

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



**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Trabajo estructurado de manera independiente

Previo la obtención del título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE SISTEMAS DE PULIDO DE PROBETAS METALGRÁFICAS Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE PULIDO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**

---

**AUTOR: Christian Renato Merino Freire**

**TUTOR: Ing. Mg Segundo Espín**

**Ambato - Ecuador**

**2014**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor del trabajo investigativo **“ESTUDIO DE SISTEMAS DE PULIDO DE PROBETAS METALGRÁFICAS Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE PULIDO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**, desarrollado por el Sr. Christian Renato Merino Freire egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el consejo.

Ambato, Abril del 2014

**EL TUTOR**

---

**Ing. Mg Segundo Espín**

## **AUTORÍA**

Yo, Cristian Renato Merino Freire con C.I. 1803324381 declaro que los resultados obtenidos y expuestos en el presente trabajo de investigación con el tema investigativo **“ESTUDIO DE SISTEMAS DE PULIDO DE PROBETAS METALOGRAFICAS Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE PULIDO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**, son absolutamente de mi autoría; a excepción de las referencias bibliográficas que se incluyen en este texto.

Que los criterios emitidos en el trabajo de investigación así como también los contenidos de tablas, conclusiones, recomendaciones son auténticos y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente trabajo.

Ambato, Abril del 2014

## **EL AUTOR**

---

**Christian Renato Merino Freire**

**C.I. 1803324381**

## **DEDICATORIA**

La reciente investigación está dedicada a mis hijos Pablo y Benjamín, ya que son parte importante de mi vida, siendo el regalo más grande que Dios me regaló y que son la inspiración de mí vivir.

A mí querida esposa Beatriz por el espacio y el apoyo total entregado para concluir este trabajo de investigación.

A mi familia por su incesante ayuda en todo momento.

Y con sentimiento especial a un ser maravilloso, mi querido padre Pedro Alberto Merino, por ser padre y madre a la vez, que siempre confió y está conmigo apoyándome absolutamente en todo momento.

Christian

## **AGRADECIMIENTO**

A dios quien me dio la existencia y sabiduría para seguir adelante a pesar de los tropezones que se presentaron mientras seguía con mi formación como profesional.

A mis queridos padres por haberme dado todo el apoyo entregado en el camino de mi vida.

A la Universidad Técnica de Ambato principalmente a la Carrera de Ingeniería Mecánica por ofrecerme la oportunidad de instruirme en sus salones.

Al Ing. Mg Segundo Espín, por su acertada orientación en este proyecto de Investigación

A mis profesores quienes me compartieron sus conocimientos con dedicación.

Y finalmente, muy importantes en mi vida a mi esposa e hijos, un dios le pague por el esfuerzo y sacrificio entregado para que pueda desarrollar uno más de mis planes propuestos en mi vida.

Christian

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### PAGINAS 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
ÍDICE DE FIGURAS Y ANEXOS.....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO.....	xxii

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis Crítico.....	2
1.2.3 Prognosis.....	3
1.2.4 Formulación del Problema.....	3
1.2.5 Preguntas Directrices.....	3
1.2.6 Delimitación del problema.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Investigación.....	6
2.2 Fundamentación Filosófica.....	7
2.3 Fundamentación Legal.....	7
2.4 Red de Categorías Fundamentales.....	8
2.4.1 Gráfico de inclusión interrelacionados.....	8
2.4.2 Metalografía.....	10
2.4.3 Proceso de pulido Metalográfico.....	11
2.4.4 Pasos a seguir para alcanzar una muestra Metalográfica.....	12
2.4.4.1 Selección de muestras.....	13
2.4.4.2 Corte.....	13
2.4.4.3 Montaje.....	14
2.4.4.3.1 Montajes Fusibles.....	15
2.4.4.3.2 Montaje plásticos.....	15
2.4.4.3.3 Plásticos Termoendurecibles.....	15
2.4.4.3.4 Termoplásticas.....	16
2.4.5 Pulido Manual.....	16
2.4.5.1 Desbaste en bruto.....	16
2.4.5.2 Desbaste Suave.....	17
2.4.5.3 Pulido Grosero.....	18
2.4.5.3.1 Pulido con Diamante.....	18
2.4.5.4 Pulido Delicado.....	19
2.4.5.4.1 Oxido de Aluminio.....	20
2.4.6 Embate con reactivo Químico.....	21
2.4.7 Observación con el Microscópico.....	21
2.4.8 Tipos de pulido para una muestra Metalográfica.....	22

2.4.8.1 Pulido Mecánico.....	22
2.4.8.1.1 Pulido Mecánico con Diamante.....	22
2.4.8.1.2 Pulido Mecánico con Óxidos.....	23
2.4.8.2 Pulido Electrolítico.....	23
2.4.8.2.1 Fundamento y Equipo.....	24
2.4.9 Estudio del sistema de acenso y descenso de probetas.....	25
2.4.9.1 Tipos de sistemas de acenso y descenso.....	25
2.4.9.1.1 Sistema Hidráulico.....	25
2.4.9.1.2 Sistema Neumático.....	25
2.4.9.1.3 Sistema de apoyo mecánico.....	26
2.4.9.2 Características de los sistemas de acenso y descenso.....	26
2.4.9.2.1 Hidráulico.....	26
2.4.9.2.2 Apoyo mecánico.....	26
2.4.10 Estudio del sistema de rotación del disco.....	27
2.4.10.1 Tipos de rotación.....	27
2.4.10.2 Rotación por engranes y bandas.....	27
2.4.10.3 Rotación por mesa y motor.....	28
2.4.10.4 Rotación con leva.....	28
2.4.10.5 Características de los sistemas de Rotación.....	29
2.4.10.6 Rotación con engranajes.....	29
2.10.3.6 Rotación con mesa y motor.....	29
2.10.3.7 Rotación con una leva.....	29
2.4.11 Estudio del sistema de refrigeración para el pulido.....	29
2.4.11.1 Tipos de refrigeración.....	29
2.4.11.1.1 Refrigeración continua.....	29
2.4.11.1.2 Refrigeración con retorno.....	30
2.4.11.1.3 Refrigeración manual.....	30
2.3.11.1.4 Características de los sistemas de refrigeración.....	31
2.3.11.1.5 Continua.....	31



2.3.11.1.6 Con retorno.....	31
2.3.11.1.7 Manual.....	31
2.4.12 Estudio del sistema porta probetas.....	31
2.4.12.1 Sistemas de porta probetas.....	31
2.4.12.1.1 Porta probetas con entenallas.....	32
2.4.12.1.2 Porta probetas con camisas y prisioneros.....	32
2.4.12.1.3 Características del sistemas porta probetas.....	33
2.4.12.1.4 Porta probetas con entenallas.....	33
2.4.12.1.5 Porta probetas con camisa y prisioneros.....	33
2.5 Hipótesis.....	34
2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	34
2.6.1 Variables.....	34
2.6.1.1 Variable Independiente.....	34
2.6.1.2 Variable Dependiente.....	34

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

3.1 Enfoque.....	35
3.2 Modalidad básica de la Investigación.....	35
3.2.1 Investigación Bibliográfica.....	35
3.2.2 Investigación de Campo.....	35
3.3 Tipos de investigación.....	36
3.3.1 Investigación Descriptiva.....	36
3.3.2 Investigación Explicativa.....	36
3.3.3 Investigación Correlacional.....	36
3.4 Población y muestra.....	36
3.4.1 Población.....	35

3.4.2 Muestra.....	36
3.5 Operacionalización de variables.....	37
3.5.1 Variable Independiente.....	37
3.5.2 Variable Dependiente.....	38
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	39
3.6.1 Recolección de Información.....	39
3.7 Procesamiento y Análisis de la Información.....	39
3.7.1 Plan de procesamiento de la información.....	39
3.7.2 Análisis e interpretación de resultados.....	39

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1 Proceso de análisis de los resultados.....	40
4.2 Presentación de los resultados.....	41
4.3 Interpretación de los resultados.....	50
4.3.1 Resultado entre microfotografías del pulido mecánico.....	51
4.3.2 Interpretación de datos.....	53
4.4 Verificación de la hipótesis.....	54

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones.....	58
5.2 Recomendaciones.....	59

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

6.1 Datos informativos.....	60
6.2 Antecedentes de la Propuesta.....	61
6.3 Justificación.....	61
6.4 Objetivos.....	62
6.4.1 Objetivo General.....	62
6.4.2 Objetivos Específicos.....	62
6.5 Análisis de Factibilidad.....	63
6.6 Fundamentación.....	63
6.6.1 Parámetros del Diseño.....	63
6.6.2 Dimensión de las probetas.....	64
6.6.3 Presión de Pulido.....	64
6.6.3.1 Cálculo de la Constante K del resorte.....	65
6.6.4 Cálculo de Inercias.....	67
6.6.5 Cálculo de la velocidad angular.....	71
6.6.6 Cálculo de la aceleración angular.....	72
6.6.7 Cálculo de torques.....	72
6.6.8 Cálculo de la potencia requerida.....	73
6.6.9 Potencia del motor.....	74
6.6.10 Selección de la banda.....	74
6.6.10.1 Orientación de las tensiones del sistema de transmisión.....	78
6.6.11 Cálculo del momento torsor.....	79
6.6.12 Diseño del eje principal.....	80
6.6.12.1 Diseño por Resistencia estática.....	84
6.6.12.2 Diseño por Resistencia dinámica.....	86
6.6.13 Diseño del soporte del eje principal.....	87
6.6.13.1 Diseño estático.....	92

