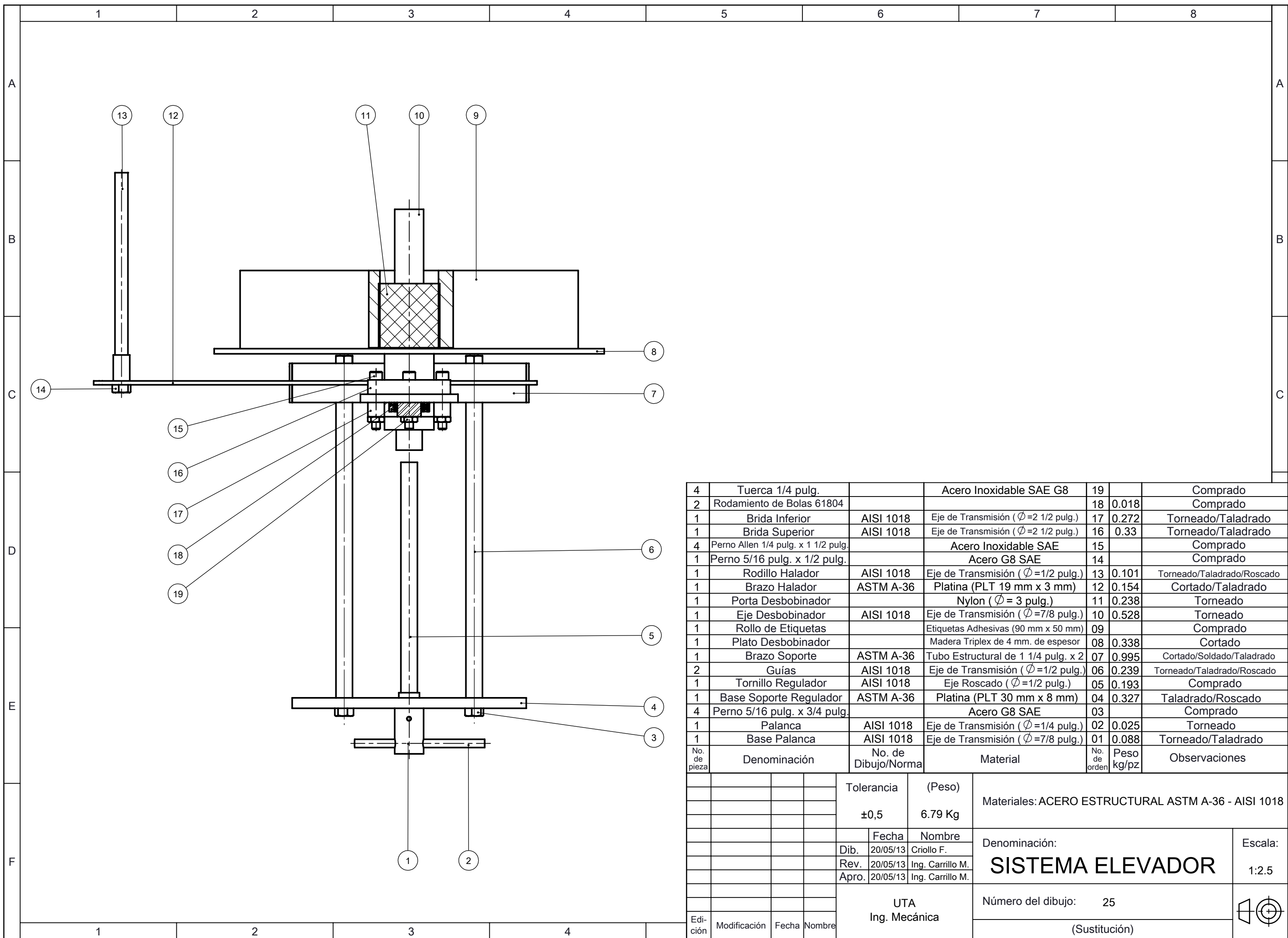


CORTE A-A  
ESCALA 1 : 2.5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: NYLON (EJE $\phi=3$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.820 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODILLO IMPULSADO</b> <b>(Sistema Giro de Envases)</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 1 \frac{1}{2}$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.726 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>EJE FIJO (Sistem Giro de Envases)</b>	Escala: 2:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 24	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



4	Tuerca 1/4 pulg.		Acero Inoxidable SAE G8	19		Comprado
2	Rodamiento de Bolas 61804			18	0.018	Comprado
1	Brida Inferior	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=2\ 1/2$ pulg.)	17	0.272	Torneado/Taladrado
1	Brida Superior	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=2\ 1/2$ pulg.)	16	0.33	Torneado/Taladrado
4	Perno Allen 1/4 pulg. x 1 1/2 pulg.		Acero Inoxidable SAE	15		Comprado
1	Perno 5/16 pulg. x 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	14		Comprado
1	Rodillo Halador	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=1/2$ pulg.)	13	0.101	Torneado/Taladrado/Roscado
1	Brazo Halador	ASTM A-36	Platina (PLT 19 mm x 3 mm)	12	0.154	Cortado/Taladrado
1	Porta Desbobinador		Nylon ( $\varnothing=3$ pulg.)	11	0.238	Torneado
1	Eje Desbobinador	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=7/8$ pulg.)	10	0.528	Torneado
1	Rollo de Etiquetas		Etiquetas Adhesivas (90 mm x 50 mm)	09		Comprado
1	Plato Desbobinador		Madera Triplex de 4 mm. de espesor	08	0.338	Cortado
1	Brazo Soporte	ASTM A-36	Tubo Estructural de 1 1/4 pulg. x 2	07	0.995	Cortado/Soldado/Taladrado
2	Guías	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=1/2$ pulg.)	06	0.239	Torneado/Taladrado/Roscado
1	Tornillo Regulador	AISI 1018	Eje Roscado ( $\varnothing=1/2$ pulg.)	05	0.193	Comprado
1	Base Soporte Regulador	ASTM A-36	Platina (PLT 30 mm x 8 mm)	04	0.327	Taladrado/Roscado
4	Perno 5/16 pulg. x 3/4 pulg.		Acero G8 SAE	03		Comprado
1	Palanca	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=1/4$ pulg.)	02	0.025	Torneado
1	Base Palanca	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=7/8$ pulg.)	01	0.088	Torneado/Taladrado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones
			Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36 - AISI 1018	
			$\pm 0,5$	6.79 Kg		
			Fecha	Nombre	Denominación:	
			Dib. 20/05/13	Criollo F.	SISTEMA ELEVADOR	
			Rev. 20/05/13	Ing. Carrillo M.	Escala:	
			Apro. 20/05/13	Ing. Carrillo M.	1:2.5	
			UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre		(Sustitución)	

1

2

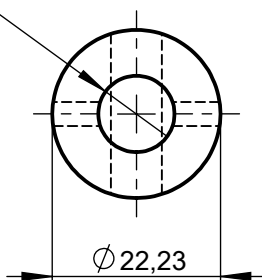
3

4

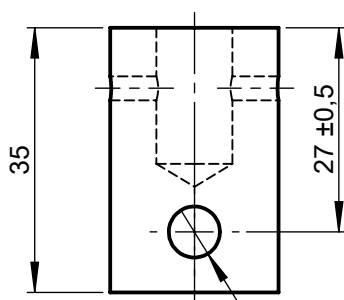
A

N7 Torneado

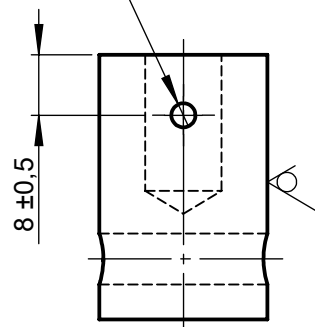
B

 $\varnothing 3/8" \nabla 18 \text{ mm.}$ 

C

 $\varnothing 3/16" \nabla 22.23 \text{ mm.}$ 

D



E

 $\varnothing 1/4" \nabla 22.23 \text{ mm.}$ 

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\varnothing = 7/8$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.088 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASE PALANCA</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 26	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

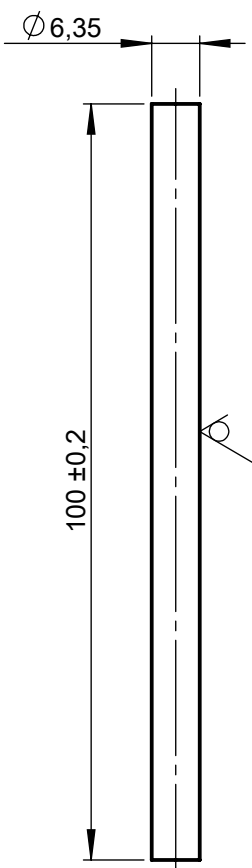
3

4

A

N7 Torneado

B



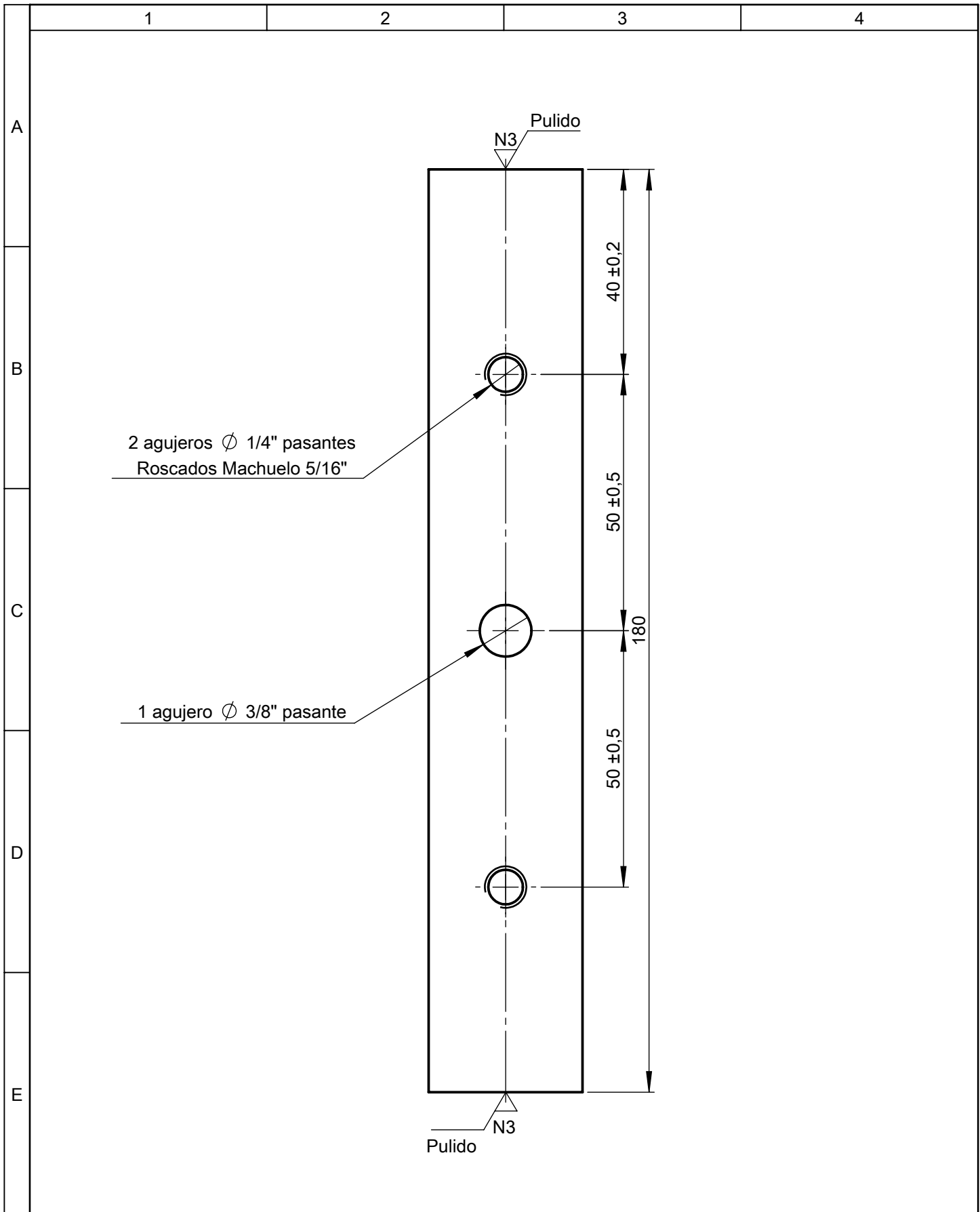
C

D

E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 1/4$ pulg.)			
				$\pm 0,2$	0.025 Kg				
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dib.	20/05/13	Criollo F.			<b>PALANCA</b>	1:1
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.				
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.				
				UTA		Número del dibujo: 27			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica				(Sustitución)	





				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 (Platina 30X8 mm.)	
				±0,5	0.327 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASE SOPORTE REGULADOR</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

A

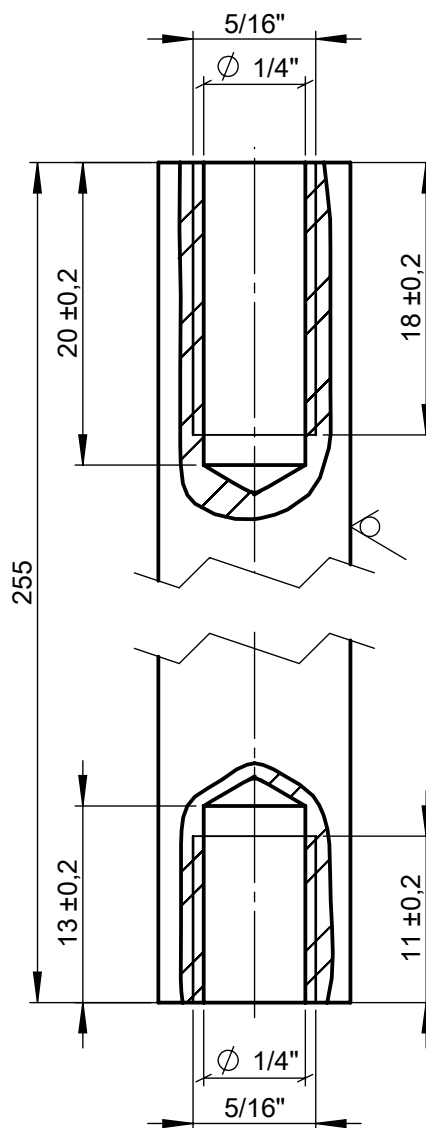
N7 Torneado

B

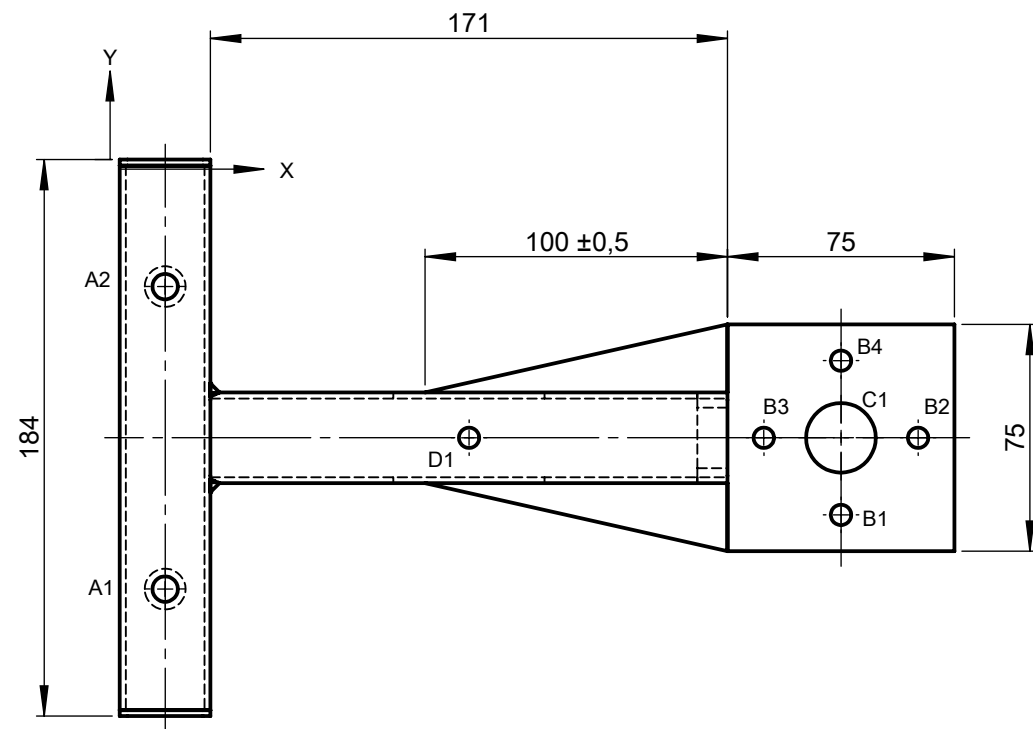
C

D

E

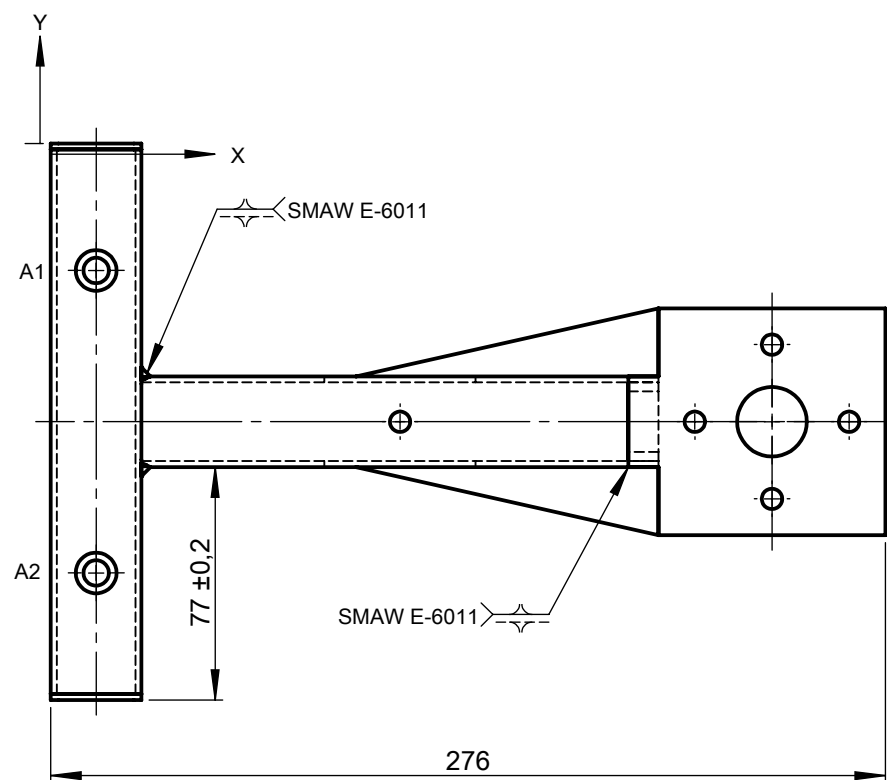
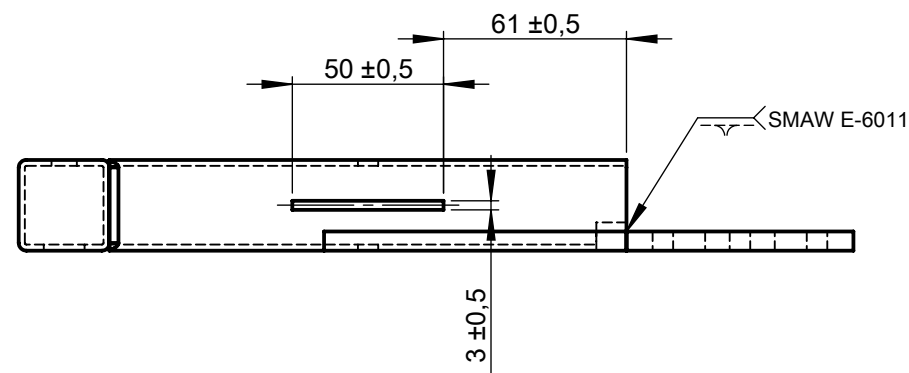