6.6.14 Selección de rodamientos.....	92
6.6.15 Diseño de las bases de fijación para el tanque recolector de refrigerante.....	95
6.6.16 Diseño de la base de sujeción del eje disco porta muestra.....	98
6.6.16.1 Diseño estático.....	101
6.6.17 Diseño del resorte.....	101
6.7 Metodología.....	105
6.7.1 Construcción de la estructura de la máquina.....	105
6.7.2 Eje del disco porta paño.....	106
6.7.3 Soporte del eje disco porta paño.....	107
6.7.4 Eje del disco porta muestra.....	107
6.7.5 Recolector de refrigerante.....	108
6.7.6 Disco porta paño y porta probetas.....	108
6.7.7 Base del motor.....	109
6.7.8 Fijación del recolector de refrigerante.....	110
6.7.9 Sistema de refrigeración de probetas.....	110
6.7.10 Sistema de control.....	111
6.7.11 Carcasa de protección.....	111
6.7.12 Instrumentos y equipos utilizados.....	112
6.8 Administración.....	112
6.8.1 Análisis de costos.....	112
6.8.2 Financiamiento.....	115
6.9 Previsión de la Investigación.....	116
6.9.1 Recomendación para la operación de la máquina.....	116
6.9.2 Mantenimiento.....	116
6.9.4 Recomendaciones de seguridad.....	118
6.9.5 Conclusiones.....	118
6.9.6 Recomendaciones.....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> Red de Categorías Fundamentales.....	8
<b>Figura 2.2</b> Discos de corte para probetas de material.....	14
<b>Figura 2.3</b> Materiales especiales para el montaje de probetas.....	15
<b>Figura 2.4</b> Plásticos sintéticos para el montaje de probetas.....	15
<b>Figura 2.5</b> Ataque de una probeta con el químico adecuado.....	20
<b>Figura 2.6</b> Microscopio electrónico para el análisis de probetas metalográficas.....	21
<b>Figura 2.7</b> Esquema de un sistema de movimiento hidráulico.....	22
<b>Figura 2.8</b> Insumos para pulido con óxidos.....	23
<b>Figura 2.9</b> Pulidoras electrolíticas portátiles.....	24
<b>Figura 2.10</b> Esquema de un sistema de movimiento hidráulico.....	25
<b>Figura 2.11</b> Sistema de movimiento neumático.....	25
<b>Figura 2.12</b> Sistema de movimiento mediante brazo mecánico.....	26
<b>Figura 2.13</b> Rajaduras puntuales.....	27
<b>Figura 2.14</b> Rajaduras puntuales Concéntricas.....	27
<b>Figura 2.15</b> Sistema de movimiento mediante engranes.....	27
<b>Figura 2.16</b> De mesa y motor con todas sus partes.....	28
<b>Figura 2.17</b> Sistema de movimiento por leva.....	28
<b>Figura 2.18</b> Sistema de refrigeración constante.....	30
<b>Figura 2.19</b> Esquema del sistema de refrigeración recirculante.....	30
<b>Figura 2.20</b> Sistema de porta probetas por medio de entenallas.....	32
<b>Figura 2.21</b> Esquema del sistema de porta probetas por medio de mariposas.....	33
<b>Figura. 6.1</b> Diagrama de cuerpo libre del resorte.....	65
<b>Figura. 6.2</b> Masa utilizada para medir la fuerza .....	65
<b>Figura. 6.3</b> Variación de la masa.....	66
<b>Figura. 6.4</b> Polea del eje principal.....	66
<b>Figura. 6.5</b> Eje Principal.....	69
<b>Figura. 6.6</b> Disco porta paño.....	70
<b>Figura. 6.7</b> Rodela base disco porta paño.....	71

<b>Figura. 6.8</b> Orientación de tensiones.....	78
<b>Figura. 6.9</b> Diagrama de cuerpo libre ángulo de contacto.....	79
<b>Figura. 6.10</b> Diagrama de cuerpo libre de la polea del eje.....	79
<b>Figura. 6.11</b> Eje principal.....	80
<b>Figura. 6.12</b> Tenciones generadas por el sistema de transmisión.....	80
<b>Figura. 6.13</b> Eje principal plano (x-y).....	81
<b>Figura. 6.14</b> Diagrama de cuerpo libre Eje Principal plano (x-y).....	81
<b>Figura. 6.15</b> Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Principal (x-y).....	82
<b>Figura. 6.16</b> Diagrama de Momento Flector del Eje Principal (x-y).....	82
<b>Figura. 6.17</b> Eje principal plano (x-z).....	83
<b>Figura. 6.18</b> Diagrama de cuerpo libre Eje principal plano (x-z).....	83
<b>Figura. 6.19</b> Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Principal (x-z).....	84
<b>Figura. 6.20</b> Diagrama de Momento Flector del Eje Principal (x-z).....	84
<b>Figura. 6.21</b> Soporte Eje principal.....	88
<b>Figura. 6.22</b> Diagrama de cuerpo libre Soporte Eje principal plano (x-y).....	89
<b>Figura. 6.23</b> Diagrama de Fuerza Cortante del Soporte Eje Principal (x-y).....	89
<b>Figura. 6.24</b> Diagrama de Momento Flector del Eje Principal (x-y).....	90
<b>Figura. 6.25</b> Diagrama de cuerpo del soporte Eje principal plano (x-z).....	90
<b>Figura. 6.26</b> Diagrama de Fuerza Cortante del Soporte Eje Principal (x-z).....	91
<b>Figura. 6.27</b> Diagrama de Momento Flector del Soporte Eje Principal (x-z).....	91
<b>Figura. 6.28</b> Eje principal Selección de rodamientos.....	93
<b>Figura. 6.29</b> PL de sujeción del recolector de refrigerante.....	96
<b>Figura. 6.30</b> Diagrama de cuerpo libre PL de sujeción recolector de refrigerante.....	96
<b>Figura. 6.31</b> Diagrama de cuerpo libre PL de sujeción recolector de refrigerante 1.....	96
<b>Figura. 6.32</b> Diagrama de cuerpo libre PL de sujeción recolector de refrigerante 2.....	97
<b>Figura. 6.33</b> Diagrama de Fuerza Cortante PL de sujeción recolector de refrigerante...	97
<b>Figura. 6.34</b> Diagrama de Momento Flector PL de sujeción recolector de refrigerante...	97
<b>Figura. 6.35</b> Soporte eje disco porta muestra.....	99
<b>Figura. 6.36</b> Diagrama de cuerpo libre Soporte eje disco porta muestra.....	99
<b>Figura. 6.37</b> Diagrama de Fuerza Cortante Soporte eje disco porta muestra.....	100

<b>Figura. 6.38</b> Diagrama de Momento Flector Soporte eje disco porta muestra.....	100
<b>Figura. 6.39</b> Resorte eje disco porta muestra.....	102
<b>Figura. 6.40</b> Esquema del sistema de pulido de probetas metalográficas.....	104
<b>Figura. 6.41</b> Construcción de la estructura.....	106
<b>Figura. 6.42</b> Construcción del eje disco porta paño.....	106
<b>Figura. 6.43</b> Construcción de base de sujeción del eje principal.....	107
<b>Figura. 6.44</b> Construcción del eje porta muestra.....	107
<b>Figura. 6.45</b> Construcción del recolector de refrigerante.....	108
<b>Figura. 6.46</b> Construcción del disco porta paño y muestra.....	109
<b>Figura. 6.47</b> Construcción de la base del motor.....	109
<b>Figura. 6.48</b> Bases de Fijación tanque recolector.....	110
<b>Figura. 6.49</b> Sistema de refrigeración.....	110
<b>Figura. 6.50</b> Circuito de Control.....	111
<b>Figura. 6.51</b> Sistema eléctrico de control.....	111
<b>Figura. 6.52</b> Carcasa.....	112
<b>Figura. 6.53</b> Recomendaciones de seguridad.....	118

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Normas NTE, aplicadas en la investigación.....	7
<b>Tabla 2.2</b> Trabajos realizados en el Laboratorio de Materiales FICM.....	8
<b>Tabla 2.3</b> Tabla periódica de los elementos.....	10
<b>Tabla 2.4</b> Tabla de los reactivos más utilizados para distintos metales.....	21
<b>Tabla 4.1</b> Datos obtenidos de las pruebas realizadas con los sistemas de pulido.....	56
<b>Tabla 4.2</b> Resumen y determinación del Chi Cuadrado ( $X^2$ ).....	56
<b>Tabla 6.1</b> Datos Generales de la propuesta.....	57
<b>Tabla 6.2</b> Datos obtenidos experimentalmente.....	66
<b>Tabla 6.3</b> Costos de materiales Mecánicos.....	113
<b>Tabla 6.4</b> Costos de mano de obra.....	115
<b>Tabla 6.5.</b> Costo Total.....	115

## ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Preparación de muestras.....	
<b>Anexo 2:</b> Preparación de muestras y plano inclinado.....	123
<b>Anexo 3:</b> Tabla Chi Cuadrado.....	124
<b>Anexo A:</b> Diseño Mecánico.....	125
<b>Anexo B:</b> Fotos.....	133
<b>Anexo C:</b> Formatos para la realización de ensayos metalográficos.....	135
<b>Anexo D:</b> Planos de la máquina Pulidora.....	137

## MATERIAL DE REFERENCIA

<b>Bibliografía</b> .....	120
---------------------------	-----



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

**TEMA:** “ESTUDIO DE SISTEMAS DE PULIDO DE PROBETAS METALGRÁFICAS Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE PULIDO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”

**AUTOR:** Christian Renato Merino Freire

**TUTOR:** Ing. Mg Segundo Espín

**FECHA:** Abril del 2014

**RESUMEN**

El actual trabajo muestra la investigación realizada al proceso de pulido de probetas metalográficas en el Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica, orientado principalmente al acabado que se da a una probeta, como es el caso de la calidad del pulido previo al análisis metalográfico.

Para desarrollar esta investigación se utilizó técnicas e instrumentos, aplicando métodos para la recolección de información de los diferentes sistemas de pulido, tales como fichas de observación, hojas de campo y cuaderno de notas, llegando a soluciones como son: realizar simultáneamente el pulido de **4 probetas**, aportando al desarrollo de prácticas de laboratorio de materiales disminuyendo tiempos de prácticas metalográficas.

Como parte favorecida se encuentra la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Mecánica, especialmente los estudiantes de esta, ya que contarán con un equipo nuevo para realizar prácticas de materiales, en las que intervenga el proceso de pulido de probetas metalográficas.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

“ESTUDIO DE SISTEMAS DE PULIDO DE PROBETAS METALOGRAFICAS Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE PULIDO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”

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

##### **1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN**

Desde tiempos atrás, la metalografía ha sido una verdadera herramienta en el desarrollo de la humanidad, ha contribuido al avance tecnológico a nivel mundial y ha hecho posible el desarrollo de nuevos materiales, además de ser de gran utilidad para el análisis de falla de los materiales.

Actualmente la producción de nuestro medio, se encuentra en crecimiento y busca apoyo de establecimientos educativos y centros de investigación, el Laboratorio de Metalografía de la Escuela Politécnica Nacional da una valiosa ayuda al sector productivo, por la cual, el mismo requiere un mejor equipamiento para poder mejorar su servicio y entregar de mejor manera el conocimiento en sus instalaciones, además la elaboración de probetas metalográficas es una actividad básica en el análisis de las fallas que ocurren en la industria nacional.

Dentro de esta representación la Universidad Técnica de Ambato, especialmente la carrera de Ingeniería Mecánica se ha propuesto no quedarse fuera del avance

tecnológico, ya que con grandes esfuerzos ha logrado la adquisición de nuevos dispositivos y equipos para el laboratorio. Sin embargo, la carencia de mecanismos de prueba que se adapten a los requerimientos de los distintos sistemas de pulidos de probetas metalográficas existentes imposibilita una completa comprensión de los conocimientos, dejando de esta manera la teoría sin su experiencia práctica. Esta problemática de experiencia en los futuros profesionales, ocasiona la falta de respuesta a las necesidades de desarrollo de los estudiantes a nivel nacional.

Cuantiosa es la información que puede suministrar una práctica metalográfica, para ello es necesario obtener muestras que sean claras y que no presenten variaciones por su extracción o preparación.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO**

En la formación de profesionales, el conocimiento teórico-práctico es necesario emplear ya que un ensayo completa la parte teórica en cualquier área.

Esto lleva a que la carrera de Ingeniería Mecánica desarrolle un sistema que permita obtener probetas metalográficas con un pulido de calidad, en forma limpia y segura, reduciendo el tiempo empleado en prácticas y mejorando en el flujo de estudiantes practicantes, todo esto a fin de preservar equipos e instalaciones, sosteniéndose sus condiciones de fiabilidad, para obtener una mejor eficiencia de los equipos.

Por los problemas presentes en el acabado de probetas metalográficas, por el proceso de obtención de las mismas, es importante proponer un sistema de funcionamiento sencillo y efectivo, así como los accesorios necesarios para su funcionamiento óptimo, tomando en cuenta criterios y normativas recomendadas, las mismas que toman en cuenta lo siguiente:

- Seguridad en la operación
- Parámetros de diseño
- Manipulación y mantenimiento.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

La falta de un estudio de sistemas de pulido de probetas metalográficas, influye en el proceso de obtención de probetas con un acabado de calidad, afectando directamente a las prácticas de análisis metalográfico y en la obtención de resultados, para los conocimientos de los estudiantes que realizan sus prácticas, deteniendo la proporción en cuanto a lo teórico y práctico.

### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿La implementación de un sistema de pulido de probetas metalográficas podrá mejorar la calidad del pulido en el Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato?

### **1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES**

- ¿Qué procesos se utilizan en el ensayo metalográfico?
- ¿Qué tipo de sistema se puede utilizar para obtener probetas metalográficas de calidad?
- ¿Qué ventajas y desventajas presentan los sistemas de pulido de probetas?
- ¿Qué parámetros se deben tener en cuenta para obtener probetas con pulido de calidad?

### **1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.2.6.1 CONTENIDO**

La investigación se realizó con los fundamentos basadas en las áreas de:

- Ingeniería De Materiales
- Electrónica
- Diseño Mecánico

- Control y Seguridad Industrial

### **1.2.6.2 ESPACIAL**

El presente estudio se realizó en la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica ubicada en Huachi de la ciudad de Ambato, provincia del Tungurahua.

### **1.2.6.3 TEMPORAL**

La presente investigación se hizo con la información disponible. El tiempo de desarrollo de la Investigación será de Julio 2013 – Abril 2014

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica cuenta con una máquina pulidora de probetas, la cual presenta una serie de problemas operativos, aumentando notablemente el tiempo de la preparación; además que en este proceso no se controlan variables tales como: la velocidad de rotación del disco que lleva el paño y la fuerza ejercida sobre la probeta; esto puede ocasionar problemas de terminado de la misma.

El desprendimiento de partes, la pérdida de bordes de grano, y el cambio de la microestructura del material original, son algunos de los problemas ocasionados por mala preparación de la probeta lo que a su vez, da como resultado el análisis incorrectos en de la muestra.

Por los factores expuestos, se ve necesario un rediseño de la máquina, la cual nos de cómo parámetros de control y funcionamiento como es el control de la velocidad para del disco portador del paño y que se garantice la verticalidad y el control de la presión ejercida sobre la probeta y el paño, considerando importante el controlar el caudal del refrigerante que se utilizó en el sistema de pulido.

Considerando las variables expuestas se consiguió un buen acabado superficial de la probeta sin rayones, que sean planas y también se evitó la quemadura de las mismas.

Actualmente el proceso en el laboratorio se lo realiza de forma manual, siendo este deficiente y poco útil para abastecer las necesidades de los practicantes dentro del laboratorio de materiales. Realizar un estudio de sistemas de pulido metalográfico resulta muy llamativo, ya que se pretende realizar un sistema innovador y seguro, que brinde apoyo al acabado de muestras y lo principal que pueda dar como resultado un pulido de calidad en el acabado.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el estudio de sistemas de pulido de probetas metalográficas para verificar la calidad de pulido en el terminado para el laboratorio de materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el estudio de los procesos utilizados en las prácticas metalográficas.
- Determinar los tipos de sistemas de pulido de probetas metalográficas
- Definir las ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de sistemas de pulido de probetas metalográficas.
- Determinar las características de los sistemas de pulido metalográfico y seleccionar el más óptimo

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN**

Entes que cuentan con laboratorios de materiales, están la Escuela Politécnica del Ejército, esta brinda las comodidades a propios y extraños en lo concerniente a ensayos metalográficos.

El servicio de ensayo metalográfico de probetas que se puede realizar en el laboratorio de es un tanto ortodoxo puesto que los equipos con los que se trabajan son mecanismos tradicionales, lo que podría incitar a realizar estudios de mejorar este sistema con una automatización de los mismos para conseguir mejoras, lo que se puede empezar es planteando nuevos métodos que brinden soluciones a las insuficiencias encontradas en los laboratorios de la Escuela Politécnica del Ejército y así realizar un trabajo eficiente en probetas metalográficas.

En la Escuela Politécnica del Ejército, en el año 2006, se tiene que los Srs. Marcos Sebastián Paredes Proaño y David Vladimir Vivanco Salazar, plantearon el tema “Diseño de una maquina de pulido de probetas metálicas para el laboratorio de metalurgia de la Escuela Politécnica del Ejército”. Este fue diseñado para reemplazar las necesidades del laboratorio en cuanto a tecnología y a su vez facilitar el trabajo en las prácticas y en los servicios que brinda el laboratorio llegando a ser utilizados hasta la actualidad.

En la actualidad se puede encontrar muchas empresas que ofrecen máquinas similares a las utilizadas en el laboratorio de metalografía, dentro de estas máquinas tenemos: Grinder/Polisher, que realizan el acabado de forma automática. Algunas de éstas empresas son: BUEHLER, PRESI, LEITZ, ALLIED. Cada empresa presenta

diferentes modelos; teniendo en cuenta el control de parámetros como es la fuerza sobre la probeta, el tiempo de lijado, la velocidad de rotación y otras variables.

## 2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Para este estudio hemos tomado como referencia al modelo modelo crítico propositivo, ya que este nos permite conocer el problema planteado tanto en el aspecto teórico como el práctico, permitiéndose tener en cuenta las causas y efectos del problema. El estudio está orientado a proponer un sistema que nos ayude a minimizar tiempos de operación y de la misma manera nos ayude a obtener un producto (probetas) de calidad, todo esto con el fin de resolver todas las necesidades de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica, para la realización de prácticas técnicas en laboratorio de materiales.

## 2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para el presente estudio toma las siguientes referencias; donde se utilizarán las señaladas en la tabla 2.1

NTE (Norma Técnica Ecuatoriana)

INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización)

**Tabla 2.1** Normas NTE, aplicadas en la investigación

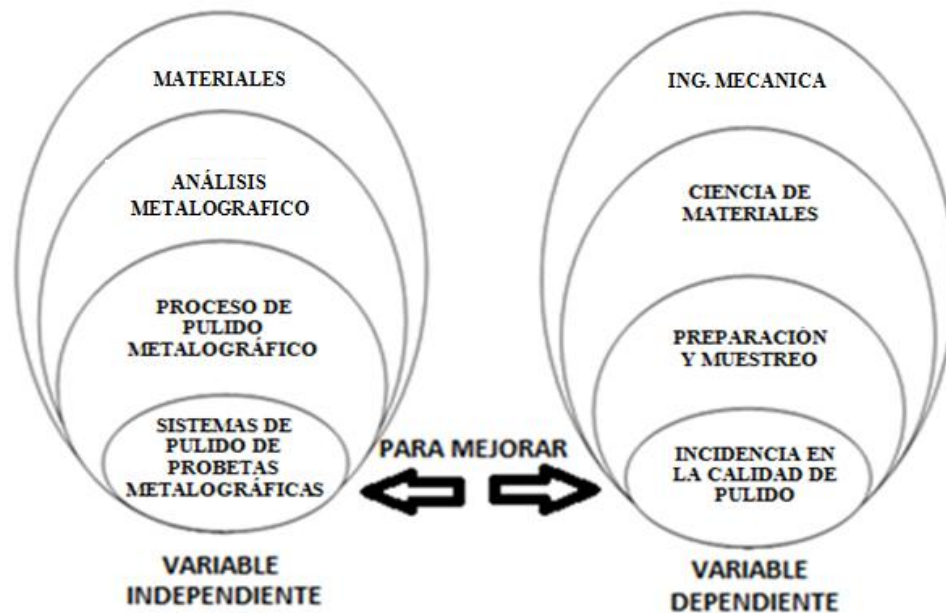
REGLA	REFERENCIA
INENE 3:89	Dibujos técnicos, mecánicos.
INEN 883:83	Terminado de zonas.
INEN 1:90	Sistema internacional de Unidades.
INEN 106:75	Aceros al carbono. Extracción y preparación de probetas
INEN 629:83	Cortadura de metales. Geometría, arranque de viruta.
INEN 40:09	Soldadura de estructuras (Aceros)
INEN 1447: 86	Reactivos para análisis. Procedimientos de pruebas.
INEN 60:76	Símbolos para esquemas eléctricos.

**Fuente:** Normas Técnicas Ecuatorianas (Año: 2011)



## 2.4 RED DE CATEGORIAS FUNDAMENTALES

### 2.4.1 GRÁFICO DE INCLUSIÓN INTERRELACIONADOS



*Figura 2.1 Red de Categorías Fundamentales*

*Fuente: Autor*

**MISCELANIA:** Como análisis preliminar al proyecto se levanto información de las prácticas que se realizan en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, las misma que detalla de la siguiente manera.

*Tabla 2.2 Trabajos realizados en el Laboratorio de materiales FICM*

Nº	PRUEBAS	PROCESOS
1	Preparación de muestras	Formas normalizadas para observación y análisis de estructura en muestras bajo el microscopio óptico, con registro fotográfico
2	Comportamiento de los materiales de uso industrial	Propiedades y características de los materiales de uso industrial esto con ensayos sencillas.
3	Tamaño y tipo de grano	Tamaño de grano en muestras metalográficas mediante los ensayos siguiente: ASTM, Obstrucción y Planimétrico

4	Demostración de propiedades notables en cuanto a las caras de su estructura.	Demostración de propiedades que presentan los materiales con pruebas sencillas, estas hacen referencia a las caras de su estructura. Descubrimiento del aspecto por fallas superficiales en Probetas no porosas.
5	Fenómeno de cristalización; Análisis y representación.	Demostración de mecanismos de solidificación en metales,
6	Endurecimiento de materiales puros	Velocidad de enfriamiento para alterar la estructura y dureza de un material
7	Soldadura por Difusión	Aplicaciones de la propagación , examinando las zonas afectadas por el calor en diferentes lugares de la soldadura
8	Soldadura por Rozamiento	Aplicaciones de distorsión, examinando partes donde el calor es influyente.
9	Cementado	Aplicaciones de la propagación, análisis de la dureza en la superficie del material.
10	Sinterizado	Aplicaciones de la propagación, a partir del polvo metálico se obtiene probetas,
11	Tenacidad por distorsión	Propagación en frío en probetas que presente estructura variable.
12	Recocido a altas temperaturas	Efecto que produce el calentamiento en probetas soldadas en las que con anticipación se ha trabajado en frío.
13	Procedimiento Térmico de Temple y revenido	Endurecimiento de los metales mediante la aplicación de calor.
14	Prueba Jominy	Procedimiento para medir la templabilidad de los aceros.
15	Reconocimiento de aceros al carbono.	Elementos que conforman los aceros al carbono, estudiando su estructura.