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 1/2$ pulg.)	
				$\pm 0,2$	0.239 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>GUÍAS</b>	Escala: 2:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 29	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	15	-142	Ø 8.43 ∇ 2
A2	15	-42	Ø 8.43 ∇ 2
B1	238.50	-117.50	Ø 6.76 ∇ 6.35
B2	264	-92	Ø 6.76 ∇ 6.35
B3	213	-92	Ø 6.76 ∇ 6.35
B4	238.50	-66.50	Ø 6.76 ∇ 6.35
C1	238.50	-92	Ø 23.02 ∇ 6.35
D1	115.50	-92	Ø 6.76 ∇ 30

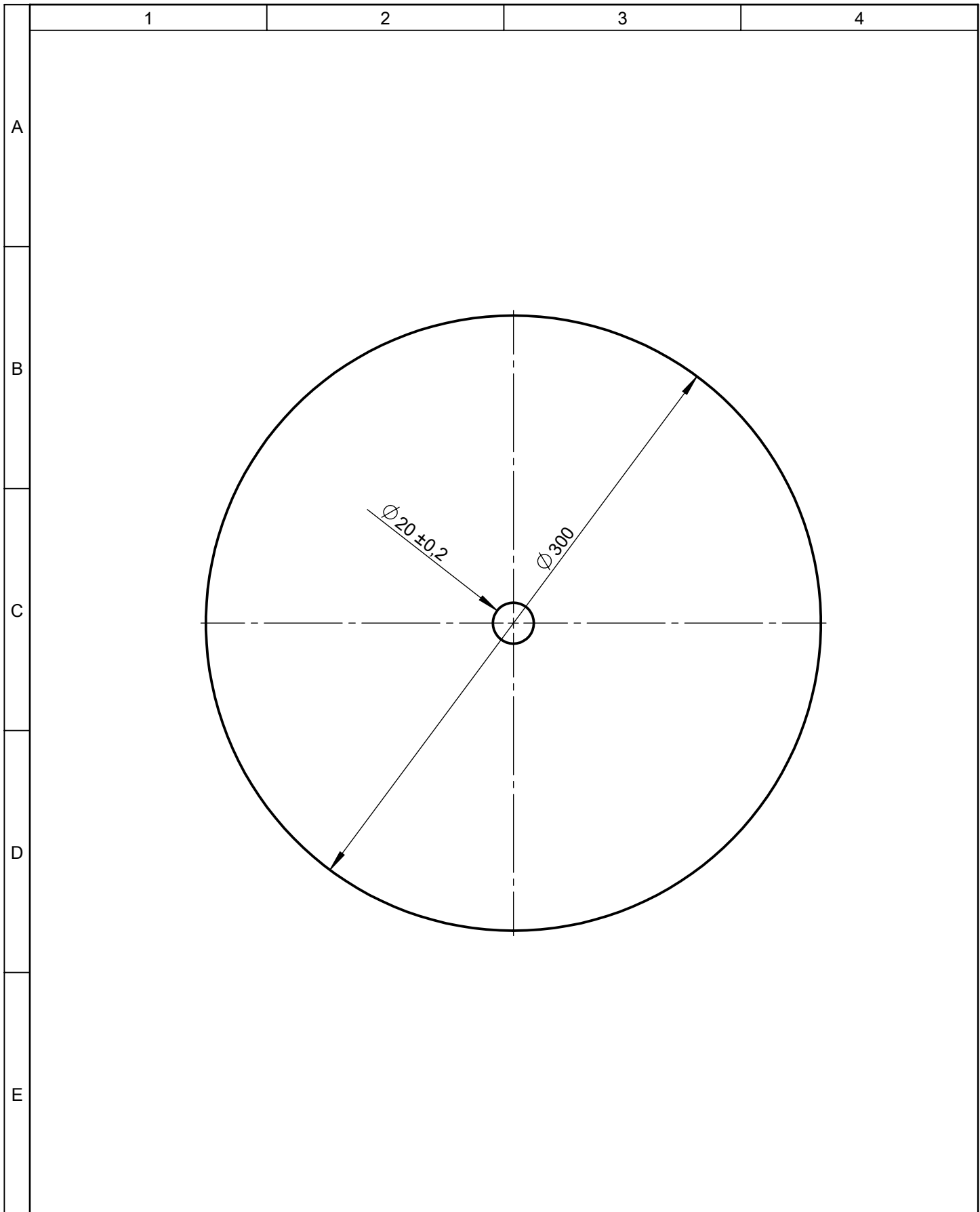
N3 Pulido



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	15	-42	Ø 13.49 ∇ 2
A2	15	-142	Ø 13.49 ∇ 2

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: TUBO ESTRUCTURAL ASTM A-36 (1 1/4 pulg. x 2)			
				±0,5	0.995 Kg				
				Fecha	Nombre	Denominación:			
				Dib. 20/05/13	Criollo F.	<b>BRAZO SOPORTE</b>			
				Rev. 20/05/13	Ing. Carrillo M.			Escala:	
				Apro. 20/05/13	Ing. Carrillo M.			1:1	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 30			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			





					Tolerancia	(Peso)	Materiales: MADERA TRIPLEX (e= 4 mm.)		
					±0,2	0.338 Kg			
					Fecha	Nombre	Denominación: <b>PLATO DESDOBINADOR</b>		Escala: 1:2.5
				Dib.	20/05/13	Criollo F.			
				Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.			
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.			
				UTA Ing. Mecánica			Número del dibujo: 31		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)		

1

2

3

4

N7 Torneado

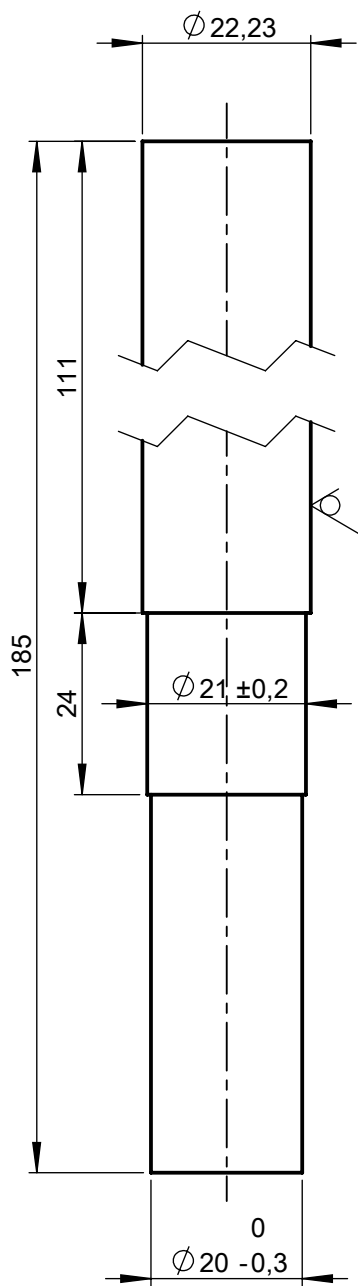
A

B

C

D

E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 7/8$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.528 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>EJE DESBOBINADOR</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 32	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

N7 Torneado

A

$\phi$  7/8"  $\nabla$  50 mm.

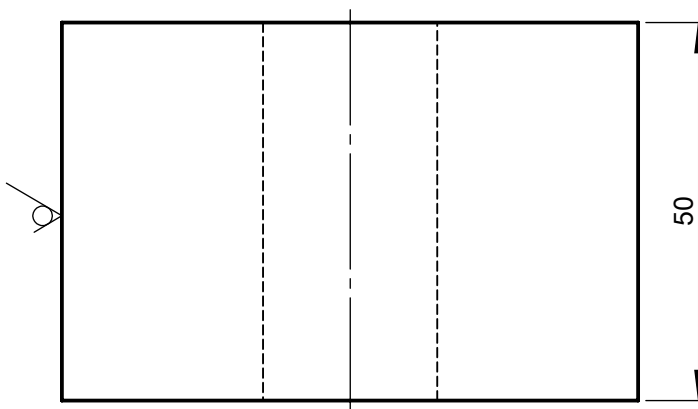
$\phi$  76.2

B

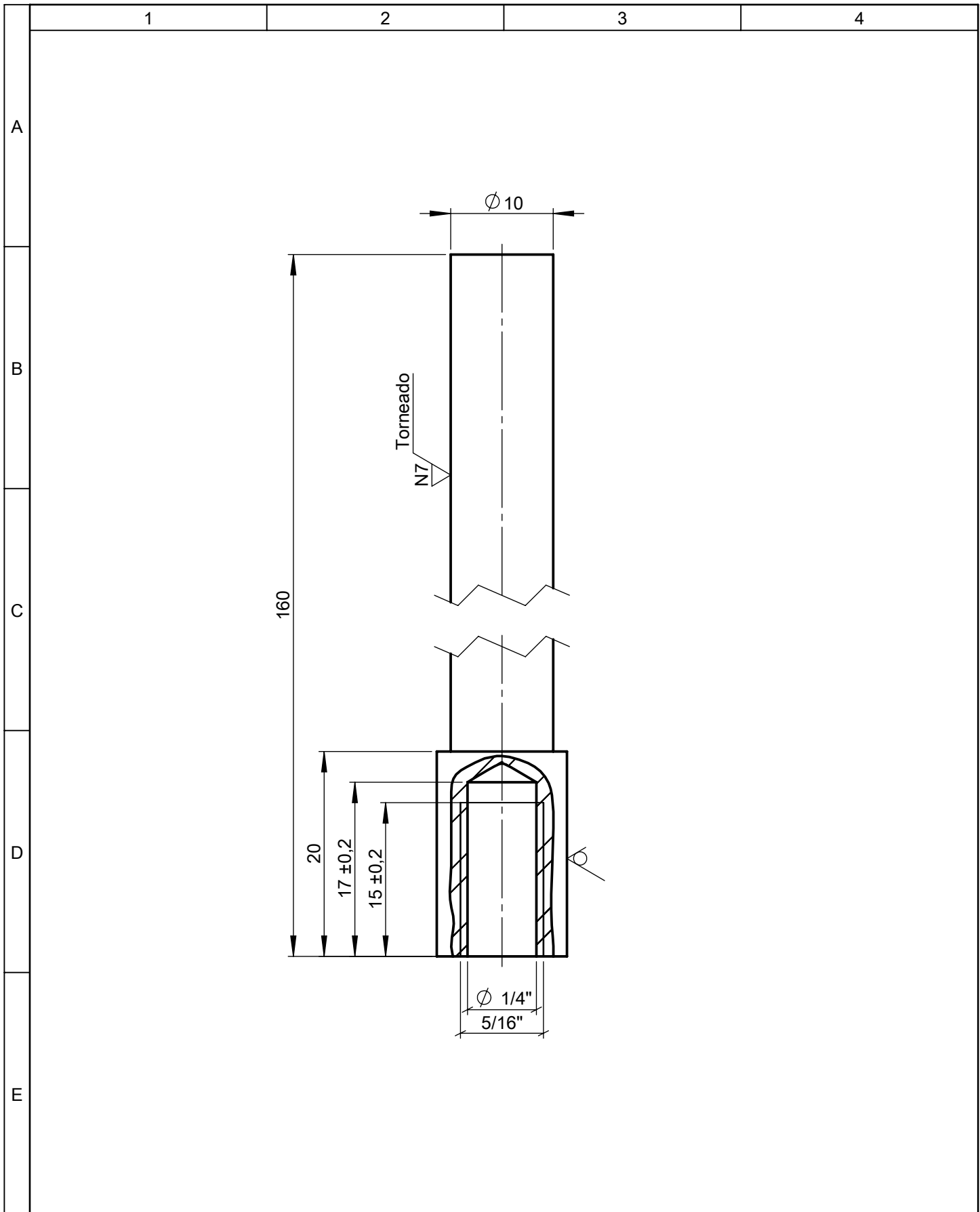
C

D

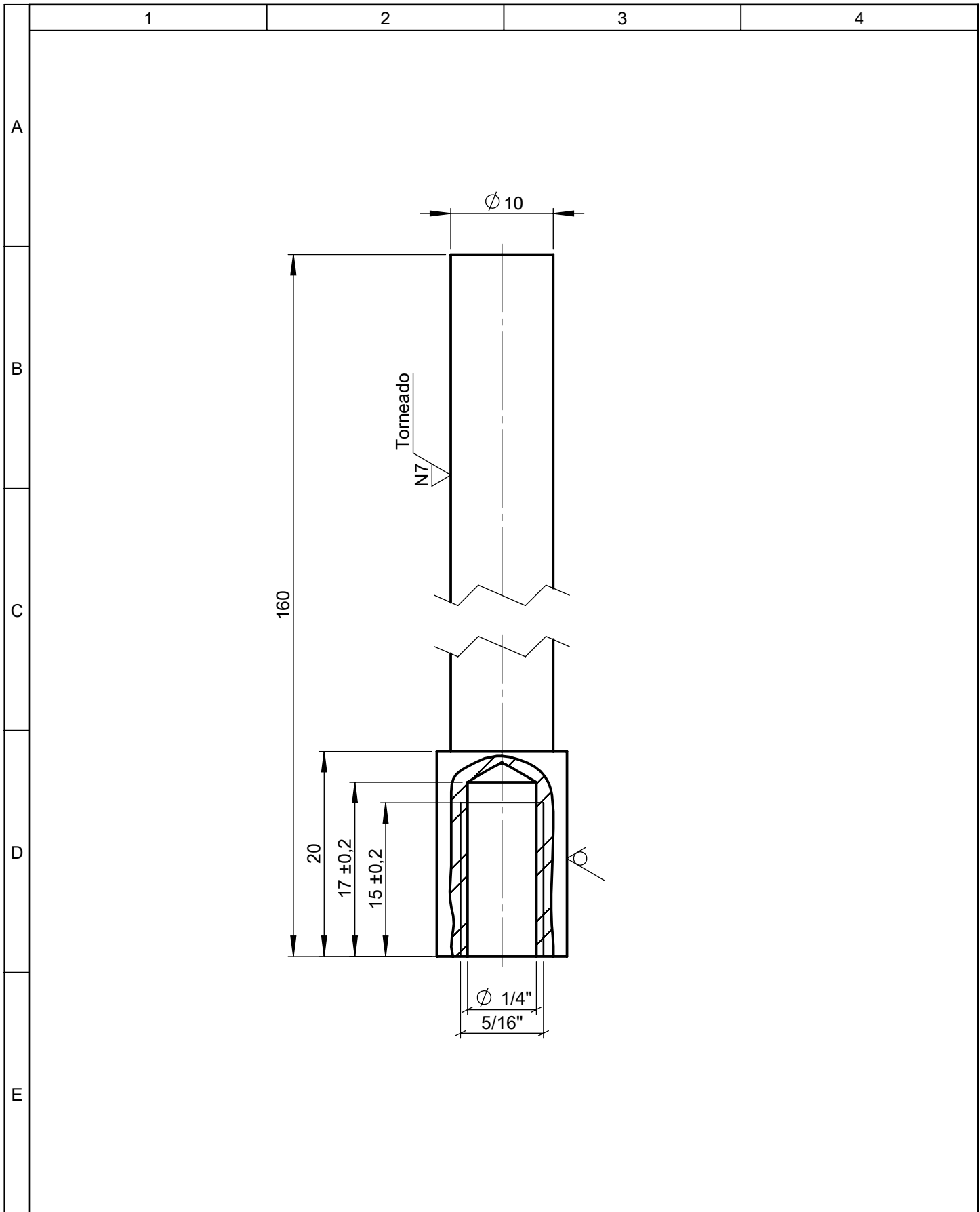
E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: NYLON (EJE $\phi$ =3 pulg.)	
				$\pm 0,2$	0.238 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PORTA DESBOBINADOR</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 33	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 1/2$ pulg.)	
				$\pm 0,2$	0.101 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODILLO ALADOR</b>	Escala: 2:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 35	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 1/2$ pulg.)	
				$\pm 0,2$	0.101 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODILLO ALADOR</b>	Escala: 2:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 35	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