**Fuente:** Documentación del Laboratorio de Metalurgia FICM-UTA

## 2.4.2 METALOGRAFÍA

Es la ciencia encargada de estudiar la estructura interna de los metales y de las aleaciones para relacionarlas estas con las propiedades mecánicas. Para poder establecer las relaciones entre la composición química de los metales y aleaciones con las respectivas propiedades físicas, es necesario estudiar varios materiales separadamente, tales como los ensayos mecánicos, los tratamientos térmicos, los diagramas de equilibrio físico-químicos, las observaciones macro y microscópicas, etc. Los resultados de estos estudios se relacionan finalmente entre si y permiten deducir las conclusiones necesarias, ya sea en el campo de la investigación, en el del control de los procesos metalúrgicos o en la verificación de la calidad de los productos terminados.

*Tabla 2.3 Tabla periódica*

La tabla periódica muestra los elementos químicos organizados en grupos y períodos. Los grupos están etiquetados como IA, IIA, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA, VIIIA, IIB, IB, IIB, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA, VIIIA. Los elementos están numerados del 1 al 118. La leyenda clasifica los elementos en: No metales (amarillo), Metales alcalinotérreos (verde), Otros metales (azul), Actínidos (gris), Gases nobles (púrpura), Metales alcalinos (naranja), Metales de transición (azul oscuro), Halógenos (rojo), y Lantánidos (verde claro).

*Fuente: Enciclopedia Encarta 2005*

Tienen un uso más amplio las aleaciones, esta puede estar combinada de uno o más elementos. Por eso, éstos se emplean muy raramente en la técnica. Con las generalidades de estructura y fase<sup>1</sup> de un metal se puede de mejor manera interpretar las propiedades y aleaciones del metal.

<sup>1</sup>

PERRY, Roberth, (2001), Manual del Ingeniero Químico, Fareso. España.

1) Cuando una estructura, ya sea de un metal o de una aleación, se puede ver simple vista se la considera como macroestructura

2) Por lo contrario al ver con un microscopio la estructura de un metal o de una aleación, se la considera como microestructura.

Cuando se observa las partes aisladas de una aleación con un microscopio, se puede notar que la estructura de la misma es similar ya que conserva sus características.

Con el diagrama de hierro carbono se puede observar la estructura y fase de un metal, esto se da en condiciones de equilibrio. (Transformación perlítica y transformación martensítica.

### **2.4.3 PROCESO DE PULIDO METALOGRÁFICO**

El propósito de emplear probetas en el pulido metalográfico de probetas, es poder estudiar correctamente su estructura y composición en el microscopio. Estos estudios pueden dar amplia información sobre el material, como es el tamaño de grano; el tamaño y la repartición de fases de una aleación; la presencia de inclusiones no metálicas y de segregaciones de las muestras, en estudio puede modificar el comportamiento del material y sus propiedades.

La obtención de las probetas metalográficas, es determinante para revelar información acertada y valiosa. <sup>1</sup>

La incorrecta obtención de la probeta podría eliminar las inclusiones importantes, destruir los bordes de grano, revenir a un acero templado, lo que, en resumen, puede indicar una estructura completamente diferente a la original del material, en conclusión, esto generaría una interpretación incorrecta del material.

---

<sup>1</sup>

PERRY, Roberth, (2001), Manual del Ingeniero Químico, Fareso. España.

Es por ello que se realiza el pulido metalográfico con la finalidad de obtener una superficie tipo espejo por eliminación e impurezas de material de la probeta tratando de eliminar al mínimo la distorsión o flujo del mismo. En los procesos de pulido de la superficie, en las cuales el brillo se logra principalmente por la fluencia del metal.

El procedimiento de obtención de probetas metalográficas es que la superficie de la misma debe quedar plana, para ello se emplea papeles de esmeril de grano creciente para realizar un semipulido, y finalmente terminar con un pulido fino sobre discos que rotan en conjunto con un paño. Con esto, se puede obtener una superficie ideal para, posteriormente realizar el ataque químico y observar al microscopio.

#### **2.4.4 PASOS A SEGUIR PARA ALCANZAR UNA MUESTRA METALOGRÁFICA.**

Estos pasos consisten, en obtener primero una superficie plana y pulida, mediante el empleo de papeles de esmeril de finura de grano creciente o realizando este desbaste con discos adecuados sobre los que se deposita un abrasivo, terminando con un pulido fino y final sobre discos provistos de paños. El final de la operación es la obtención de una superficie especular que es la requerida para, después, efectuar el ataque y observar adecuadamente la estructura.

Como elemento importante que influye sobre la técnica de la elaboración de probetas es el cuidado con que se las maneja en todas las fases de operación. De igual importancia es el trabajar con limpieza, porque una partícula del esmeril o de una materia extraña puede inutilizar una probeta que sin ello estaría perfectamente pulida. A intervalos frecuentes, durante el transcurso de la preparación, tanto la probeta como las manos del laborante deben lavarse con agua y jabón. <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>

PERRY, Roberth, (2001), Manual del Ingeniero Químico, Fareso. España.

El ensayo nos da un método para preparar probetas pequeñas de acero con el fin de hacer un examen metalográfico. Los cuatro pasos que casi siempre se requieren para efectuar este tipo de prueba son: <sup>2</sup>

- 1) Corte
- 2) Montaje
- 3) Esmerilado y Pulido
- 4) Atacar con Reactivo Químico

#### **2.4.4.1 SELECCIÓN DE MUESTRAS**

Las muestras que se van a examinar y someter a un análisis metalográfico, es de vital importancia, ya que esta debe ser muy bien definida, ya que lo que persigue este análisis es identificar la falla o daño producido en cierto material.

Para tener una idea más clara de esto se debe comparar las muestras tanto del material que presenta falla como del material que se encuentra en perfectas condiciones, las muestras deben tomarse en varias direcciones porque los resultados obtenidos no pueden satisfacer las dudas e inquietudes, esto con el fin de aprovechar al máximo los datos proporcionados por el análisis metalográfico, esto es para la toma de decisiones futuras con respecto a un material.

#### **2.4.4.2 CORTE**

El corte de probeta cuando presentan una estructura blanda se puede realizar con una sierra de forma manual o mecánica para la separación de la misma.

Para el caso de metales suaves, como las fundiciones, bronces, se pueden realizar la separación de material a golpe, esto puede ser con la ayuda de un martillo.

---

<sup>2</sup>

CARL A, Keyser (2003) Técnicas de laboratorio para pruebas de materiales, Edición Limusa wiley S.A., México D.F.



**Figura 2.2** Discos de corte para probetas de material

**Fuente:** Tomado de Kehl, George: *Fundamentos de la práctica metalográfica*

Las muestras de consistencia rígida, que no se pueden cerrar con facilidad, tales como aceros templados y las aleaciones no férricas endurecidas por envejecimiento, se pueden cortar con seguridad empleando discos abrasivos. La refrigeración se logra manteniendo la probeta en agua u otros elementos utilizados como refrigerante, o colocando sobre ella una corriente ininterrumpida del líquido de refrigeración y precisamente en la región que se corta. <sup>3</sup>

Al escoger e el disco de corte incorrecto y no se enfría suficientemente la probeta durante el corte, se altera radicalmente la estructura original, por lo menos en la superficie obtenida por el corte, como consecuencia del calor desarrollado por el rozamiento.

Como recomendación se debe tener probetas con medidas exactas ya que afectarían al pulido, esto cuando se tiene probetas muy pequeñas o viceversa.

#### **2.4.4.3 MONTAJE**

Cuando se requiera de un análisis metalográfico de materiales tales como varillas, tubos y chapas, es recomendable montarlas sobre componentes que permitan su manipulación, ya que estos materiales por ser pequeños dificultan su manipulación y así entorpecer su preparación. <sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>

PERRY, Roberth, (2001), *Manual del Ingeniero Químico*, Fareso. España.



**Figura 2.3** Materiales para el montaje

*Fuente:* Tomado de la página de Internet del Instituto Tecnológico de Monterrey

#### **2.4.4.3.1 MONTAJES FUSIBLES**

En el mercado hay materiales fusibles que son los adecuados, para esto se necesita: azufre, pasta, resinas dentales y fusiones baja aleación. La fusión de estos materiales varía en gran cantidad, lo que hace necesario la selección adecuada por las temperaturas de trabajo que son elevadas.

#### **2.4.4.3.2 MONTAJE PLÁSTICOS**

Las probetas pequeñas se deben montar en materiales plásticos sintéticos, como la bakelita son ideales y satisface las necesidades en cuanto a la manipulación de las probetas o muestras, para realizar este montaje se debe utilizar una prensa.



**Figura 2.4** Plásticos para el montaje

*Fuente:* Tomado de la página de Internet del Instituto Tecnológico de Monterrey

#### **2.4.4.3.3 PLÁSTICOS TERMOENDURECIBLES**

Se considera como plástico termoendurecible a la bakelita, siendo este el más utilizado para montar una probeta, este se presenta en forma de polvo y tiene una gran variedad de colores.



La temperatura de trabajo para moldear la bakelita oscila entre 125 y 160 °C, este es mejor acabado en comparación con los plásticos ya mencionados. <sup>3</sup>

#### **2.4.4.3.4 TERMOPLÁSTICAS**

El poliestireno se encuentra dentro del grupo de los termoplásticos, esta como característica principal su transparencia o cristal siempre y cuando el proceso de moldeo sea el adecuado.

La temperatura de trabajo para moldear el poliestireno oscila entre 135 y 155 °C, esta no se endurece durante el montaje, por lo contrario se vuelve suave y se filtra con la combinación de una temperatura adecuada de trabajo. <sup>3</sup>

#### **2.4.5 PULIDO MANUAL**

Dentro del estudio metalográfico se encuentra un proceso que permite alcanzar una muestra clara y definida.

##### **2.4.5.1 DESBASTE TOSCO**

La parte que se va a someter al proceso de observación, como parte inicial se debe realizar un desbaste grosero. Cuando el área es grande, se puede terminar en un tiempo muy corto si se le gira ligeramente mientras se desbasta. Ni durante el desbaste grosero, ni durante los posteriores, intermedio y final, se debe aplicar la probeta contra el medio abrasivo con presión demasiado grande. La presión excesiva no sólo produce rayas muy profundas, difíciles de eliminar después, sino que también distorsiona intensamente el metal de la superficie de la probeta. La distorsión del metal superficial no se puede evitar enteramente, pero se puede aminorar mucho mediante técnicas adecuadas de desbaste y pulido; la presión para el pulido en las operaciones ya mencionadas debe ser baja.

---

<sup>3</sup>

PERRY, Roberth, (2001), Manual del Ingeniero Químico, Fareso. España.

Biselando los bordes de la probeta durante el desbaste grosero se evitan roturas, desgarros, esto en los pasos posteriores.

La probeta se mueve longitudinalmente de un lado a otro del papel comprimiéndola con una presión suave; la dirección del movimiento se mantiene constante, para que todas las rayas producidas sean paralelas. El final de la operación sobre un papel está determinado por la desaparición de las rayas producidas por el desbaste grosero o el papel anterior, y para poder reconocerlo fácilmente se opera en forma que las nuevas rayas sean perpendiculares a las anteriores; así es más fácil ver cuándo estas nuevas rayas sustituyen totalmente a las anteriores más gruesas. <sup>3</sup>

Para desbastar muchas probetas de aleaciones tratadas térmicamente, y en particular muchos de los metales blandos, es conveniente impregnar los papeles de esmeril con un lubricante adecuado.