1

2

3

4

N7 Torneado

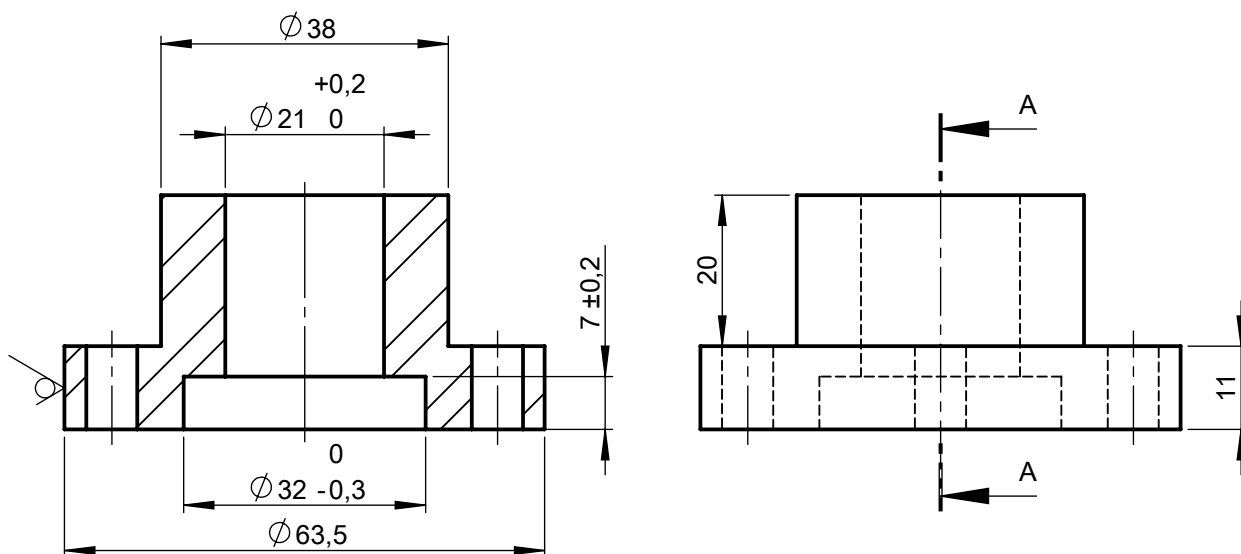
A

B

C

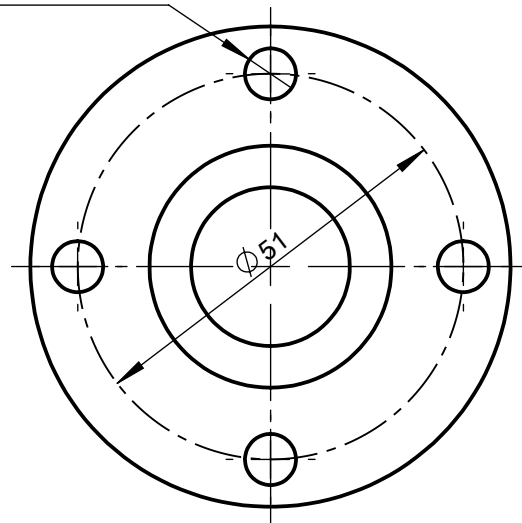
D

E

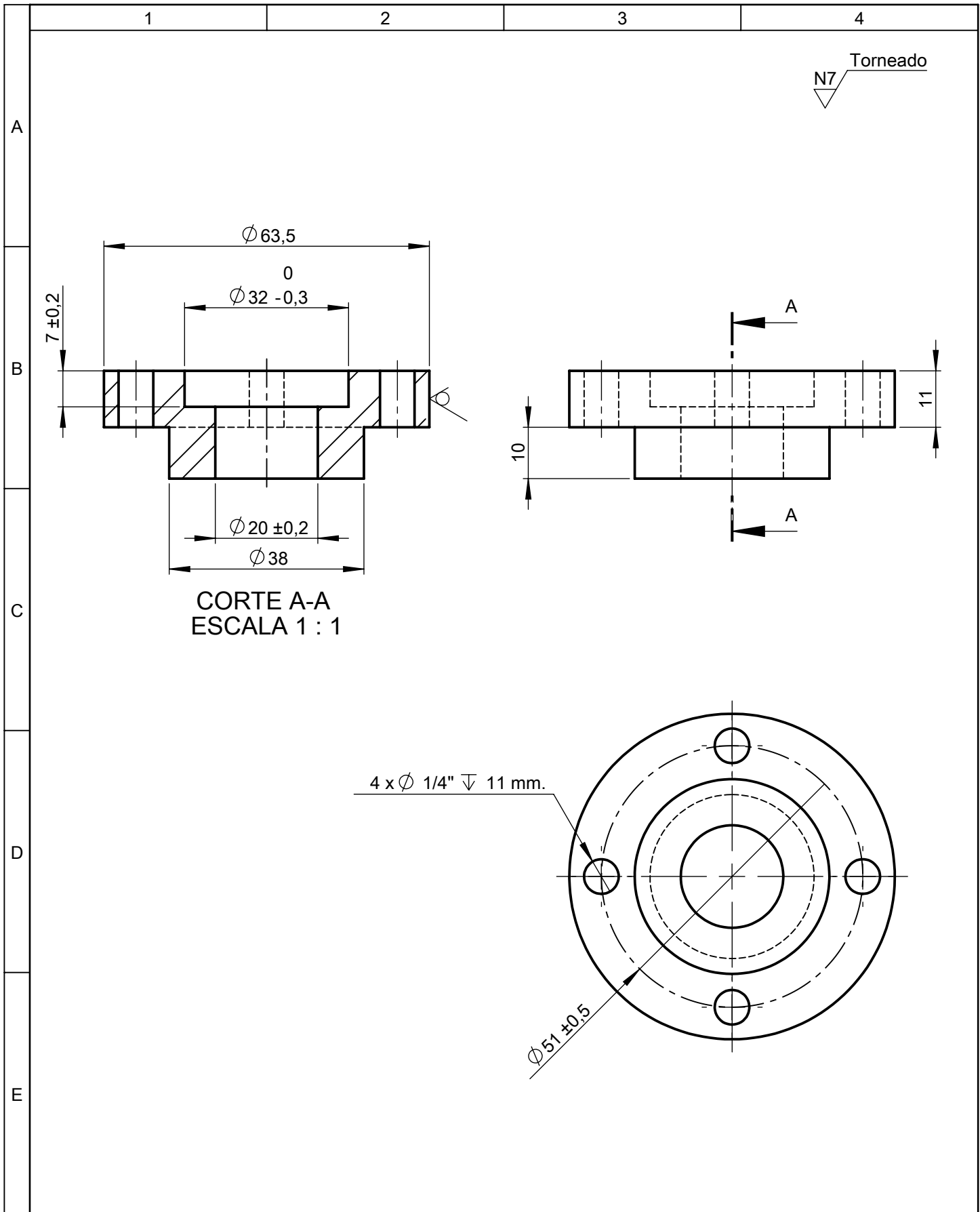


CORTE A-A  
ESCALA 1 : 1

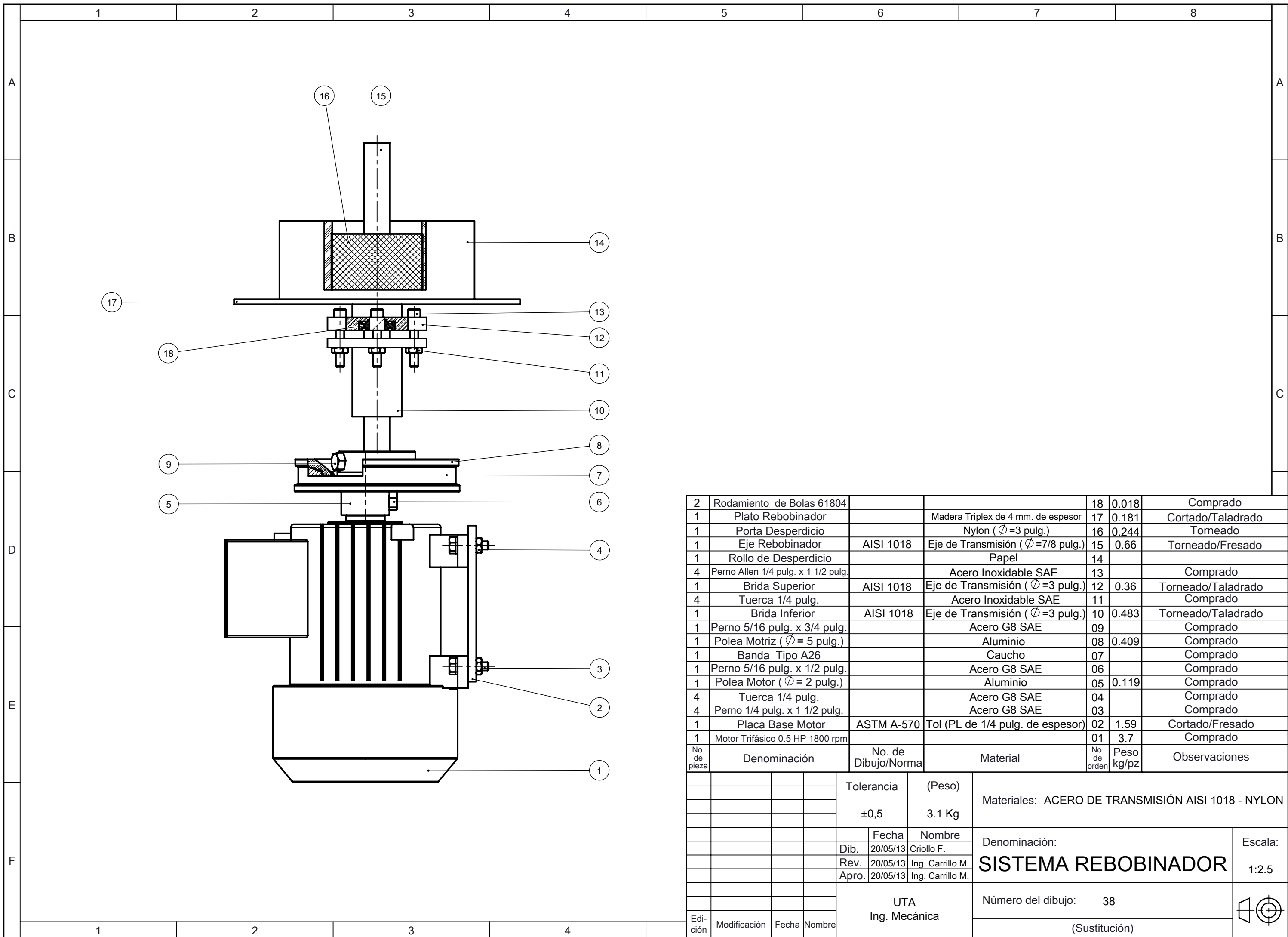
4 x  $\phi$  1/4"  $\nabla$  10 mm.



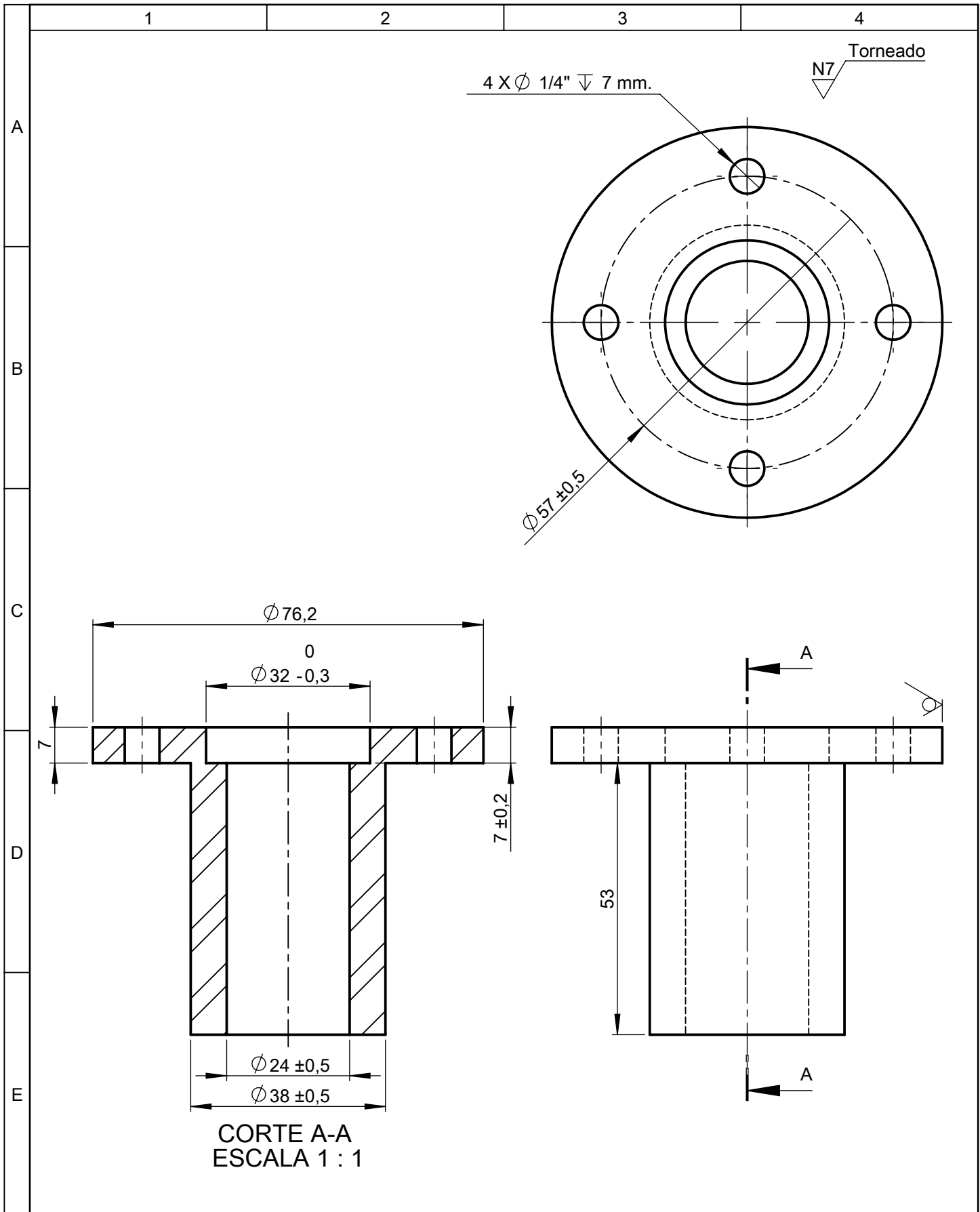
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi$ = 2 1/2 pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.330 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BRIDA SUPERIOR</b> <b>(Sistema Desbobinador)</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 36	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



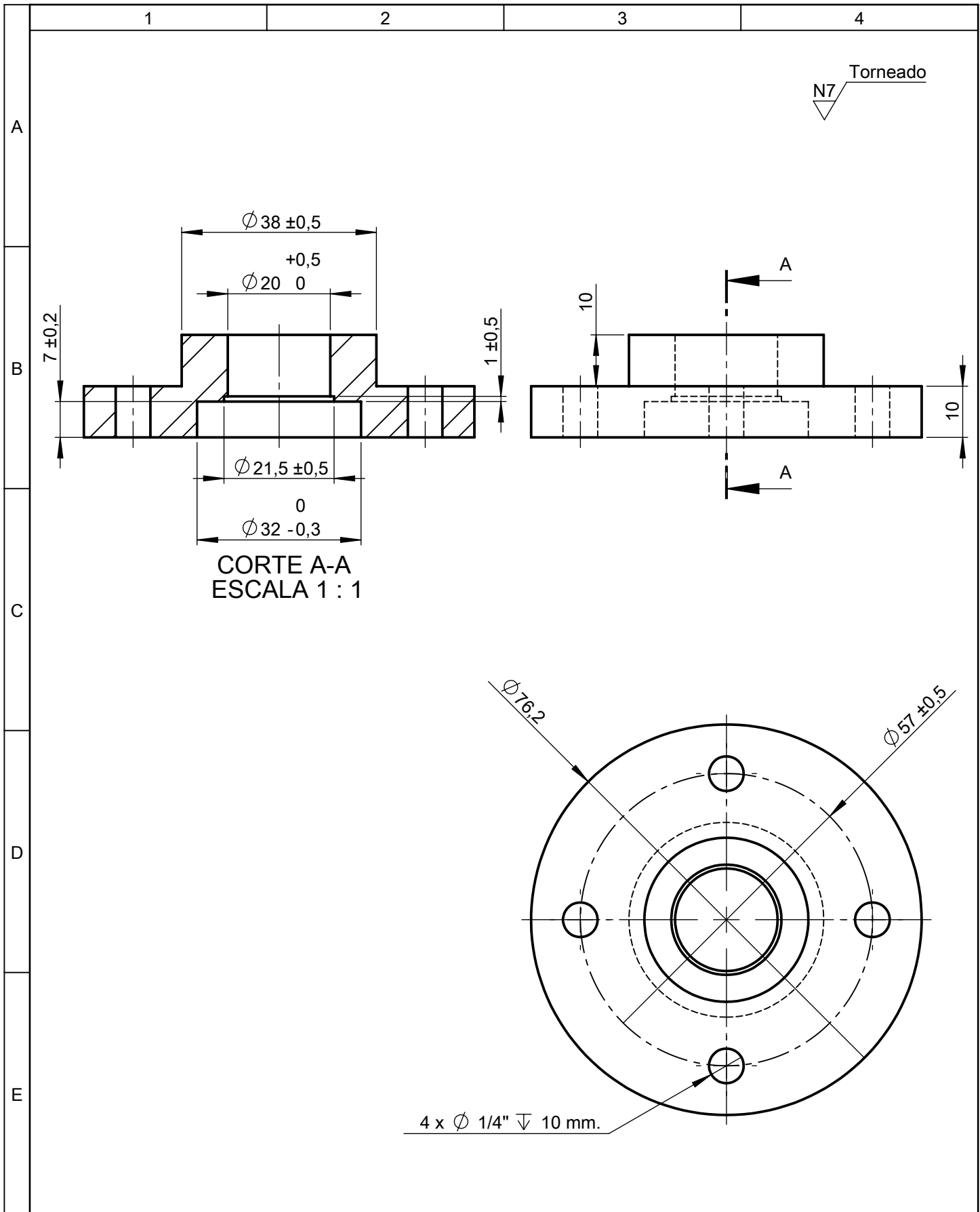
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 2 \frac{1}{2}$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.272 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BRIDA INFERIOR</b> (Sistema Desbobinador)	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