Estos lubricantes disminuyen la fluencia superficial de los metales blandos y evitan la modificación estructural superficial de las tratadas térmicamente, al actuar como refrigerantes, mejorándose los resultados que se obtendrían desbastando en seco.

#### **2.4.5.2 DESBASTE SUAVE**

El desbaste suave se lo se realiza seguidamente del desbaste intermedio, se emplean papeles abrasivos tales como # 600, 900 y 1500 granos.

El propósito del desbaste suave es dejar las rayas en un solo sentido según se utiliza los papeles abrasivos, esto hace que la probeta a ser pulida quede en condiciones ideales de trabajo.

---

<sup>3</sup>

Tomado de la página de Internet del Instituto Tecnológico de Monterrey  
[www.mty.itesm.mx](http://www.mty.itesm.mx)

### **2.4.5.3 PULIDO GROSERO**

En este tipo de pulido lo que se quiere lograr es desaparecer las rayas finas producidas en la última operación de desbaste. El disco de la pulidora empleado en esta operación se cubre, generalmente, con paño de lana, paño de billar o una lona de poco peso, y se le hace girar a unas 400 a 500 rpm. Como abrasivo se emplea pasta de diamante más aceite, o productos equivalentes.

Para realizar un pulido preliminar se mantiene la probeta desbastada, firmemente, sobre el disco que gira, y durante la operación se mueve continuamente desde el centro al borde del disco, y a la inversa. Si es necesario, se añade de cuando en cuando suspensión del abrasivo, que contengan unos 15g por cada 100cc de agua o aceite. Si la cantidad de abrasivo que hay sobre el disco es suficiente, pero se seca el paño, se añade agua clara en la cantidad necesaria.

Para que la operación vaya bien es necesario observar con cuidado la humedad del paño. Si se humedece demasiado, la acción pulidora del combinado paño-abrasivo se retarda mucho, y si se seca en exceso, la probeta se mancha.

El pulido preliminar dura de unos 2 a 5 minutos, y al terminarse, se lava bien la probeta con agua corriente, se la enjuaga con un poco para quitar todos los detritos y el abrasivo adherido, y se le humedece con alcohol etílico o alcohol isopropílico, secándola después en aire caliente.

Las probetas bien preparadas, después del desbaste y el pulido preliminar, muestran solamente las rayas características de la pasta de diamante.

#### **2.4.5.3.1 PULIDO CON DIAMANTE**

Utilizado mucho para realizar el pulido de materiales duros como el boro, este tuvo un éxito rotundo en la aplicación de metales como las aleaciones. Se consigue esto teniendo los elementos dentro del periodo antes de su caducidad.

#### **2.4.5.4 PULIDO DELICADO**

Con este pulido se quiere llegar a la disminución parcial de las rayas producidas en el pulido preliminar y dar lugar, por último, a una superficie pulida uniformemente y libre de rayas. Según el metal o aleación que se pule, se emplea uno de los abrasivos citados anteriormente alúmina levigada, óxido de magnesio, óxido crómico. Para la mayoría de las probetas metalográficas, la alúmina levigada da un resultado magnífico y se reconoce por todos como el abrasivo de empleo más universal en el pulido final.

Para conseguir este pulido se debe aplicar una presión moderada y se la mueve continuamente del centro a la periferia del disco. Eventualmente, y en particular al final de la operación, se gira la probeta en sentido contrario al de la rotación del disco.

Esta modifica constantemente la dirección del pulido y evita la formación de colas de cometa. Tales formaciones son inevitables cuando se pule en una sola dirección, por que se arrancan más o menos las inclusiones, se abrasiona el metal adyacente y aparecen picaduras y huecos dejados por dichas inclusiones.

Para no tener metales distorsionados, se debe suspender el pulido fino en cuanto las rayas ya no son observables a 100 aumentos, no apareciendo tampoco colas de cometa. Si persisten las rayas finas, se puede continuar el pulido final; es, sin embargo, más probable que se obtengan resultados mejores repitiendo el pulido preliminar antes de terminar el pulido final. La probeta pulida puede atacarse inmediatamente después o se puede guardar para usarla más tarde y examinarla sin ataque.

##### **2.4.5.4.1 OXIDO DE ALUMINIO**

Se entiende que el óxido de aluminio es el elemento que más satisface el pulido de probetas metalográficas, se presenta en forma de pasta.

El óxido de aluminio se mezcla con una cierta cantidad de agua para obtener la alúmina en estado líquido, misma que servirá como apoyo para alcanzar un pulido tipo espejo.

La dosificación de esta depende directamente del tipo de material que se desee pulir.

#### **2.4.6 EMBATE CON REACTIVO QUÍMICO**

El propósito de cubrir con reactivo químico a una probeta, es para descubrir posibles defectos e inclusiones inherentes a la muestra. Lo contrario de esto podría arrojar un resultado erróneo y fallido ya que no se podría identificar claramente los detalles de la estructura.

Las condiciones de aplicación del reactivo químico deben ser controladas correctamente, ya que una manipulación defectuosa podría causar accidentes, tanto en el que manipula como en la muestra. <sup>3</sup>



*Figura 2.5 Embate con Reactivo químico adecuado*

*Fuente: Christian Merino*

\_\_\_\_\_ <sup>3</sup>

PERRY, Roberth, (2001), Manual del Ingeniero Químico, Fareso. España.

*Tabla 2.4 Tabla de los reactivos.*

Reactivos de ataque para examen microscopico		
Reactivo de ataque	Composición	Usos
Acido Nítrico (Nital)	Acido Nítrico 5 cc Alcohol etílico 95 cc	Aceros y hierros
Acido Pírico (Picral)	Acido pírico 4gm Alcohol etílico 100 ml	Aceros de baja aleación
Cloruro férrico y ácido hidroclicóric	Cloruro férrico 5gm acido hridroclicóric 50 ml agua 100 ml	Aceros asuteníticos al níquel y aceros inoxidables
Persulfato de amonio	Persulfato de amonio 10 gm Agua 90 ml	Cobre, laton, borncé aluminico, níquel, plata
Acido hidroflicúric	Acido hidroflicúric 0.5 ml Agua 99.5 ml	Aluminio y sus aleaciones

*Fuente: Kehl, George: Fundamentos de la práctica Metalográfica*

#### 2.4.7 OBSERVACIÓN CON EL MICROSCÓPIO

Luego de haber alcanzado una probeta metalográfica con un acabado de tipo espejo, es indispensable transportarla hasta un microscopio, mismo que permitirá realizar varios aumentos para discutir el estado de la estructura del material, este puede ser de constitución pura o a su vez puede ser una aleación.



*Figura 2.6 Microscopio metalográfico para el análisis de probetas*

*Fuente: Christian Merino*

## 2.4.8 TIPOS DE PULIDO PARA UNA MUESTRA METALOGRAFICA

Para la obtención muestras metalográficas existen ciertos tipos de pulido como los que se detallan a continuación.

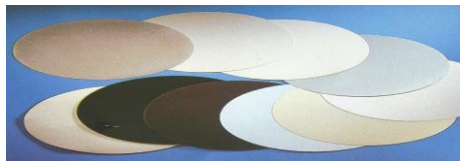
### 2.4.8.1 PULIDO MECÁNICO

Para este tipo de pulido existen recomendaciones a seguir, como es el movimiento de la probeta de adentro hacia afuera, la rotación debe ser contraria al giro del disco porta paño.

Al no rotar la probeta se conseguirá fácilmente la formación de rayas que pueden volverse difíciles de borrar, dando paso a la aparición de inclusiones y picaduras.<sup>4</sup>

#### 2.4.8.1.1 PULIDO MECÁNICO CON DIAMANTE

Utilizamos esta técnica para conseguir una exclusión efectiva y rápida de material. Se obtienen los mejores resultados en cuanto a plenitud. Se realiza en paños especiales colocados en platos giratorios. Se debe utilizar lubricante (etilenglicol). En general la elección del paño, tamaño de grano del diamante y el lubricante, dependen del<sup>5</sup> material a pulir.



*Figura 2.7 Esquema de pulido con diamante*

*Fuente: Kehl, George: Fundamentos de la práctica Metalográfica*

\_\_\_\_\_4

CARL A, Keyser (2003) Técnicas de laboratorio para pruebas de materiales, Edición Limusa wiley S.A., México D.F 5Kehl, George: Fundamentos de la práctica Metalográfica

### 2.4.8.1.2 PULIDO MECÁNICO CON ÓXIDOS

Los óxidos son utilizados para materiales muy blandos y dúctiles. ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ). Son suspensiones coloidales en una proporción determinada en agua destilada.



**Figura 2.8** Insumos para pulido con óxidos

*Fuente:* Tomado de la página de Internet del Instituto Tecnológico de Monterrey

### 2.4.8.2 PULIDO ELECTROLÍTICO

De preferencia se puede utilizar para el pulido de metales suaves o aleaciones, con este método se recubre toda la superficie de una probeta, llegando incluso a eliminar imperfecciones importantes que se deben tomar en cuenta en una muestra.

Una desventaja del pulido electrolítico es que se borran todas las imperfecciones presentes en una probeta por la reacción que produce el electrolito y el recubrimiento que se da en las muestras montadas en plásticos.

\_\_\_\_\_5

CARL A, Keyser (2003) Técnicas de laboratorio para pruebas de materiales, Edición Limusa wiley S.A., México D.F 5Kehl, George: Fundamentos de la práctica Metalográfica



### 2.4.8.2.1 FUNDAMENTO Y EQUIPO

Para conseguir el pulido electrolítico es necesario tener dos celdas un ánodo y un cátodo, esto para el movimiento de corriente entre las celdas, dando finalmente una probeta pulida. <sup>6</sup>

Existen algunos tipos de pulido electrolítico, mismo que va a resumir por factores y circunstancias siguientes, los métodos de pulido electrolítico citados son los más manejados:

- Pulido en celda electrolítica.
- Pulido por medio de equipos automáticos.
- Pulido local por medio del método “tampón”.



*Figura 2.9 Pulidoras electrolíticas portátiles*

*Fuente: Tomado de la página de Internet del Instituto Tecnológico de Monterrey*

\_\_\_\_\_ <sup>6</sup>

Tomado de la página de Internet del Instituto Tecnológico de Monterrey

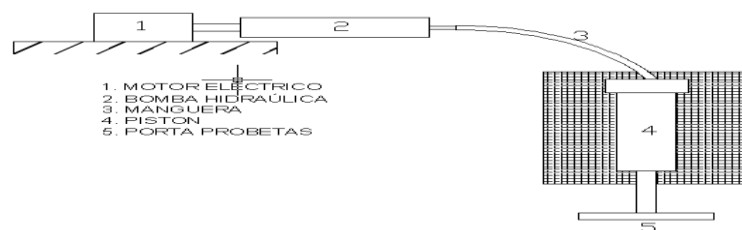
## 2.4.9 ESTUDIO DEL SISTEMAS DE ACENSO Y DESCENSO

Este mecanismo de acenso y descenso esta orientados a la transferencia o cambio de posición de un elemento a través de diversos mecanismos como se los que se van detallar a continuación.

### 2.4.9.1 TIPOS DE SISTEMAS DE ACENSO Y DESCENSO

#### 2.4.9.1.1 SISTEMA HIDRÁULICO.

El mecanismo se da por medio de una bomba hidráulica, misma que se acciona el pistón para subir y bajar respectivamente hasta alcanzar su posición inicial. De esta manera se logra el posicionamiento para colocar el plato porta probetas.

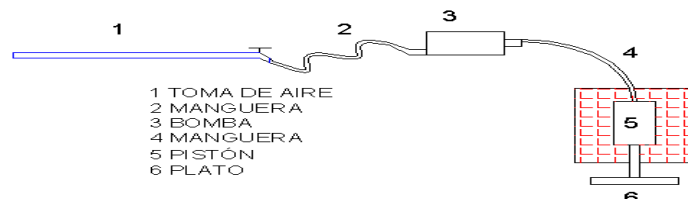


*Figura 2.10 Sistema hidráulico*

*Fuente: Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E*

#### 2.4.9.1.2 SISTEMA NEUMÁTICO.

Este mecanismo trabaja principalmente con aire, el cual tiene una bomba neumática para su control.

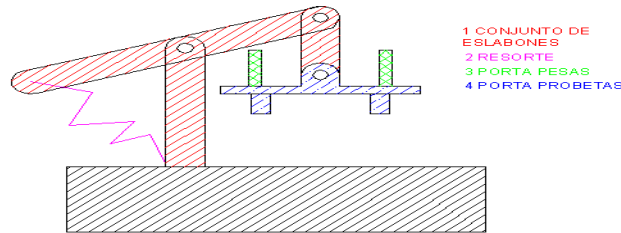


*Figura 2.11 Sistema neumático*

*Fuente: Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E*

### 2.4.9.1.3 SISTEMA DE APOYO MECÁNICO.

El trabajo se va a dar por un grupo de eslabones que servirán de soporte para las demás partes que integran el sistema, con el fin de realizar un desplazamiento al disco porta probetas. Ascenso



*Figura 2.12 Sistema de apoyo mecánico*

*Fuente: Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E*

### 2.4.9.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ACENSO Y DESCENSO.

#### 2.4.9.2.1 HIDRÁULICO

El trabajo realizado en este sistema será por una bomba hidráulica de pistón, el acoplamiento ocupa un espacio considerable, existe la facilidad de conseguir las partes para el montaje localmente, como fluido se utiliza aceite y por ende hace que el mantenimiento sea constante por posibles fugas de aceite y no afectar al funcionamiento del sistema.

El mecanismo ensamblado de trabajo se torna un tanto costoso por todas y cada una de las partes que conforman el sistema hidráulico.

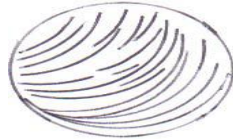
#### 2.4.9.2.2 APOYO MECÁNICO

Por utilizar un mecanismo que es tradicional el sistema no requiere de mucho espacio para el desplazamiento, requiere de mantenimiento frecuentemente por sus partes móviles, el montaje de componentes de este es sencillo y rápido, en cuanto al costo, este es más económico que los anteriores.

## 2.4.10 ESTUDIO DEL SISTEMA DE ROTACIÓN PARA EL PULIDO

### 2.4.10.1 TIPOS DE ROTACIÓN

El disco porta paño al no tener un rotación adecuada provocará un pulido deficiente la probeta formando rayas considerables tal y como se presentan.



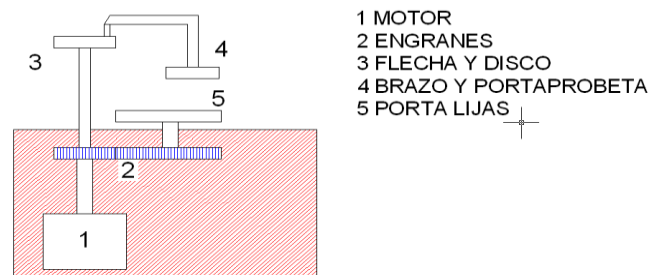
**Figura 2.13** Rayas puntuales **Figura 2.14** Rayas puntuales Concéntricas.

**Fuente:** Kehl, George: *Fundamentos de la práctica Metalográfica*

Al tener el control adecuado de la rotación del disco se podrá asociar de mejor manera el trabajo realizado por el paño y la superficie de la probeta en proceso.

### 2.4.10.2 ROTACIÓN POR ENGRANES Y BANDAS

La rotación del sistema se por acoplamiento engranajes, bandas y un motor eléctrico, esto para realizar el movimiento del porta muestra y el disco portador del paño de pulido.



**Figura 2.15** Rotación por engranes y bandas

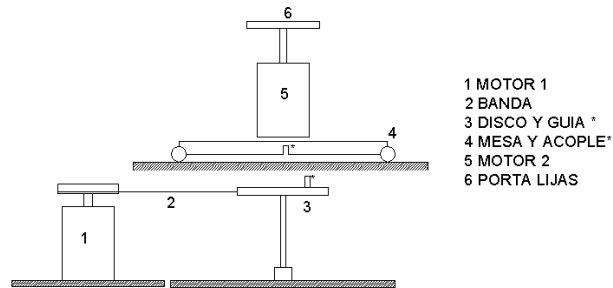
**Fuente:** *Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E*

\_\_\_\_\_7

Kehl, George: *Fundamentos de la práctica Metalográfica*

### 2.4.10.3 ROTACIÓN POR MESA Y MOTOR

Este mecanismo es de similar al de las ratificadoras, esta tiene una base que se mueve linealmente de un lado a otro, en la parte superior tiene el motor para dar la rotación al disco portador del paño de pulir. El mecanismo ensamblado correctamente hará posible la rotación para realizar el pulido de las probetas.

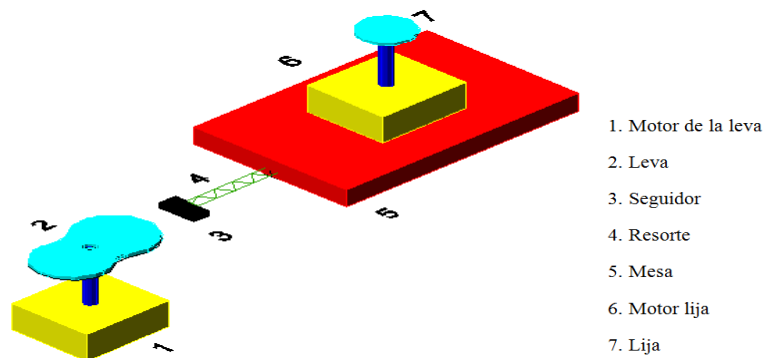


**Figura 2.16** Rotación mesa y motor

*Fuente: Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E*

### 2.4.10.4 ROTACIÓN CON LEVA

Para la rotación con este mecanismo será necesario utilizar dos motores, tanto para la leva como para el disco portador del paño. El montaje y ensamblaje del mismo se realiza en una plataforma base tal y como se muestra.



**Figura 2.17** Rotación con leva

*Fuente: Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E*

#### **2.4.10.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ROTACIÓN**

#### **2.4.10.6 ROTACIÓN CON ENGRANAJES**

Funciona con un solo motor y de un grupo de engranes los que darán la rotación al sistema, el costo de esta es accesible tanto por su manufactura como obtención de componentes ya que se encuentran en el mercado, se debe dar un mantenimiento frecuente por sus componentes móviles, no necesita de un espacio considerable y a confiabilidad del sistema es buena ya que la mayoría de maquinas pulidoras son de tipo transmisión. Se acopla fácilmente a otros mecanismos de pulido.

#### **2.10.3.6 ROTACIÓN CON MESA Y MOTOR**

Este mecanismo tiene un costo considerable, ya que la rotación generado en este se da por 2 motores, tanto para la mesa y el disco portador del paño, aumentado la construcción de partes utilizadas para el ensamblaje, este necesita precisión en su diseño, necesita de mantenimiento periódico por su gran cantidad de partes que conforman el mecanismo completo, necesita de un espacio amplio para el montaje, ensamblaje y funcionamiento, tiene una confiabilidad alta y se puede acoplar a sistemas similares.

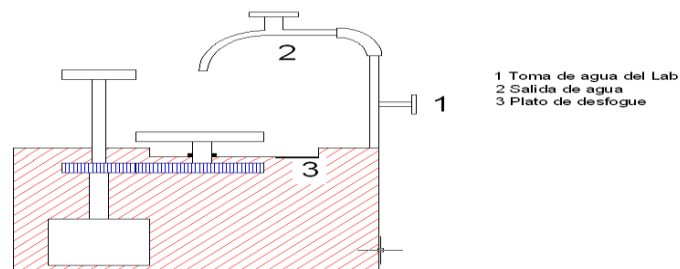
#### **2.10.3.7 ROTACIÓN CON LEVA**

La manufactura de una leva es un tanto complicada, lo que elevaría su precio, no necesita de mucho espacio para su montaje, es de confiabilidad baja por la utilización de una leva y un resorte, para la rotación del mecanismo se necesita un motor, el mantenimiento efectuado debe ser frecuente, este puede dar problemas al adaptar a otros mecanismos similares.

## 2.4.11 ESTUDIO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA EL PULIDO

### 2.4.11.1 REFRIGERACIÓN CONTINUA

Para este sistema de refrigeración se utiliza una llave para el paso de agua y que este sea continuo hacia el disco portador del paño de pulir, esta luego es evacuados por cañerías que están conectadas a un desagüe.

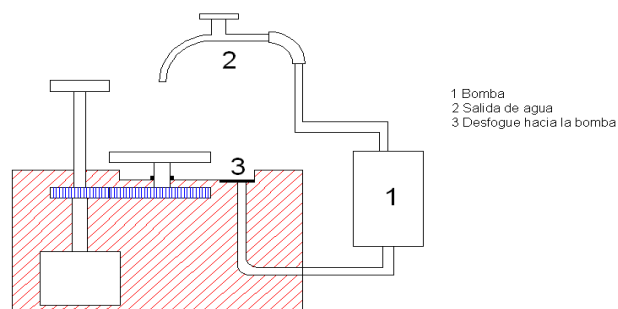


**Figura 2.18** Refrigeración continua

**Fuente:** Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E

### 2.4.11.3 REFRIGERACIÓN CON RETORNO

Para hacer que el agua utilizada en la refrigeración retorne a su punto inicial se necesita de una bomba.



**Figura 2.19** Refrigeración con retorno

**Fuente:** Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E

#### **2.4.11.4 REFRIGERACIÓN MANUAL**

Prácticamente este sistema va a permanecer inundado durante el pulido de la probeta, es decir el agua va a estar almacenada en este proceso.

#### **2.4.11.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN**

#### **2.4.11.6 CONTINUA**

Este debe tener una entrada y salida que sea de toma sencilla, la manufactura y ensamblaje es relativamente fácil en comparación a otros sistemas, el mantenimiento se lo puede reducir siempre y cuando se utilicen partes efectivas, no necesita de un espacio considerable para su funcionamiento, es de confiabilidad alta.

#### **2.4.11.7 CON RETORNO**

Para que este tenga retorno se necesita de una bomba para asegurar el movimiento del fluido lo que elevaría el precio, la manufactura y montaje del mismo es complicada por los componentes utilizados, necesita que el mantenimiento sea con mayor frecuencia por usar una bomba de agua, necesita un espacio considerable para su ensamble y funcionamiento y por utilizar un bomba el sistema es muy confiable.