2	Rodamiento de Bolas 61804			18	0.018	Comprado
1	Plato Rebobinador		Madera Triplex de 4 mm. de espesor	17	0.181	Cortado/Taladrado
1	Porta Desperdicio		Nylon ( $\varnothing=3$ pulg.)	16	0.244	Torneado
1	Eje Rebobinador	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=7/8$ pulg.)	15	0.66	Torneado/Fresado
1	Rollo de Desperdicio		Papel	14		
4	Perno Allen 1/4 pulg. x 1 1/2 pulg.		Acero Inoxidable SAE	13		Comprado
1	Brida Superior	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=3$ pulg.)	12	0.36	Torneado/Taladrado
4	Tuerca 1/4 pulg.		Acero Inoxidable SAE	11		Comprado
1	Brida Inferior	AISI 1018	Eje de Transmisión ( $\varnothing=3$ pulg.)	10	0.483	Torneado/Taladrado
1	Perno 5/16 pulg. x 3/4 pulg.		Acero G8 SAE	09		Comprado
1	Polea Motriz ( $\varnothing=5$ pulg.)		Aluminio	08	0.409	Comprado
1	Banda Tipo A26		Caucho	07		Comprado
1	Perno 5/16 pulg. x 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	06		Comprado
1	Polea Motor ( $\varnothing=2$ pulg.)		Aluminio	05	0.119	Comprado
4	Tuerca 1/4 pulg.		Acero G8 SAE	04		Comprado
4	Perno 1/4 pulg. x 1 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	03		Comprado
1	Placa Base Motor	ASTM A-570	Tol (PL de 1/4 pulg. de espesor)	02	1.59	Cortado/Fresado
1	Motor Trifásico 0.5 HP 1800 rpm			01	3.7	Comprado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones
			Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 - NYLON	
			$\pm 0,5$	3.1 Kg		
			Fecha	Nombre	Denominación:	
			Dib. 20/05/13	Criollo F.	SISTEMA REBOBINADOR	
			Rev. 20/05/13	Ing. Carrillo M.	Escala:	
			Apro. 20/05/13	Ing. Carrillo M.	1:2.5	
			UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 38	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)		



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 3$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.483 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BRIDA INFERIOR</b> <b>(Sistema Rebobinador)</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE $\phi = 3$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.360 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BRIDA SUPERIOR</b> <b>(Sistema Rebobinador)</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 40	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	

1

2

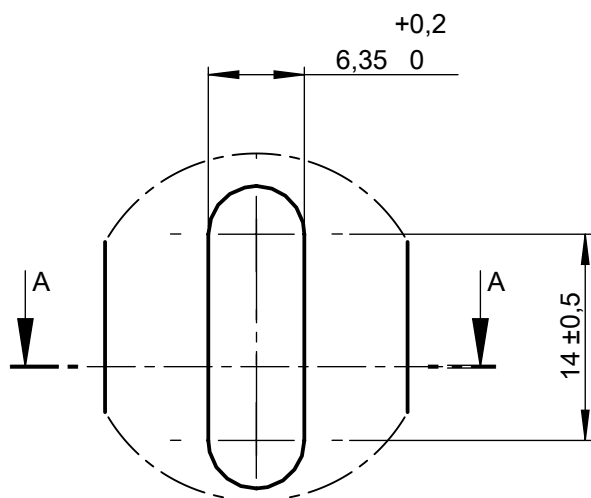
3

4

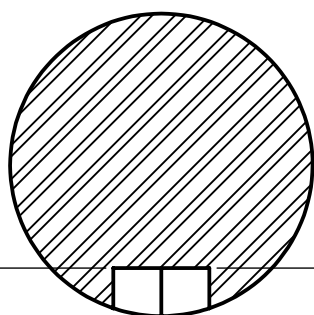
A

N7 Torneado

B

DETALLE A  
ESCALA 2 : 1

C

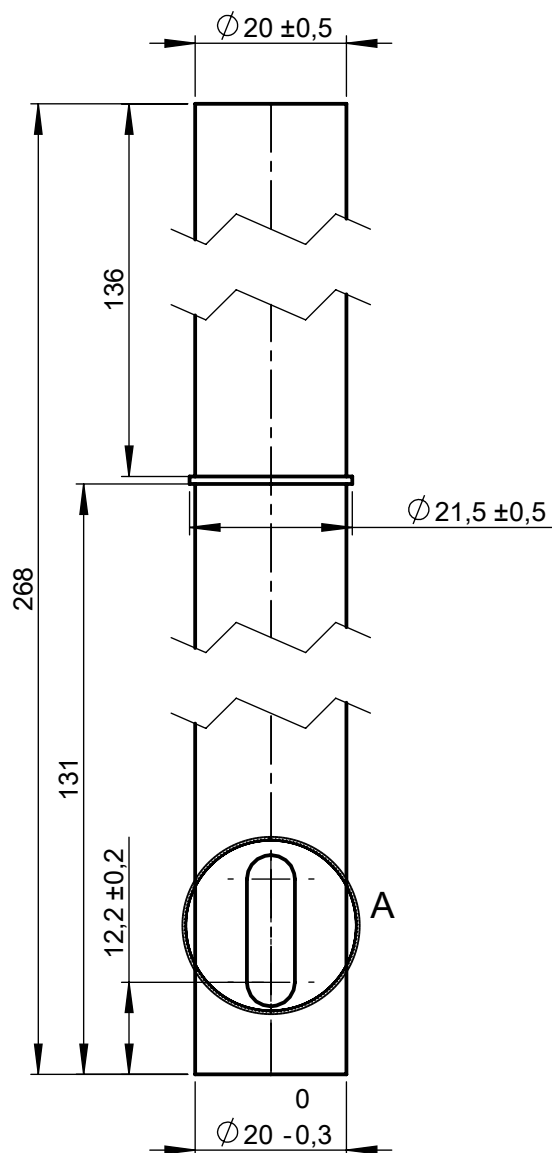
CORTE A-A  
ESCALA 2 : 1

D

3,18 ± 0,2

N7 Fresado

E



				Tolerancia	(Peso)
				±0,5	0.66 Kg
				Fecha	Nombre
			Dib.	20/05/13	Criollo F.
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.
			UTA Ing. Mecánica		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre		

Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE  $\phi = 7/8$  pulg.)

Denominación:

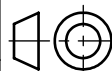
**EJE REBOBINADOR**

Escala:

1:1

Número del dibujo: 41

(Sustitución)



1

2

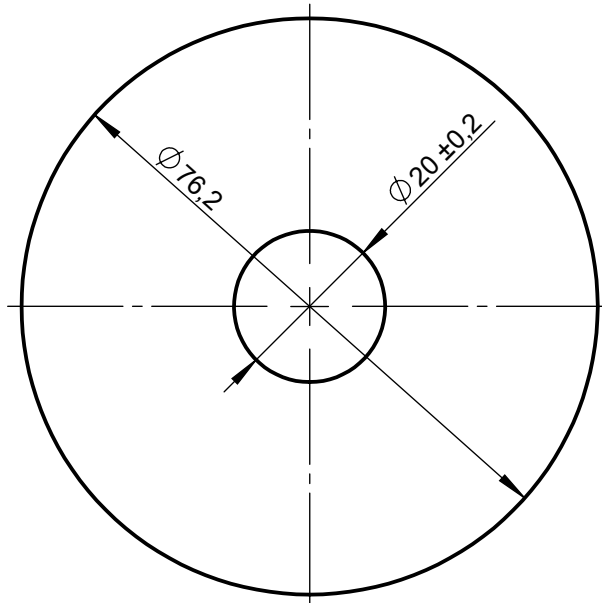
3

4

A

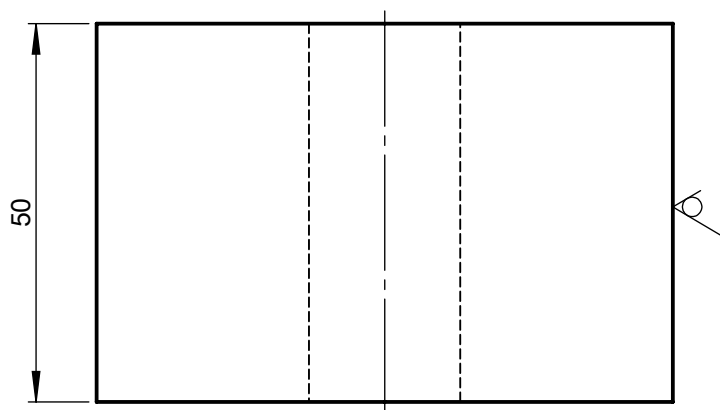
N7 Torneado

B



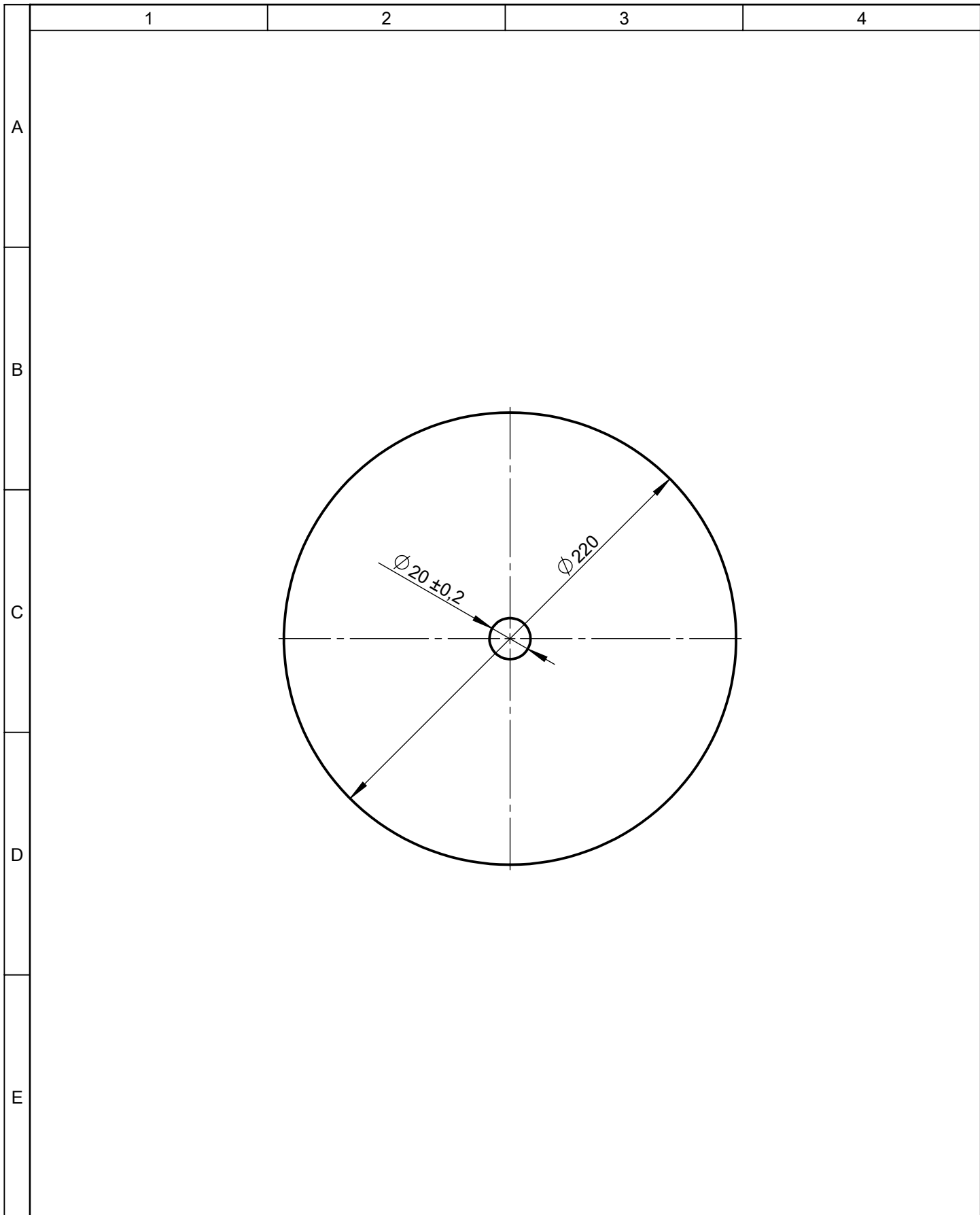
C

D



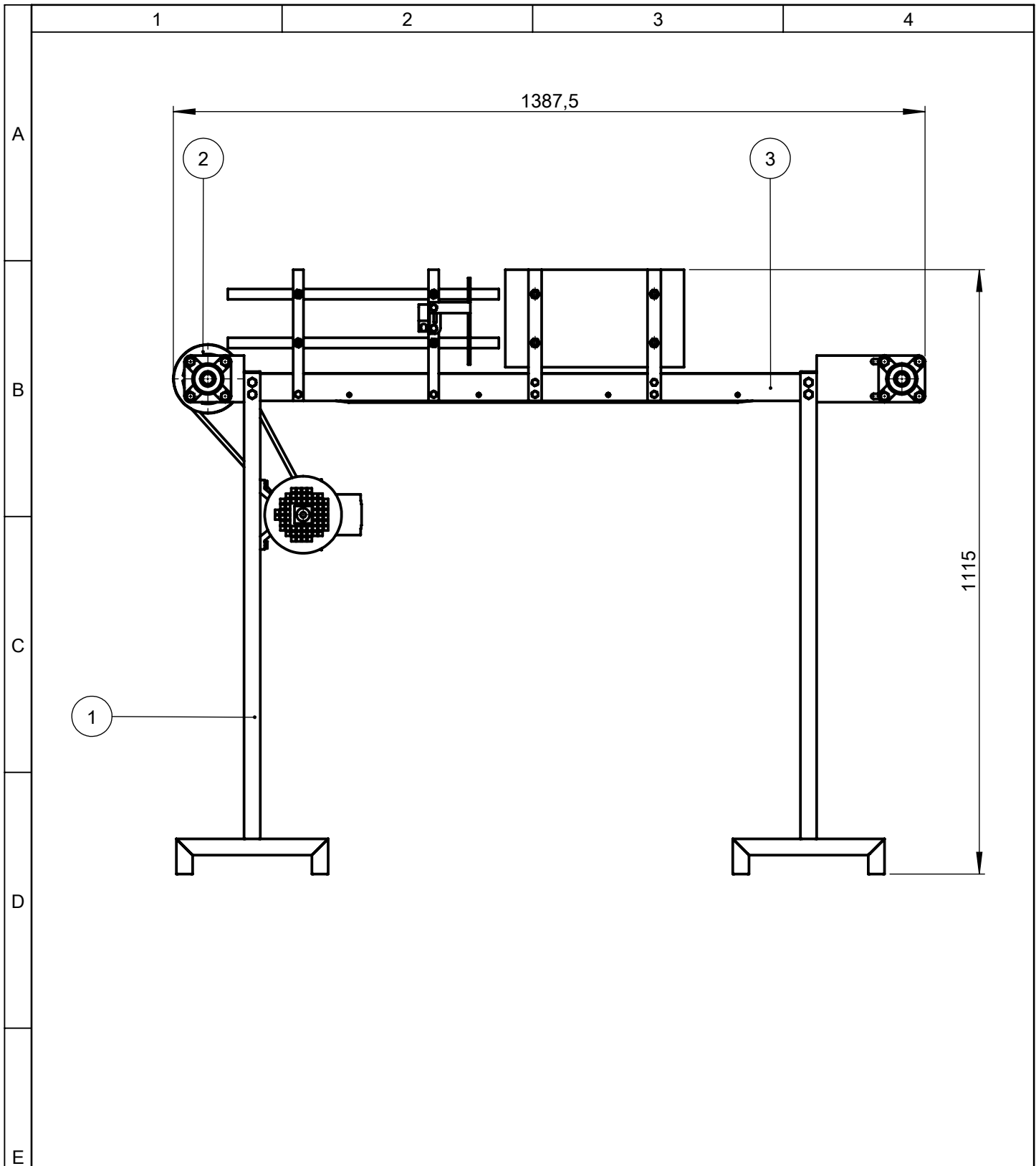
E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: NYLON (EJE $\phi = 3$ pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.244 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PORTA DESPERDICIO</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 42	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