#### **2.4.11.8 MANUAL**

Este tiene un precio reducido, su construcción y montaje resulta ser muy sencilla, utiliza un espacio muy reducido, es de menor confiabilidad y no asegura una eficiente en el pulido de las probetas, se puede ensamblar con los antes ya mencionados.



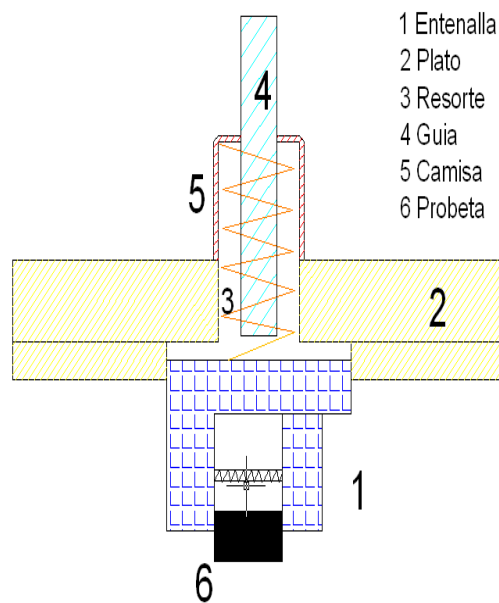
## 2.4.12 ESTUDIO DEL SISTEMA PORTA PROBETAS

### 2.4.12.3 SISTEMAS DE PORTA PROBETAS

Para hacer efectivo este mecanismo, el disco porta probetas debe tener espacios para el montaje o almacenamiento de las probetas que se vayan a pulir independientemente del número de probetas a ser pulidas.

#### 2.4.12.3.1 PORTA PROBETAS CON ENTENALLAS.

Este mecanismo tiene acopladas al plato porta muestras 4 entenallas, las mismas serán las encargadas de sujetar las probetas en el pulido final.

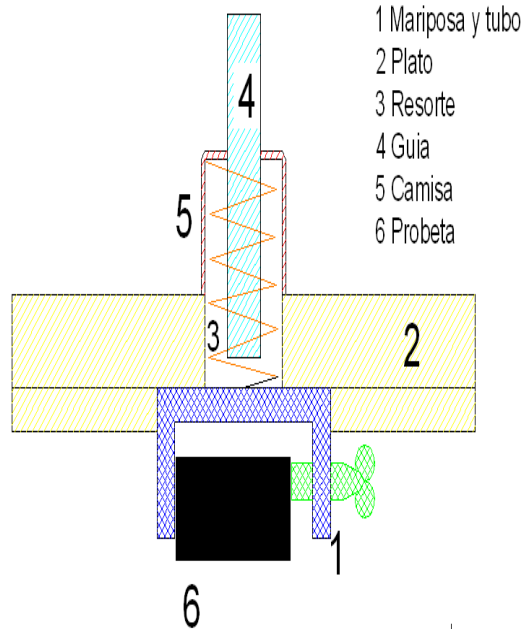


*Figura 2.20 Porta probetas con entenallas*

*Fuente: Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E*

#### 2.4.12.3.2 PORTA PROBETAS CON CAMISAS Y PRISIONEROS.

Este utiliza prisioneros, guías, y resortes como mecanismo de sujeción, mismo que luego es instalado de forma manual en el disco que será portador de las probetas, finalmente se utiliza los prisioneros para el ajuste de las mismas



**Figura 2.21** Porta probetas con camisas y prisioneros

*Fuente:* Sistema de pulido de probetas metálicas, laboratorio FIM-E

### 2.4.12.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMAS PORTA PROBETAS

#### 2.4.12.3.4 PORTA PROBETAS CON ENTENALLAS.

Este sistema por utilizar entenallas debe ser armable y desarmable, el mantenimiento en este es constante por la conservación de las partes móviles, la cavidad es reducida ya que los elementos del sistema se acoplan correctamente.

La confiabilidad del sistema depende básicamente del uso de las entenallas.

#### 2.4.12.3.5 PORTA PROBETAS CON CAMISA Y PRISIONEROS

Este sistema ocupa un espacio pequeño, el mecanismo se acopla perfectamente, ya que en el plato donde se va a acoplar las muestras se utilizará prisioneros para la sujeción, el costo depende del diseño y la fabricación, el mantenimiento que precisa es reducido por lo que su instalación es sencilla y se acopla a los ya mencionados.

## **2.5 HIPÓTESIS**

El estudio de sistemas de pulido de probetas metalográficas mejorará la calidad de pulido en el laboratorio de materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.**

### **2.6.1 VARIABLES**

#### **2.6.1.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Estudio de sistemas de pulido de probetas metalográficas

#### **2.6.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

- Calidad de pulido

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE**

El presente trabajo de investigación se encuentra concentrado en el modelo cuantitativo; ya que sus variables son discretas y continuas, permitiendo conocer la realidad del laboratorio de materiales. Los datos facilitan el análisis crítico, la explicación del fenómeno que se produce en el laboratorio, y las consecuencias que está enfrentado a fin de encontrar respuestas precisas, basadas en un criterio claro de que se quiere alcanzar, para así conseguir un posicionamiento claro para ver y observar, contar, aclarar para finalmente solucionar algún problema identificado.

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

##### **3.2.1 Investigación Bibliográfica**

Se utiliza este tipo de investigación ya que se requiere de información existente en libros, folletos, manuales, páginas electrónicas y demás fuentes bibliográficas, que serán un apoyo sustentable para el desarrollo de la misma. Esto se aplicará dentro de la elaboración del proyecto. Con el desarrollo de este tipo de investigación se podrá llevar a cabo una información correcta.

##### **3.2.2 Investigación de Campo**

Se utiliza esta investigación para realizar un estudio sistemático en el laboratorio de materiales de la FICM. En donde el problema fundamental es la calidad de pulido; que se ha podido observar en prácticas, poniéndose en contacto directo con la realidad y obteniéndose la información necesaria para proponer la solución al problema.

### **3.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1 Investigación Descriptiva**

La presente investigación será descriptiva ya que se irá detallando paso a paso el desarrollo del proyecto, profundizado en el conocimiento sobre las causas que provoca el fenómeno y a quienes afecta.

#### **3.3.2 Investigación Explicativa**

Explica el fenómeno y estudio que es el problema que se está investigando para conocer su estructura.

#### **3.3.3 Investigación Correlacional**

Con este tipo de investigación se verificará si los resultados obtenidos son los esperados.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1 POBLACIÓN**

La población como efecto de estudio se concentrará en los diferentes sistemas de pulido de probetas metalográficas.

#### **3.4.2 MUESTRA**

La muestra se la puede determinar partiendo de los diferentes tipos de pulido de probetas metalográficas.

- Sistema de Pulido Mecánico de probetas metalográficas

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE: Sistemas de pulido de probetas Metalográficas.

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Es un conjunto de partes o elementos organizadas y relacionadas que interactúan entre sí para lograr un que la pieza o muestra a examinar ftenga un acabado superficial excelente, (acabado de espejo), esto se logra mediante la utilización de un abrasivo (alúmina Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 0.05µm alumina) la cual se coloca sobre un disco y el paño para así logra el acabado deseado.	Sistema de movimiento de pulido.  Sistema de ascenso y descenso de probetas.  Sistema de refrigeración de probetas.	¿Qué sistema de transmisión será el más adecuado?  ¿Qué sistema de sujeción de probetas será el más óptimo?  ¿Qué mecanismo de refrigeración de probetas se puede utilizar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engranajes</li> <li>• Mesa y motor</li> <li>• Levas</li>   <li>• Hidráulico</li> <li>• Neumático</li> <li>• Brazo mecánico (entenas y camisas con prisioneros)</li>   <li>• Constante</li> <li>• Recirculante</li> </ul>	Ficha de observación. Hojas de cálculo.  Ficha de observación. Hoja de cálculos.  Ficha de observación.

### 2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad de pulido en Laboratorio de Materiales.

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Esto se logra llevando un control insistente en el proceso de obtención de las muestras, utilizando procesos rigurosos para quitar excesos de material que afectan a la superficie para finalmente llegar a una buena o mala calidad de pulido.	Proceso de pulido metalográfico.  Tipos de pulido metalográfico.  Factor de Fricción	¿Qué proceso se sigue para obtener muestras metalográficas?  Qué tipos de pulido metalográfico existen?  Kc (fricción)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corte</li> <li>• Montaje</li> <li>• Esmerilar y pulir</li> <li>• Ataque con Reactivo Químico</li> <li>• Mecánico</li> <li>• Electrolítico</li> <li>• Factor de Fricción de muestras del laboratorio y del sistema propuesto.</li> </ul>	Observación  -Cuaderno de notas  Observación.  -Cuaderno de notas  -Chi Cuadrado

### **3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

<b>TECNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Fichas de registros	Ficha de Observación toma de datos

#### **3.6.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Se realizará mediante una ficha de observación y se registrarán los resultados obtenidos y luego analizados en el desarrollo de las prácticas, con el propósito de evaluar el correcto funcionamiento del proyecto a estudiar.

### **3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

#### **3.7.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

- Revisión crítica de la información recogida.
- Tabulación de datos de los resultados obtenidos y luego analizados en el desarrollo de las prácticas, con el propósito de evaluar el correcto funcionamiento del proyecto a estudiar.
- Analizar e interpretar los resultados relacionados con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos y el marco teórico.