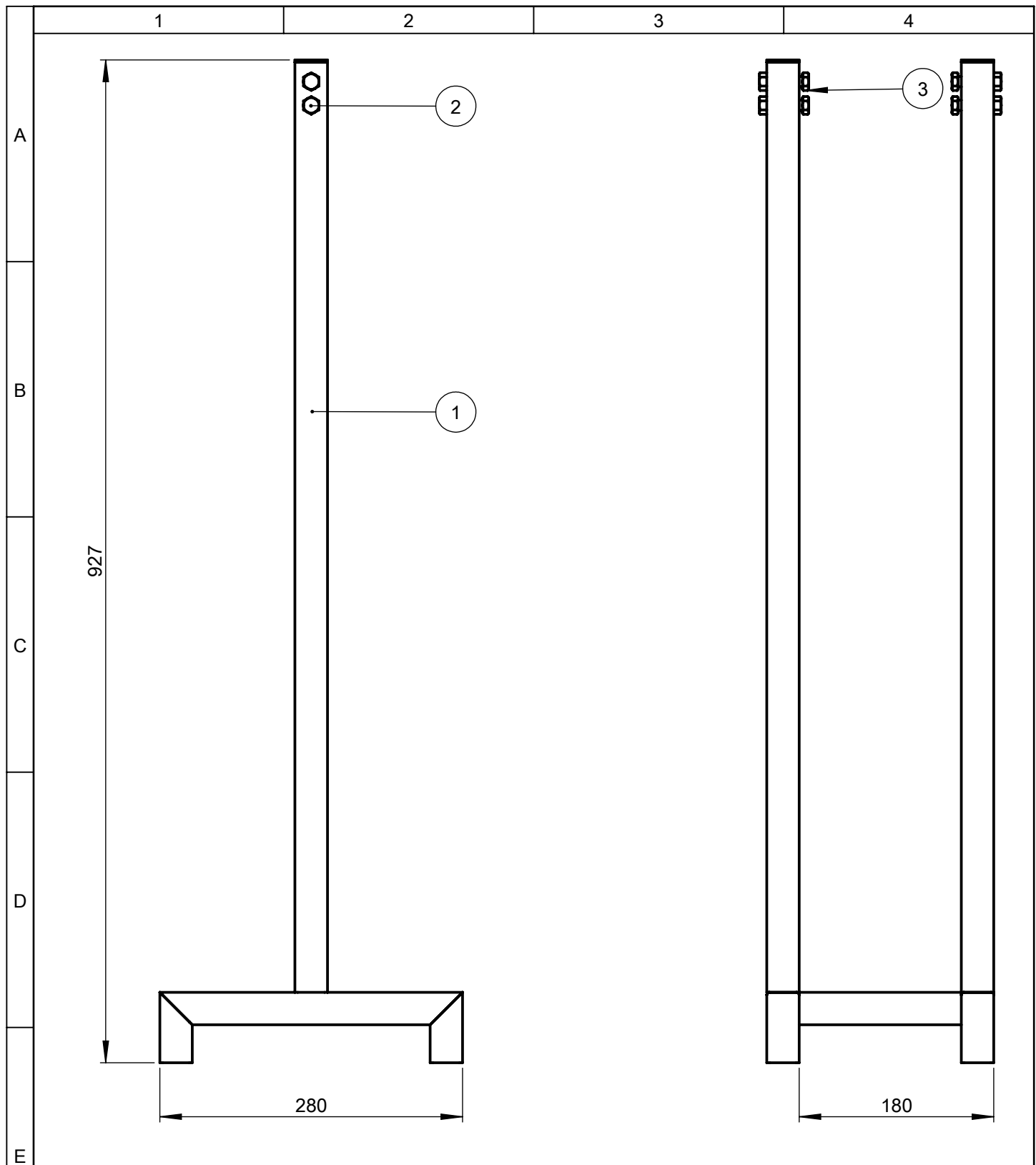
					Tolerancia	(Peso)	Materiales: MADERA TRIPLEX (e = 4 mm.)		
					±0,5	0.181 Kg			
					Fecha	Nombre	<b>Denominación:</b> <b>PLATO REBOBINADOR</b>		<b>Escala:</b> 1:2.5
				Dib.	20/05/13	Criollo F.			
				Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.			
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.			
				UTA Ing. Mecánica			Número del dibujo: 43		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)		





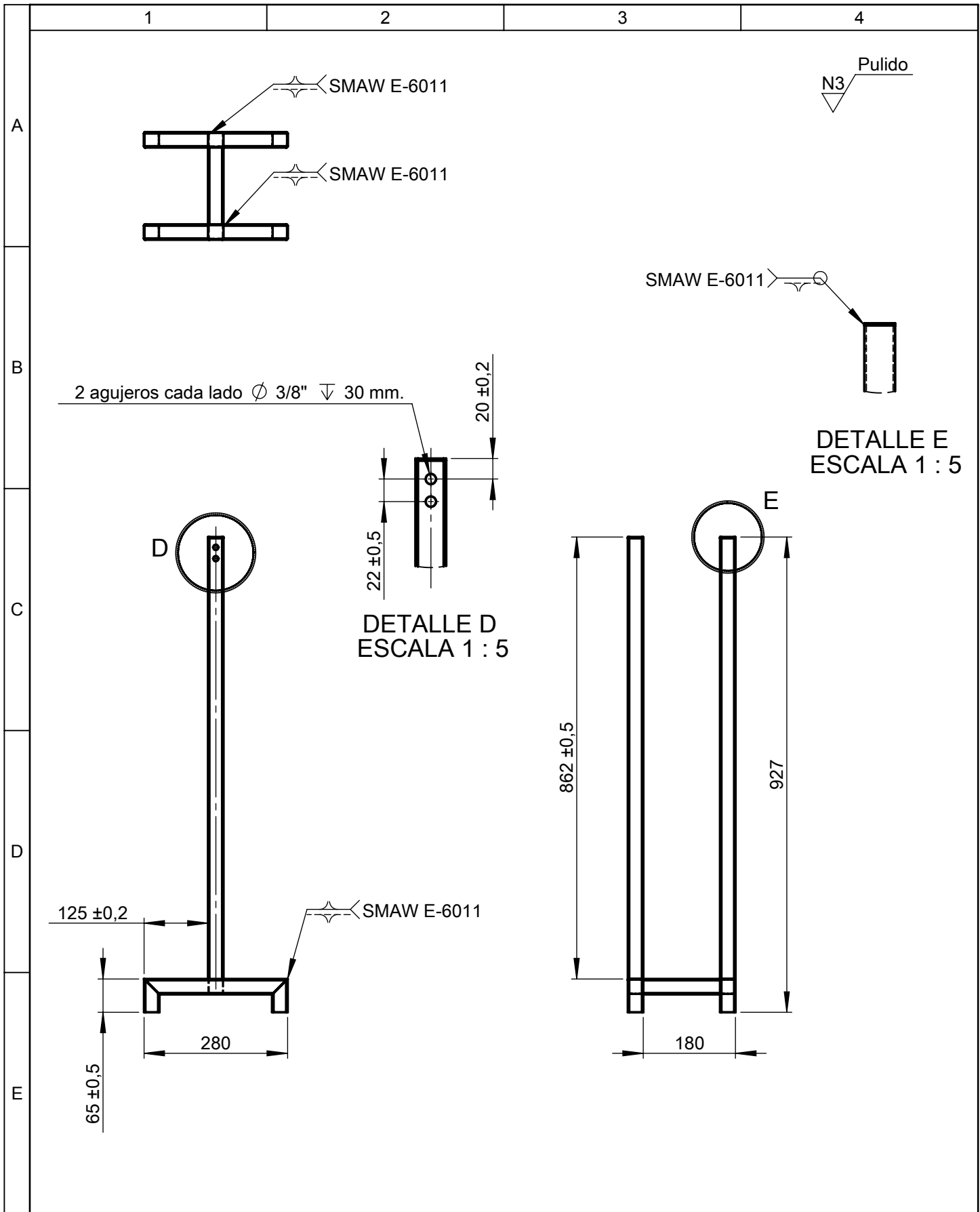
1	Transportador	ASTM A-36	Canal Estructural	03	11.489	Construido
1	Sistema de Transmisión		Aluminio	02	6.375	Construido
1	Estructura	ASTM A-36	Tubo Estructural	01	4.8	Construido
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones

		Tolerancia		(Peso)		Materiales: VARIOS	
		±0,5		30.57 Kg			
		Fecha		Nombre		Denominación:	
		Dib. 20/05/13		Criollo F.		<b>BANDA TRANSPORTADORA</b>	
		Rev. 20/05/13		Ing. Carrillo M.			
		Apro. 20/05/13		Ing. Carrillo M.			
		UTA		Número del dibujo: 44		Escala:	
		Ing. Mecánica		(Sustitución)		1:10	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

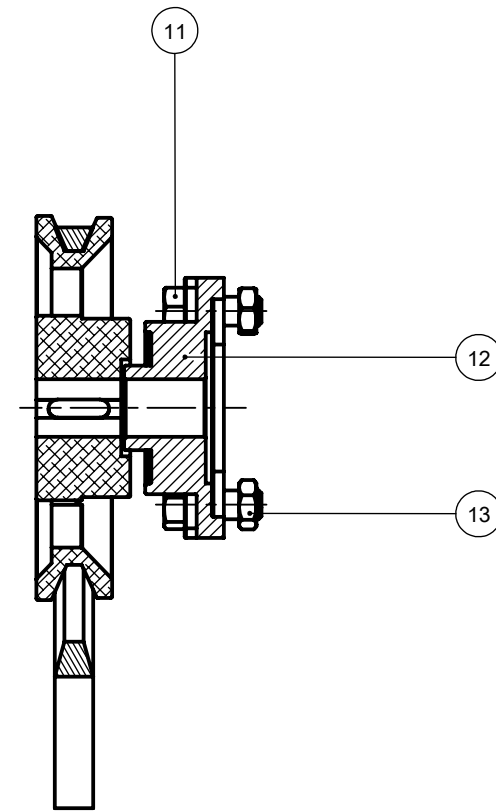
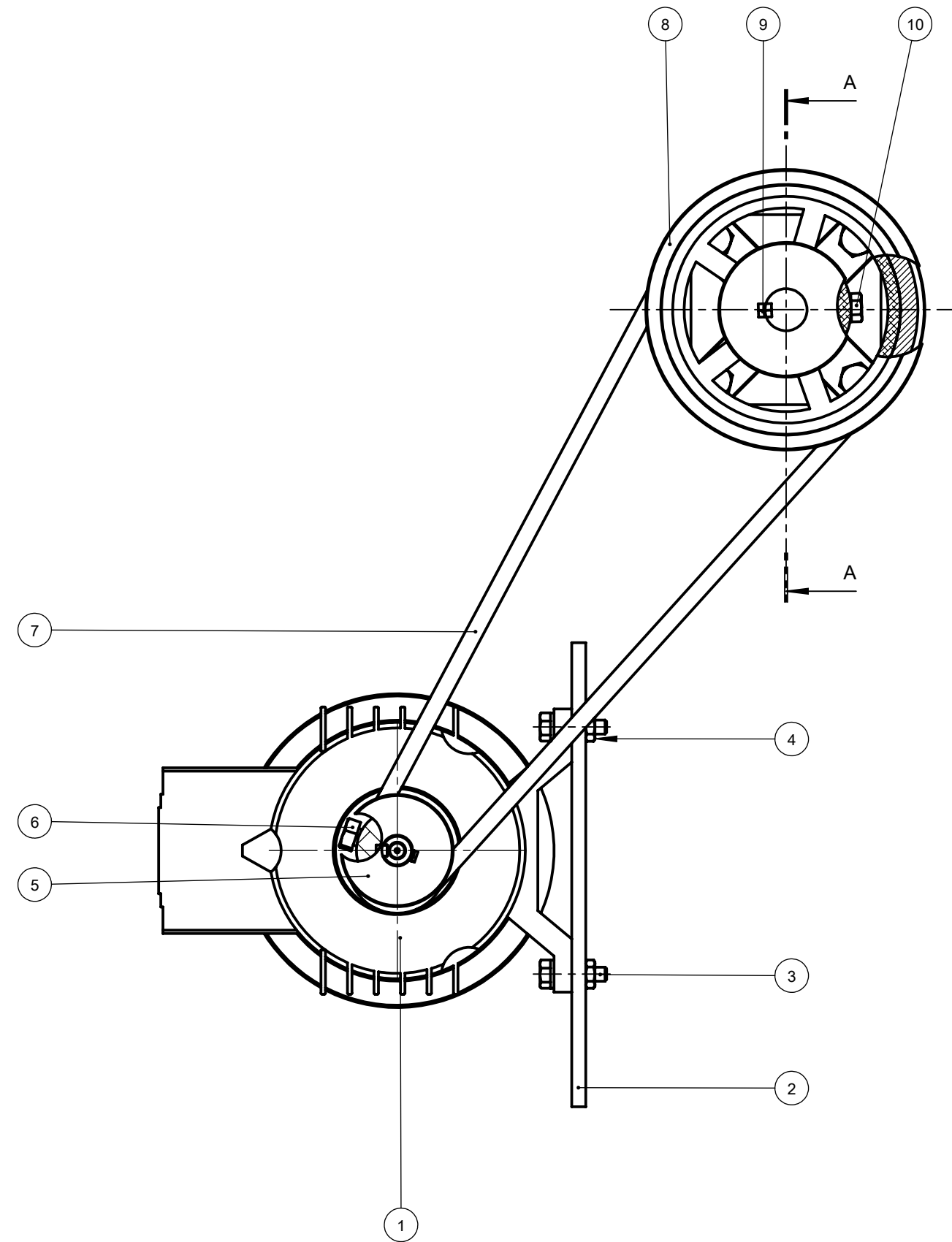


8	Tuerca 3/8 pulg.		Acero G8 SAE	03		Comprado
8	Perno 3/8 pulg. x 1 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	02		Comprado
2	Soportes	ASTM A-36	Tubo Estructural de 1 1/4 pulg. x 2	01	4.78	Cortado/Taladrado/Soldado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: TUBO ESTRUCTURAL ASTM A-36 (1 1/4 pulg. x 2)	
				±0,5	4.8 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>ESTRUCTURA</b>	Escala: 1:5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 45	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



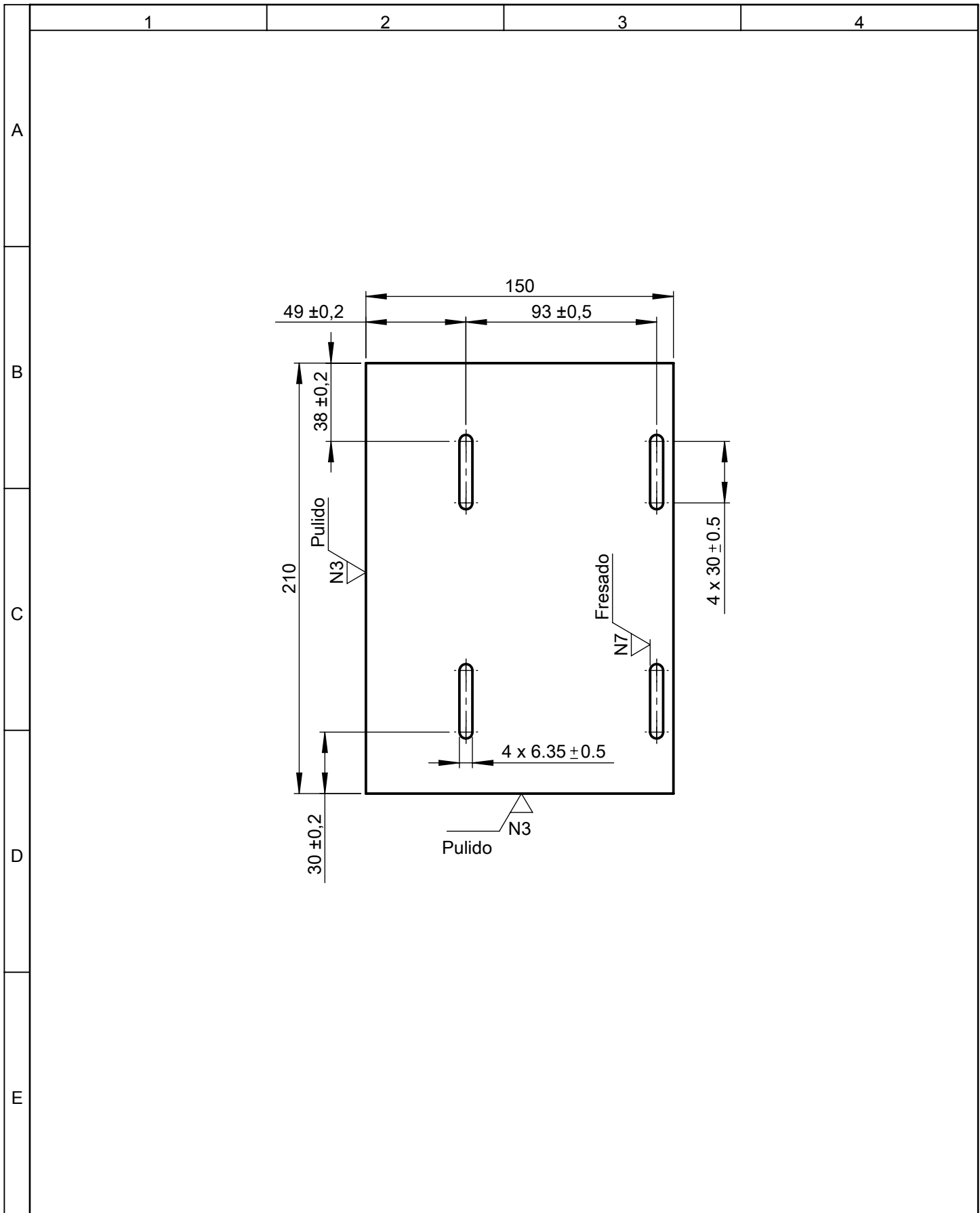
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: TUBO ESTRUCTURAL ASTM A-36 ( 1 1/4 pulg. x 2)	
				$\pm 0,5$	4.8 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>SOPORTES</b>	Escala: 1:10
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 46	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



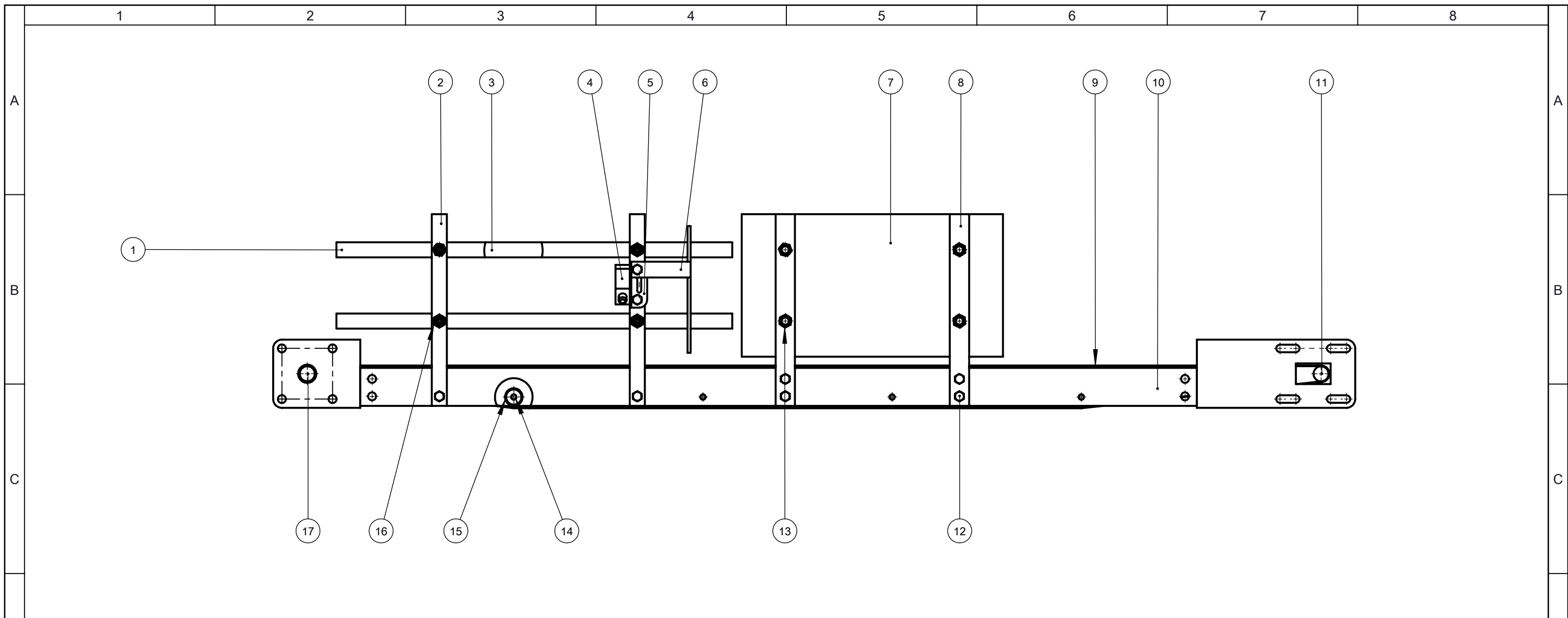
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2.5

13	Tuerca 3/8 pulg.		Acero G8 SAE	13		Comprado
4	Chumacera UCF204-12		Hierro Fundido	12	0.609	Comprado
16	Perno 3/8 pulg. x 1 pulg.		Acero G8 SAE	11		Comprado
1	Perno 5/16 pulg. x 1 pulg.		Acero G8 SAE	10		Comprado
1	Chavetero		Acero	09		Comprado
1	Polea Motriz ( $\varnothing = 5$ pulg.)		Aluminio	08	0.422	Comprado/Torneado
1	Banda Tipo A26		Caucho	07		Comprado
1	Perno 5/16 pulg. x 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	06		Comprado
1	Polea Motor ( $\varnothing = 2$ pulg.)		Aluminio	05	0.119	Comprado/Torneado
4	Tuerca 1/4 pulg.		Acero G8 SAE	04		Comprado
4	Perno 1/4 pulg. x 1 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	03		Comprado
1	Placa Base Motor	ASTM A-570	Tol (PL de 1/4 pulg. de espesor)	02	1.525	Cortado/Fresado
1	Motor Trifásico 0.5 HP 1800 rpm			01	3.7	Comprado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones

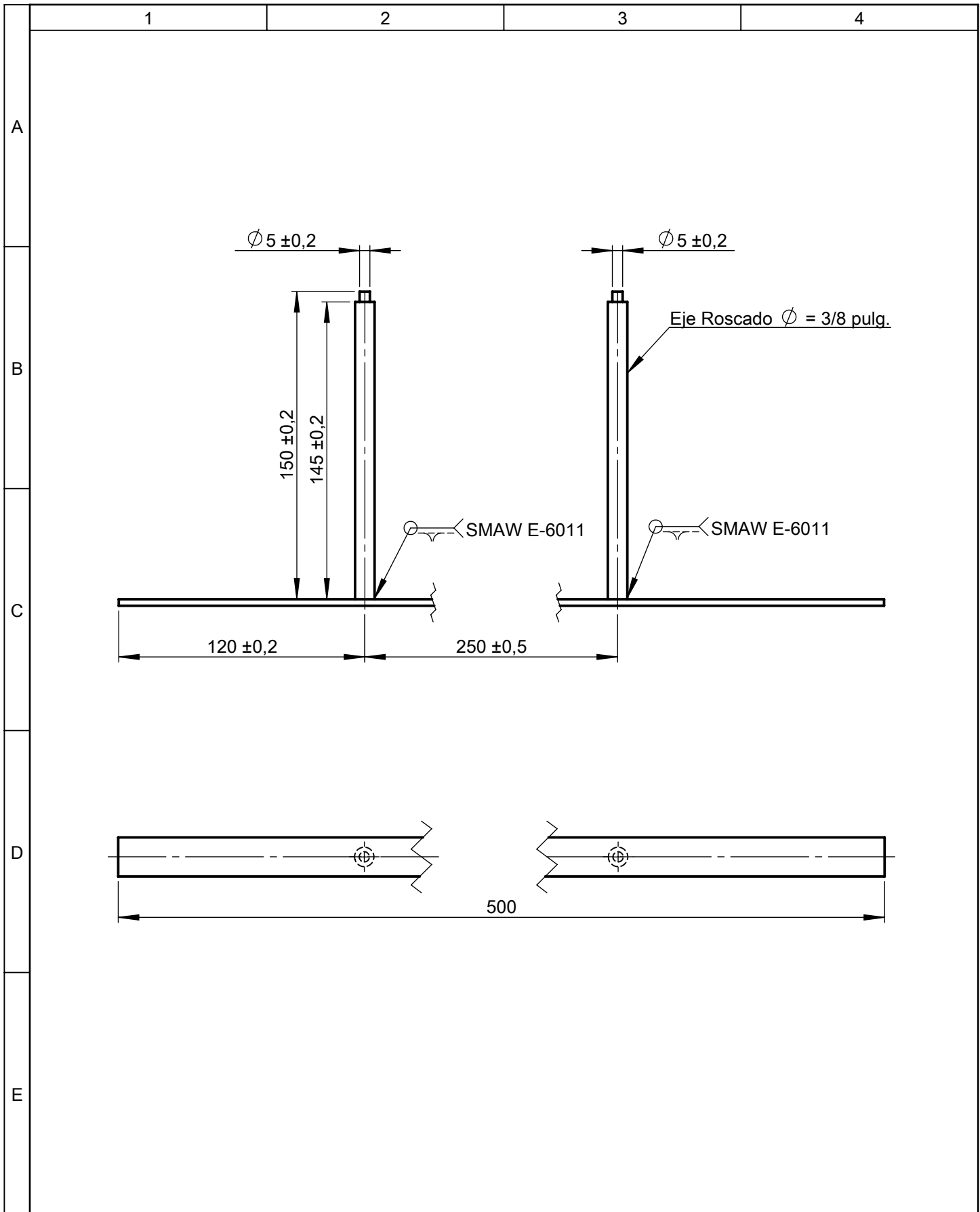
		Tolerancia	(Peso)	Materiales: ALUMINIO		
		$\pm 0,5$	6.375 Kg			
		Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
		Dib. 20/05/13	Criollo F.	<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>		1:2.5
		Rev. 20/05/13	Ing. Carrillo M.			
		Apro. 20/05/13	Ing. Carrillo M.			
		UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 47		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)		



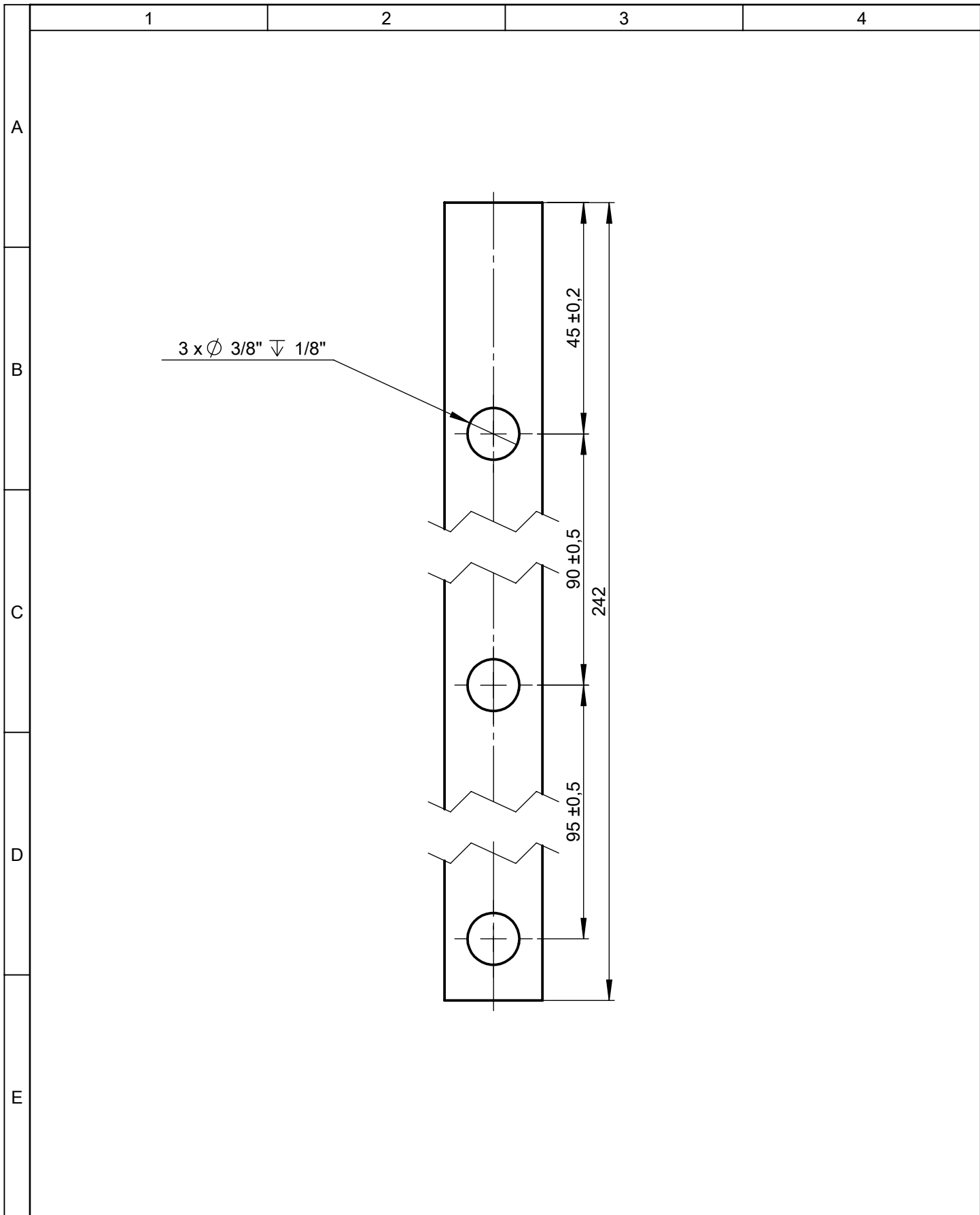
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-570 (Plancha de 1/4 pulg. de espesor)	
				±0,5	1.525 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PLACA BASE MOTOR (BANDA TRANSPORTADORA)</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 48	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



1	Eje Motriz	AISI 1018	Acero de Transmisión (Eje $\varnothing=3/4$ pulg.)	17	0.547	Torneado/Fresado
12	Tuerca 3/8 pulg.		Acero G8 SAE	16	0.116	Comprado
4	Rodillo Guía	ASTM A-36	Tubo Estructural ( $\varnothing=7/8$ pulg.)	15	0.037	Cortado/Soldado
4	Eje Guía	AISI 1018	Acero de Transmisión (Eje $\varnothing=1/4$ pulg.)	14		Cortado/Torneado
8	Tuerca 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	13		Comprado
8	Perno 3/8 pulg. x 1/2 pulg.		Acero G8 SAE	12	0.484	Comprado
1	Eje Impulsado	AISI 1018	Acero de Transmisión (Eje $\varnothing=3/4$ pulg.)	11	6.477	Cortado/Torneado
1	Viga Principal	ASTM A-36	Perfil Estructural Canal "U"	10	0.357	Cortado/Taladrado
1	Banda Plana		Expandible ( espesor 2 mm.)	09	0.258	Cortado/Pegado
2	Soportes Almohada	ASTM A-36	Platina(PLT 1 pulg. x 1/4 pulg.)	08	1.519	Cortado/Taladrado
1	Almohada	ASTM A-36	Tol (PL 180mm x 300mm x 2mm)	07		Cortado/Soldado
1	Escobilla		Plástico	06		Comprado
1	Soporte Sensor		Acero Galvanizado (e=2 mm.)	05		Comprado
1	Sensor Fotoeléctrico E3JK			04	0.256	Comprado
2	Guía Fija	ASTM A-36	Platina(PLT 3/4 pulg. x 1/8 pulg.)	03	0.109	Cortado/Soldado
4	Soporte Guía	ASTM A-36	Platina(PLT 3/4 pulg. x 1/8 pulg.)	02	0.402	Cortado/Taladrado
2	Guía Regulable	ASTM A-36	Platina(PLT 3/4 pulg. x 1/8 pulg.)	01		Cortado/Soldado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones
			Tolerancia		(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A-36 - AISI 1018
			$\pm 0,5$		11.489 Kg	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TRANSPORTADOR</b>
			Dib.	20/05/13	Criollo F.	
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
						Escala: 1:1
						Número del dibujo: 49 (Sustitución)
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		
1	2	3	4			

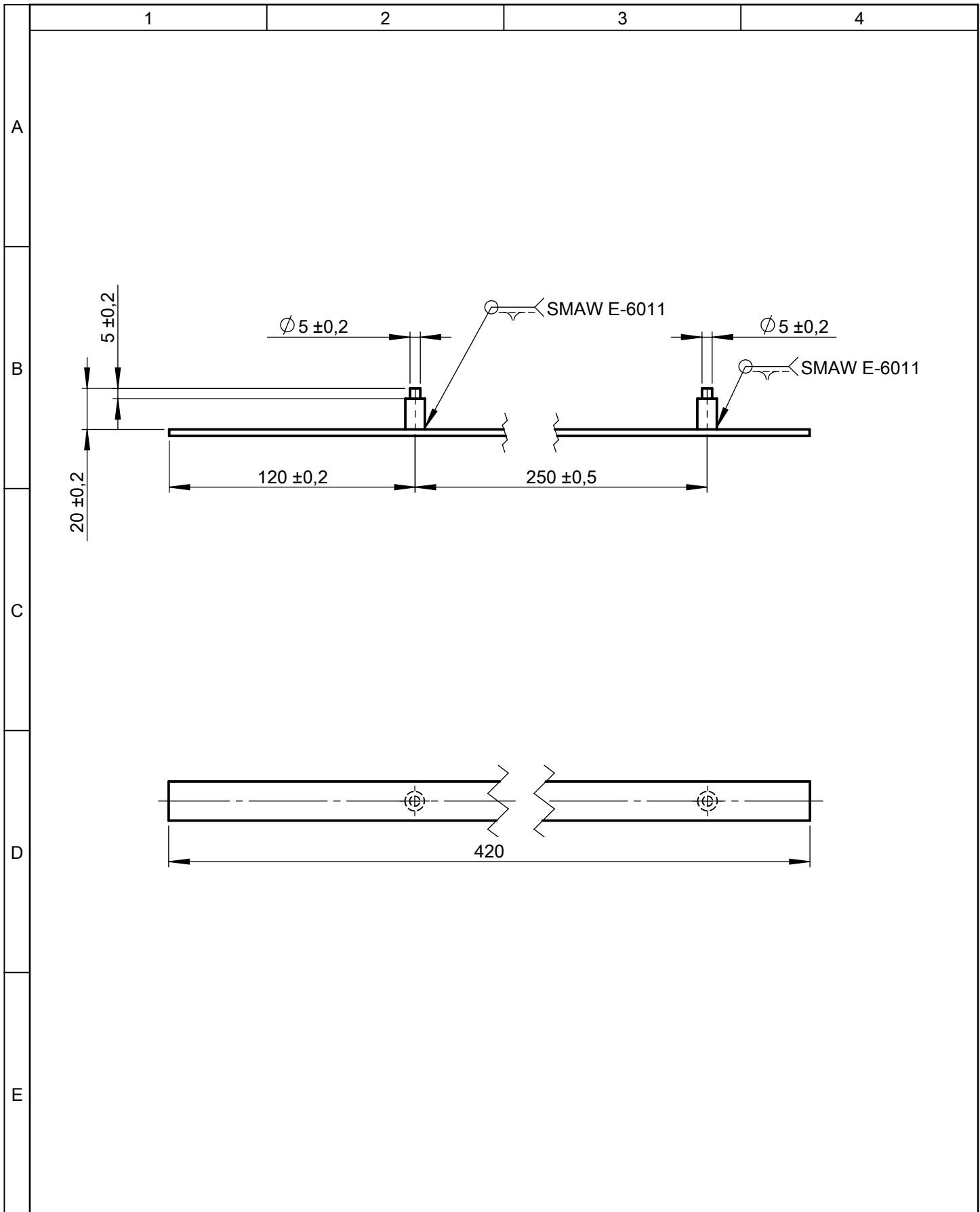


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 PLATINA (PLT 3/4 pulg. x 1/8 pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.402 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>GUÍAS REGULABLES</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 50	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

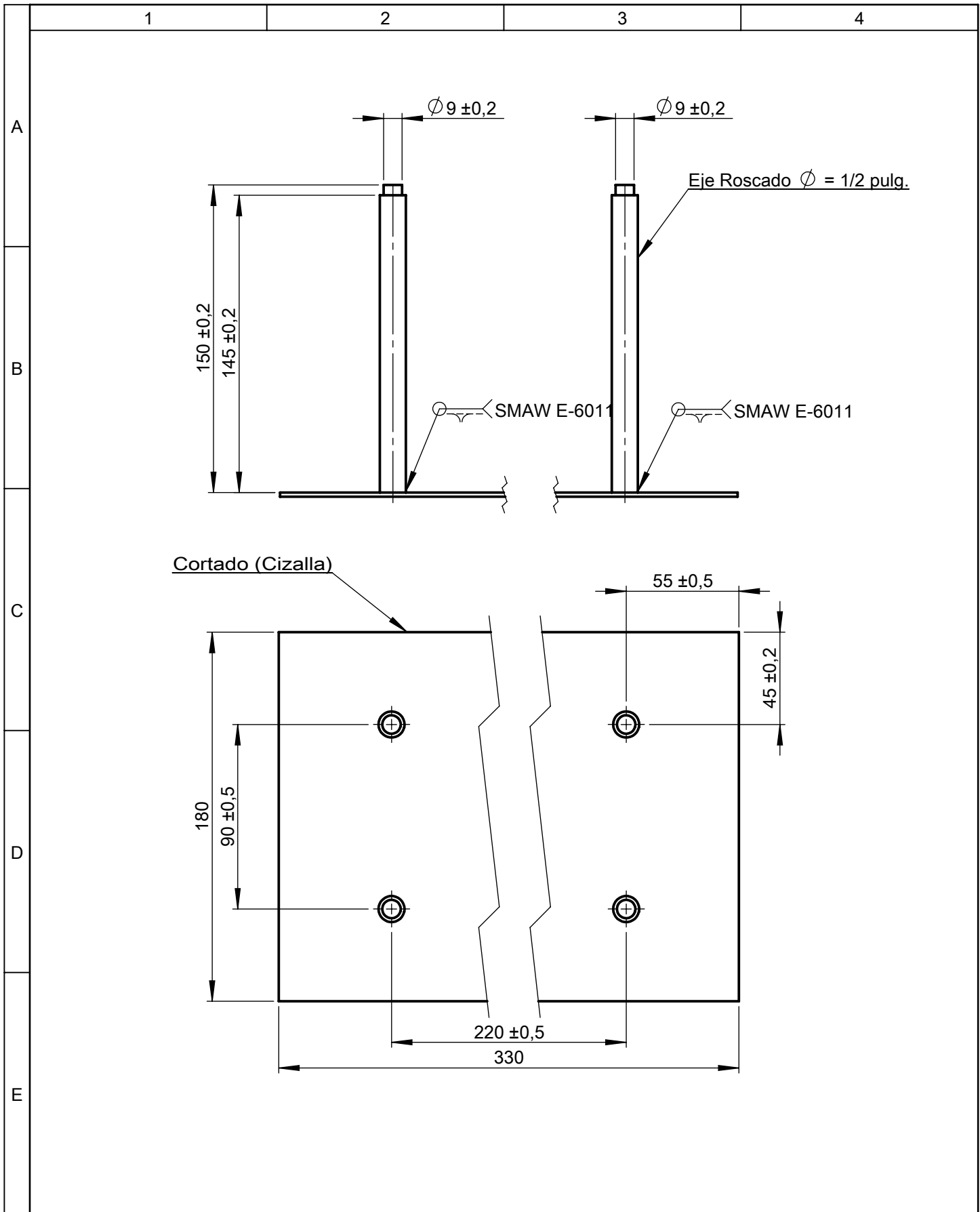


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 PLATINA (PLT 3/4 pulg. x 1/8 pulg.)	
				±0,5	0.109 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>SOPORTES GUIAS</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 51	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

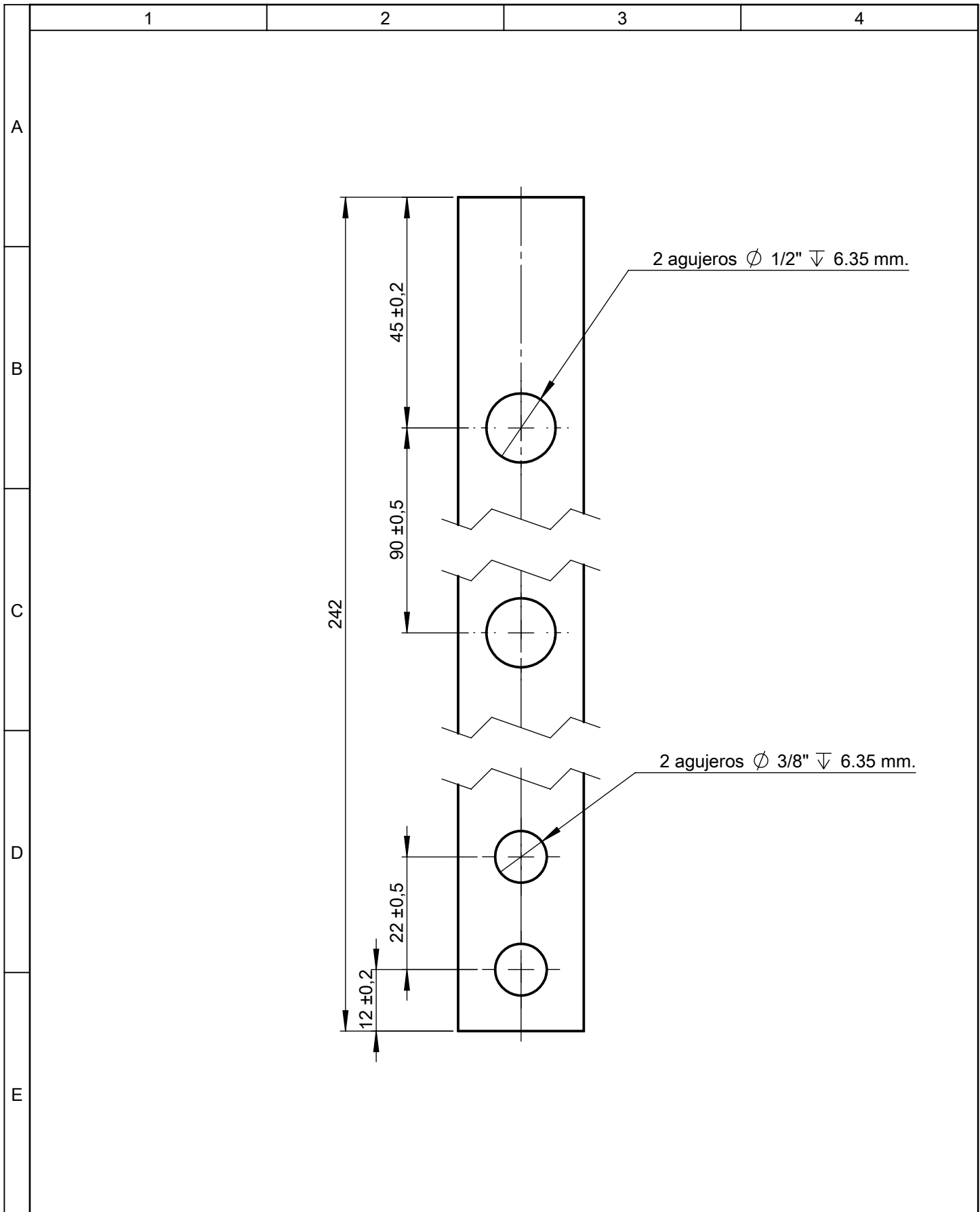




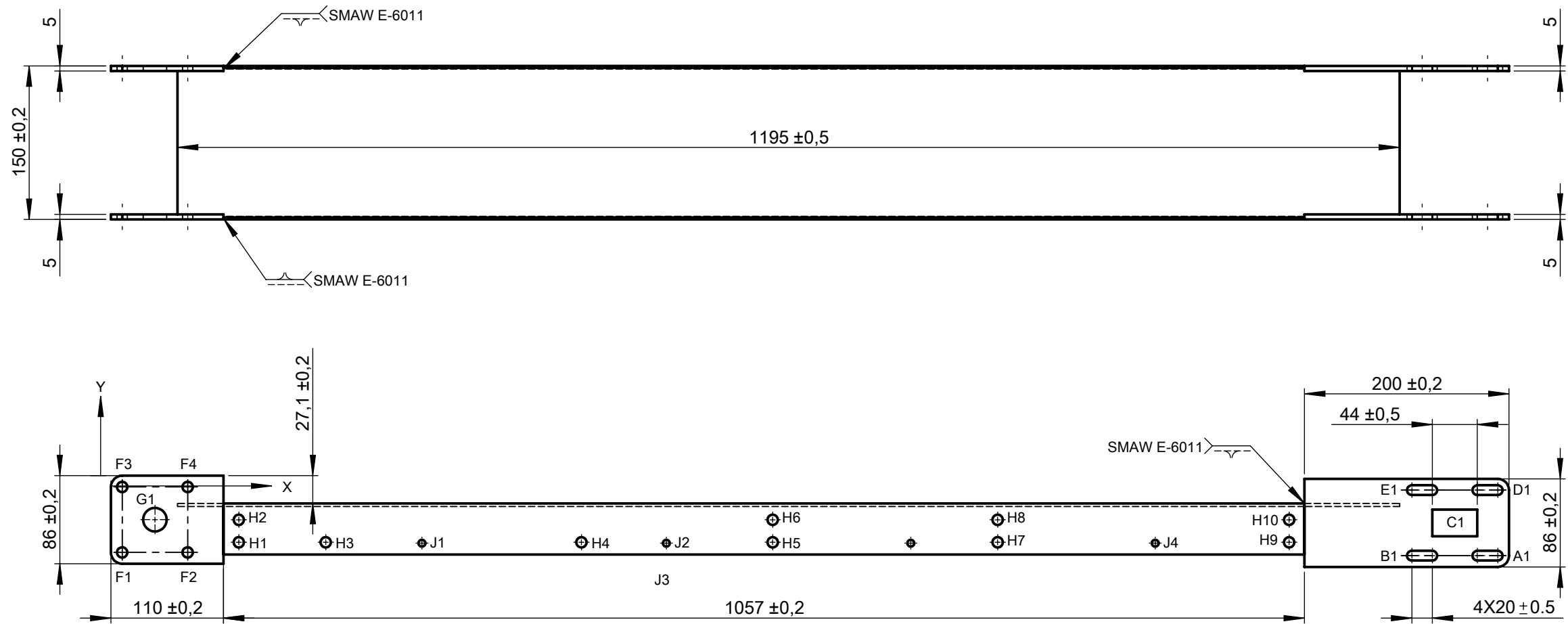
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 PLATINA (PLT 3/4 pulg. x 1/8 pulg.)	
				±0,5	0.256 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	1:2.5
				UTA		Número del dibujo: 52	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A-36 (Plancha de 2 mm. de espesor)	
				±0,5	1.519 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	<h1 style="text-align: center;">ALMOHADA</h1>	1:5
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 53	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

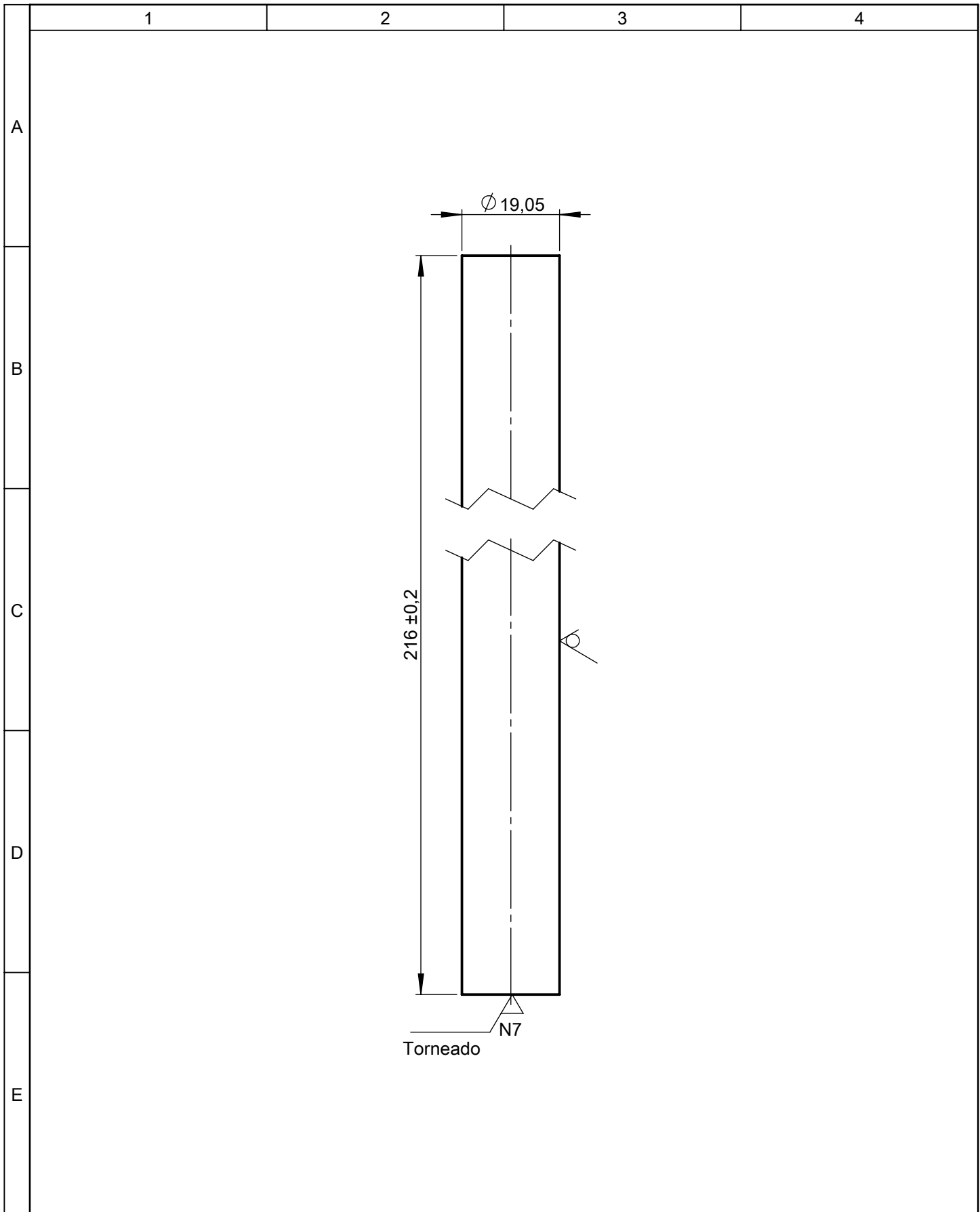


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A-36 (Platina 1 pulg. x 1/4 pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.258 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>SOPORTE ALMOHADA</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 54	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

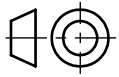


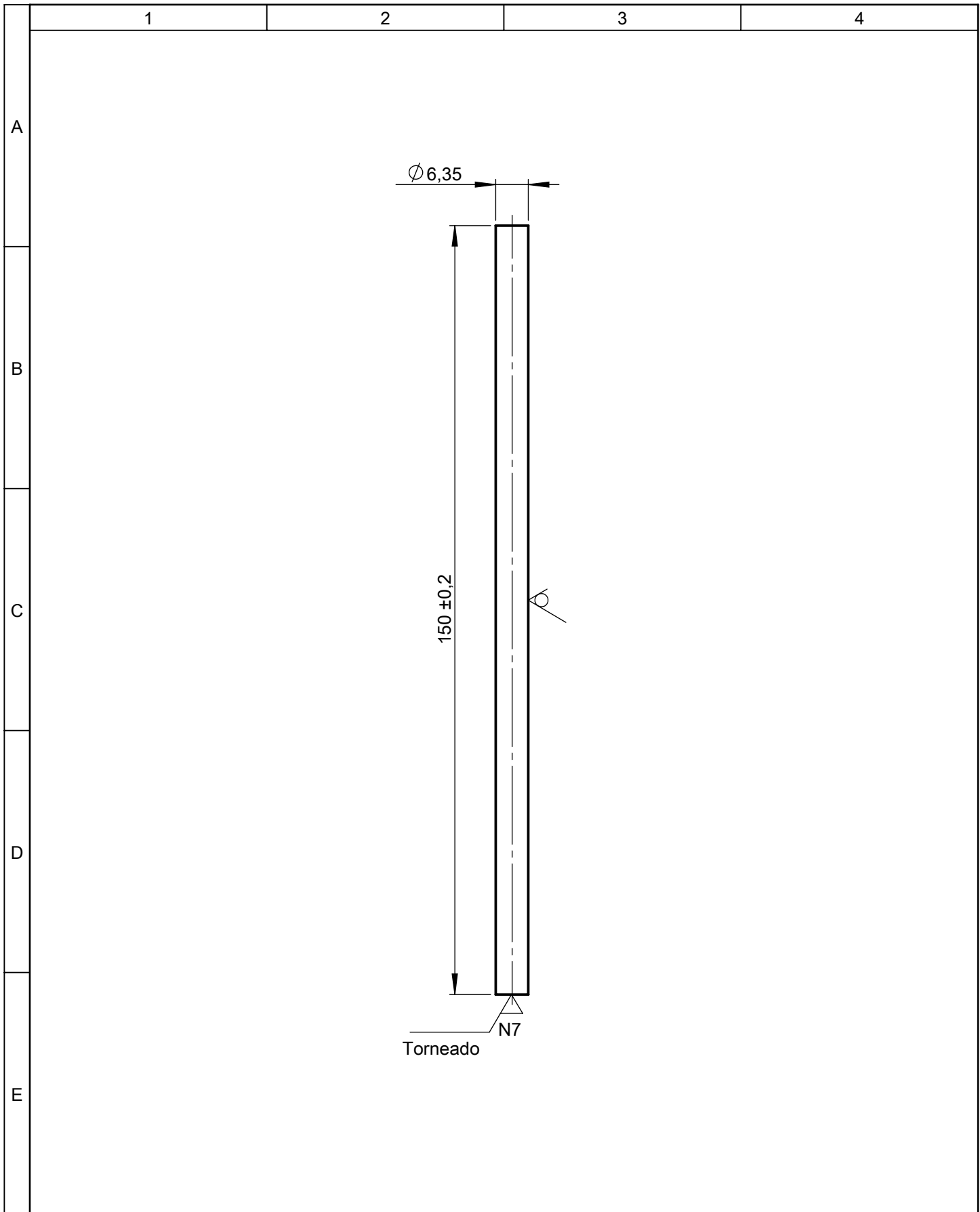
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	1346	-78.15	∅ 10.08 ∇ 5
B1	1282	-78.15	∅ 10.08 ∇ 5
C1	1314	-46.15	∅ 10.08 ∇ 5
D1	1346	-14.15	∅ 10.08 ∇ 5
E1	1282	-14.15	∅ 10.08 ∇ 5
F1	11	-75	∅ 10.08 ∇ 5
F2	75	-75	∅ 10.08 ∇ 5
F3	11	-11	∅ 10.08 ∇ 5
F4	75	-11	∅ 10.08 ∇ 5
G1	43	-43	∅ 23.02 ∇ 5
H1	125	-65.10	∅ 10.08 ∇ 3
H2	125	-43.10	∅ 10.08 ∇ 3
H3	210	-65.10	∅ 10.08 ∇ 3
H4	460	-65.10	∅ 10.08 ∇ 3
H5	647	-65.10	∅ 10.08 ∇ 3
H6	647	-43.10	∅ 10.08 ∇ 3
H7	867	-65.10	∅ 10.08 ∇ 3
H8	867	-43.10	∅ 10.08 ∇ 3
H9	1152	-65.10	∅ 10.08 ∇ 3
H10	1152	-43.10	∅ 10.08 ∇ 3
J1	304	-65.99	∅ 6.76 ∇ 3
J2	543	-65.99	∅ 6.76 ∇ 3
J3	782	-65.99	∅ 6.76 ∇ 3
J4	1021	-65.99	∅ 6.76 ∇ 3

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: PERFIL ESTRUCTURAL CANAL "U" (150 x 50 x 3)	
				±0,5	8.332 Kg		
					Fecha	Nombre	Denominación: <b>VIGA PRINCIPAL</b>
				Dib.	20/05/13	Criollo F.	
				Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:5
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 55	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

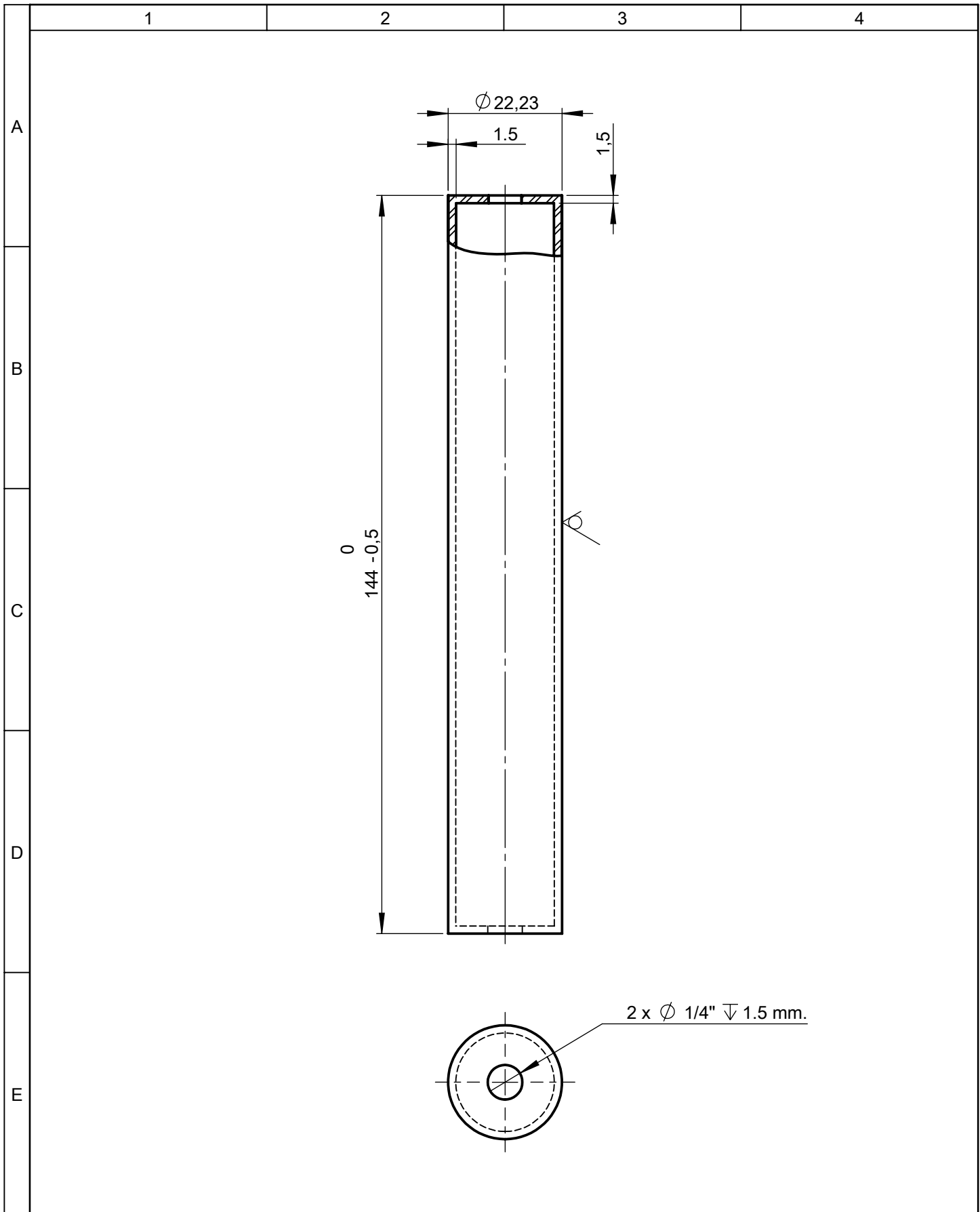


					Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE = 3/4 pulg.)		
					±0,2	0.484 Kg			
					Fecha	Nombre	Denominación: <b>EJE IMPULSADO (BANDA TRANSPORTADORA)</b>		Escala:
				Dib.	20/05/13	Criollo F.			1:1
				Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.			
					Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 56	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			(Sustitución)		





				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE = 1/4 pulg.)	
				$\pm 0,2$	0.037 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	<b>EJE GUIA</b>	1:1
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 57	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: TUBO ESTRUCTURAL REDONDO ASTM A-36 ( $\phi = 7/8$ pulg. e= 1.5 mm)	
				$\pm 0,5$	0.116 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODILLOS GUÍAS</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 58	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

A

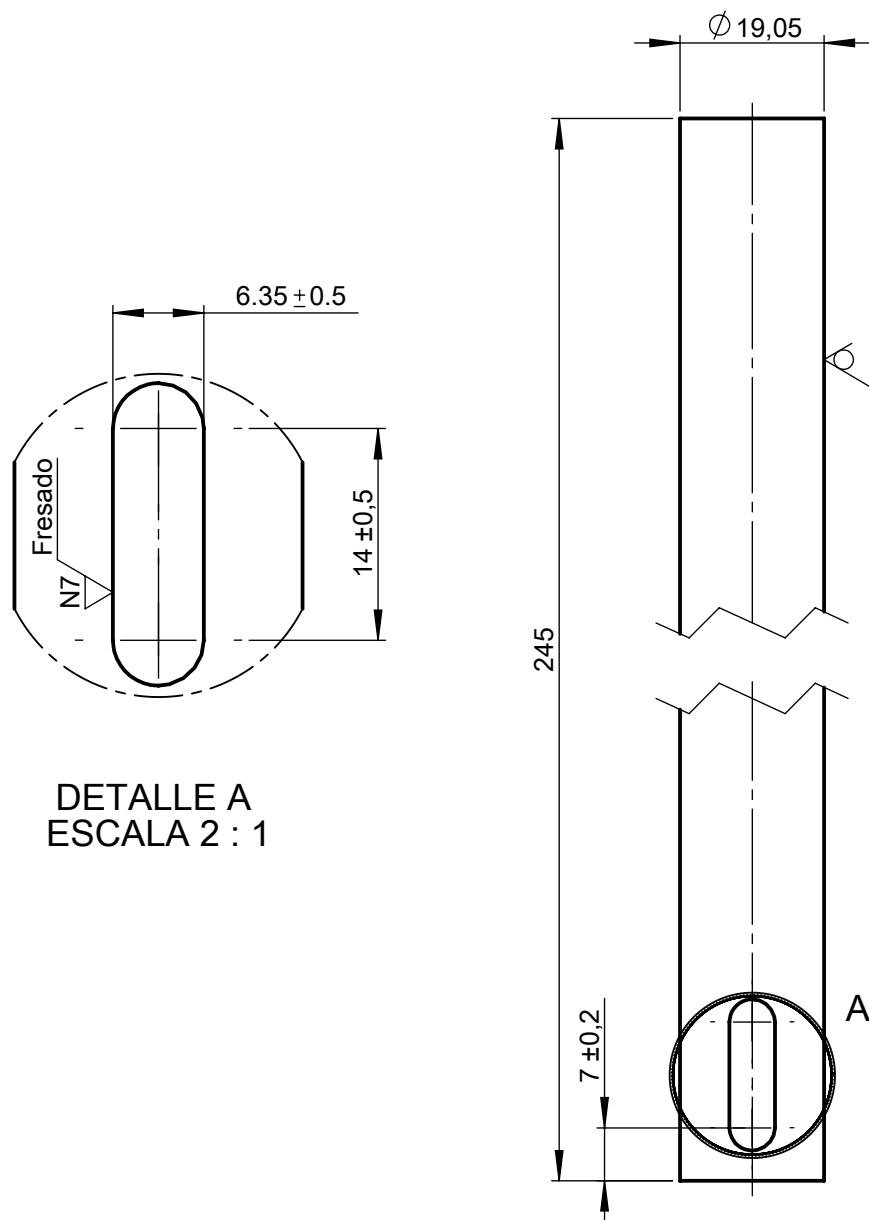
N7 Torneado

B

C

D

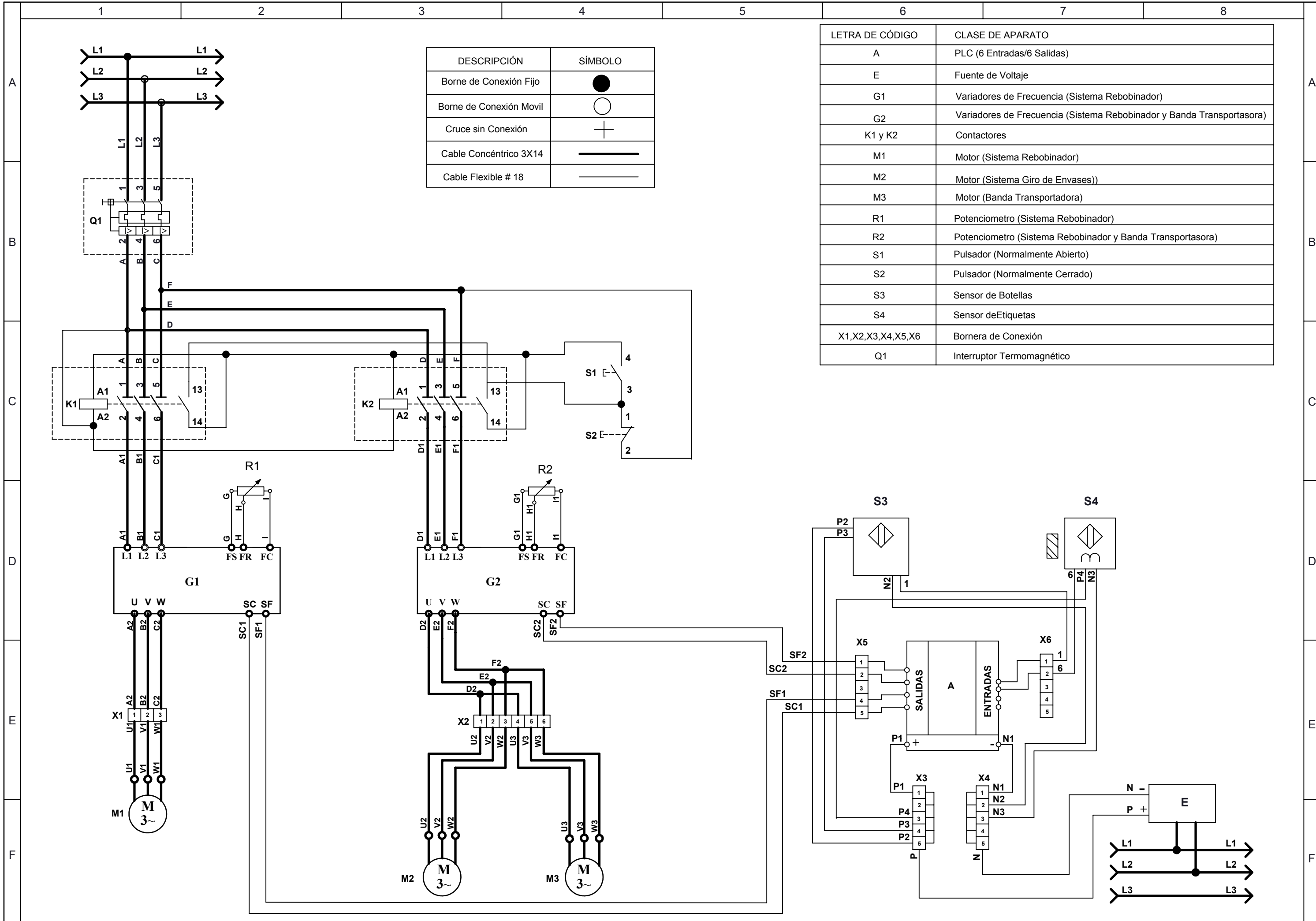
E



DETALLE A  
ESCALA 2 : 1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE = 3/4 pulg.)	
				$\pm 0,5$	0.547 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>EJE MOTRIZ (BANDA TRANSPORTADORA)</b>	Escala: 1:1
			Dib.	20/05/13	Criollo F.		
			Rev.	20/05/13	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	20/05/13	Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 59	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
Borne de Conexión Fijo	●
Borne de Conexión Movil	○
Cruce sin Conexión	+
Cable Concéntrico 3X14	—
Cable Flexible # 18	—

LETRA DE CÓDIGO	CLASE DE APARATO
A	PLC (6 Entradas/6 Salidas)
E	Fuente de Voltaje
G1	Variadores de Frecuencia (Sistema Rebobinador)
G2	Variadores de Frecuencia (Sistema Rebobinador y Banda Transportadora)
K1 y K2	Contactores
M1	Motor (Sistema Rebobinador)
M2	Motor (Sistema Giro de Envases)
M3	Motor (Banda Transportadora)
R1	Potenciómetro (Sistema Rebobinador)
R2	Potenciómetro (Sistema Rebobinador y Banda Transportadora)
S1	Pulsador (Normalmente Abierto)
S2	Pulsador (Normalmente Cerrado)
S3	Sensor de Botellas
S4	Sensor de Etiquetas
X1, X2, X3, X4, X5, X6	Bornera de Conexión
Q1	Interruptor Termomagnético