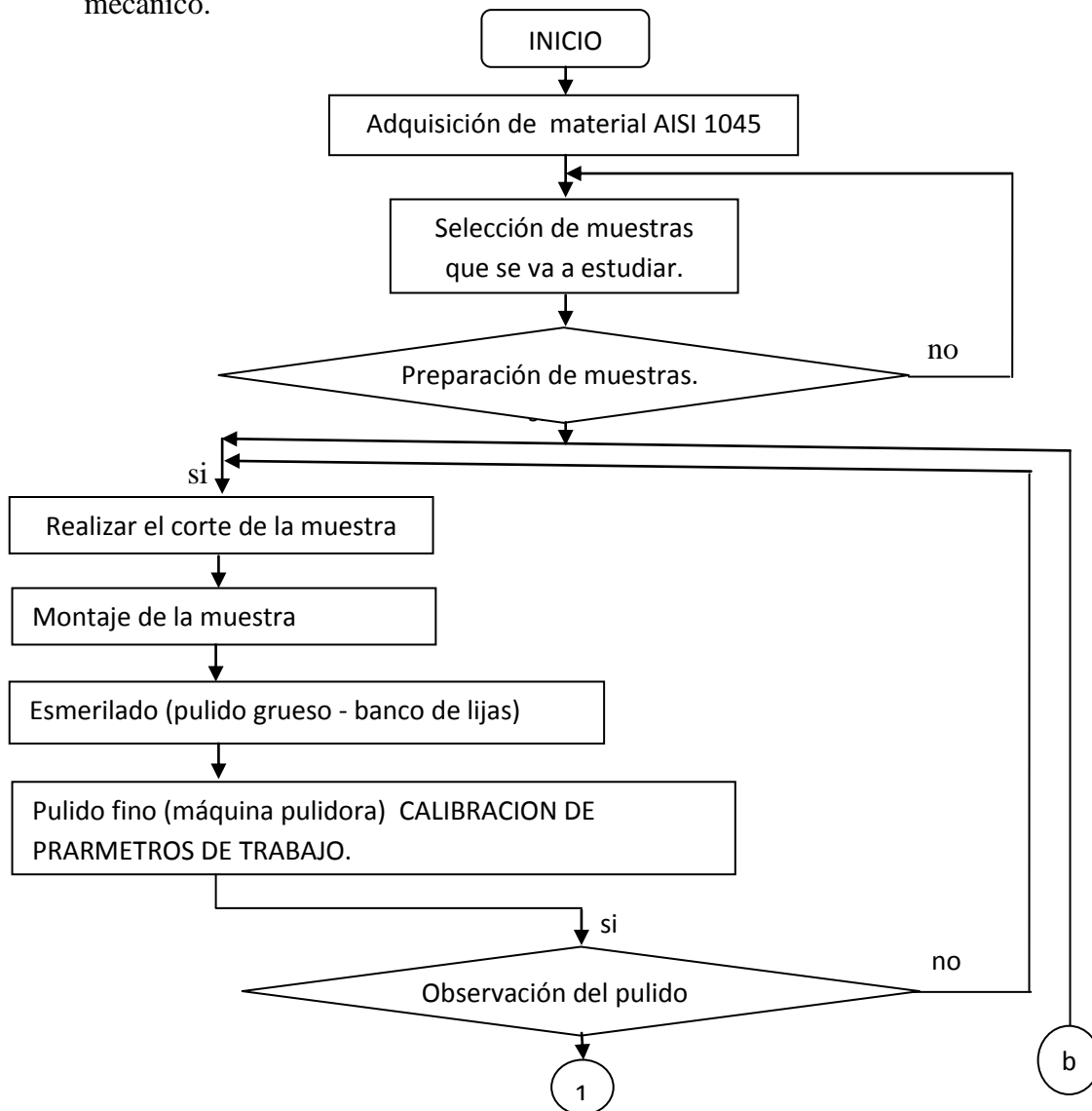


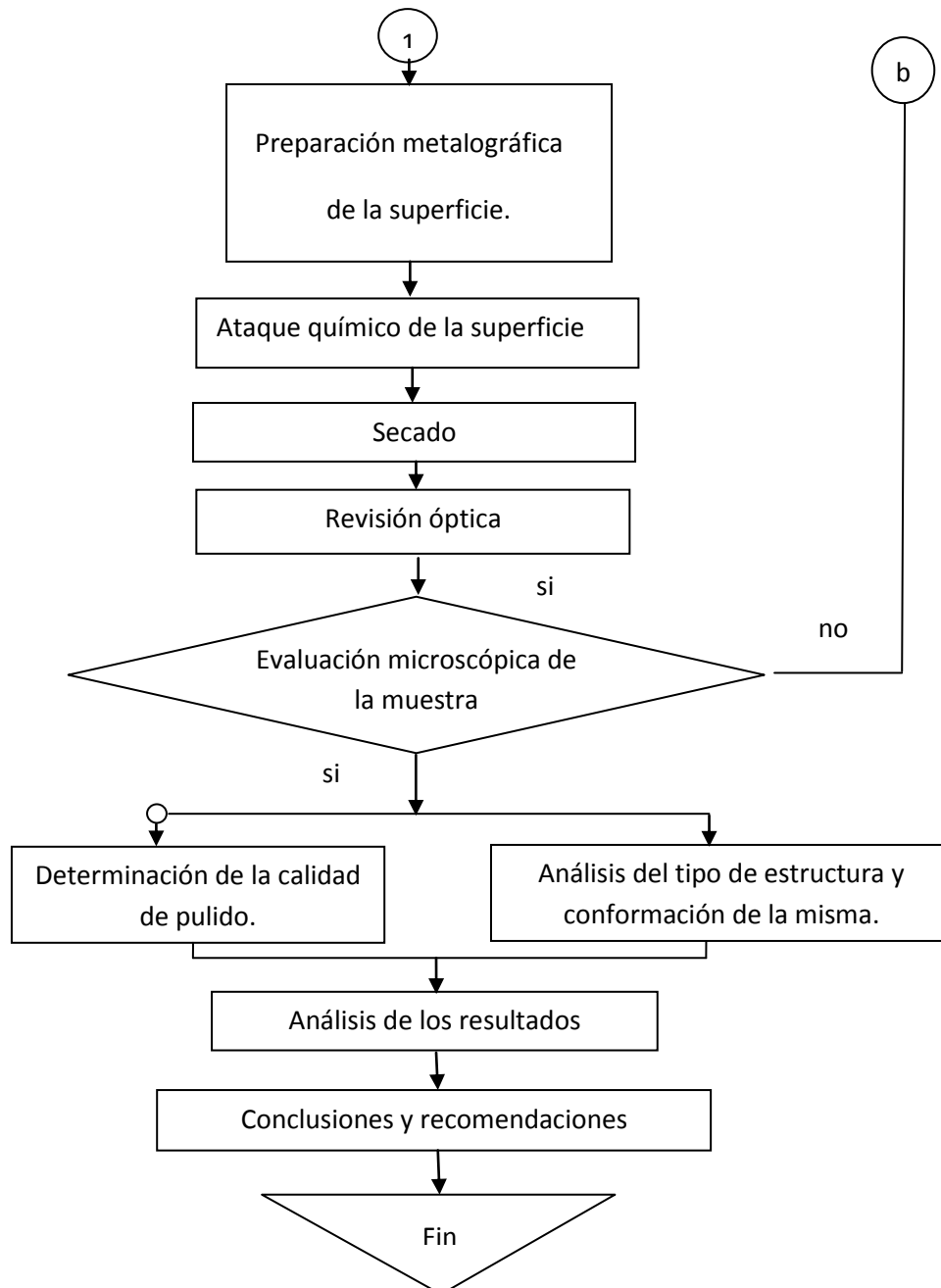
## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 PROCESO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente estudio se ha considerado el siguiente diagrama para la toma de resultados, el cual está adaptado según el desarrollo del estudio que es el pulido mecánico.





#### 4.1.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Con la finalidad de obtener un correcto manejo de los resultados y de la información correspondiente a los ensayos realizados, durante el desarrollo del trabajo se ha establecido un formato para la toma de datos y resultados, para conocer las propiedades de interés en el estudio realizado.





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

DATOS INFORMATIVOS					REG: # 001
<b>PROBETA Nº</b>	0.1	<b>Autorizado por:</b>	Ing. Mg. S. Espín	<b>Realizado por</b>	Christian Merino
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de Materiales FICM		<b>Fecha de ejecución:</b>	26/09/2012	
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	20°C		<b>Flujo de aire del medio:</b>	Estático	
DESCRIPCIÓN DEL ACERO UTILIZADO					
				FRAGMENTO REFERENCIAL	
<b>Especificación Material</b>	Acero	<b>Tipo de grado:</b>	AISI 1045		
<b>Diámetro:</b>	1/2"	<b>Longitud:</b>	2"		
<b>Característica</b>	Eje	<b>Tipo de muestra:</b>	Probeta		
OBSERVACIÓN:					
Propiedades tomadas de la tabla de aceros. Acero AISI 1045 como aparece de fabrica y tipo de maquinado para la obtención de la muestra.					
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO					
				DETALLE REFERENCIAL	
<b># de discos</b>	2	<b>Tipo de pulidora:</b>	Eléctrica		
<b>Tipo de paño Textura:</b>	Fino	<b>Control # rpm</b>	Potenciometro		
<b>Espesor:</b>	2mm.	<b>Tipo de refrigeración:</b>	Manual		
OBSERVACIÓN:					
Datos tomados de la pulidora existente en el laboratorio de materiales FICM					





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

ENSAYO METALOGRAFICO			REG. # 001	
<b>Datos informativos:</b>				
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Ensayo Nº</b>	1	
<b>Identificación del componente de estudio:</b>			Probeta Nº1	
<b>Solicitado por:</b>	UTA - FICM			
<b>Lugar de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales - FICM		
<b>Realizado por:</b>	Christian Merino	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Mg. S. Espín	
PARAMETROS DE OBTENCIÓN DE LA MUESTRA				
<b>Obtención de la muestra:</b>	Maquinado			
<b>Tipo de muestra:</b>	Cilíndrica			
<b>Tipo de desbaste:</b>	fino/grueso			
<b>Desbaste:</b>	Lijas			
<b># lijas utilizadas en el desbaste:</b>	240	320	400	600
PARAMETROS PARA LA REALIZACION DEL ENSAYO METALOGRAFICO				
<b>Velocidad de rotación:</b>	210 rpm	<b>Tipo de pulido:</b>	Mecánico	
<b>Tipo de paño:</b>	Fino	<b>Espesor:</b>	0.75mm.	
<b>Sujetador de probeta:</b>	Manual	<b>Refrig./Abravativo</b>	Alúmina 0.05 µm	
		<b>Superficie preparada en:</b>	22 min.	
<b>Ataque químico de superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	3 s	
RESULTADO:				
FOTOGRAFÍA MICROESTRUCTURA DEL ACERO AISI 1045				
Probeta Nº 01 (100 x)				
				
OBSERVACIONES:				
Calidad de pulido regular, no se observan claramente los bordes de grano				





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

DATOS INFORMATIVOS					REG: # 002
<b>PROBETA Nº</b>	0.2	<b>Autorizado por:</b>	Ing. Mg. S. Espín	<b>Realizado por</b>	Christian Merino
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de Materiales FICM		<b>Fecha de ejecución:</b>		26/09/2012
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>			20°C	<b>Flujo de aire del medio:</b>	Estático
DESCRIPCIÓN DEL ACERO UTILIZADO					
				DETALLE REFERENCIAL	
<b>Especificación Material</b>	Acero	<b>Tipo de grado:</b>	AISI 1045		
<b>Diámetro:</b>	1/2"	<b>Longitud:</b>	2"		
<b>Característica:</b>	Eje	<b>Tipo de muestra:</b>	Probeta		
<b>OBSERVACIÓN:</b>					
Propiedades tomadas de la tabla de aceros. Acero AISI 1045 como aparece de fabrica y tipo de maquinado para la obtención de la muestra.					
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO					
				DETALLE REFERENCIAL	
<b># de discos</b>	2	<b>Tipo de pulidora:</b>	Eléctrica		
<b>Tipo de paño Textura:</b>	Grueso	<b>Control # rpm</b>	Potenciómetro		
<b>Espesor:</b>	3mm.	<b>Tipo de refrigeración:</b>	Manual		
<b>OBSERVACIÓN:</b>					
Datos tomados de la pulidora existente en el laboratorio de materiales FICM					





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

ENSAYO METALOGRAFICO			REG. # 002	
<b>Datos informativos:</b>				
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N°	2	
Identificación del componente de estudio:			Probeta N°2	
Solicitado por:	UTA – FICM			
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Materiales - FICM			
Realizado por:	Christian Merino	Supervisado por:	Ing. Mg. S. Espín	
PARAMETROS DE OBTENCIÓN DE LA MUESTRA				
Obtención de la muestra:	Maquinado			
Tipo de muestra:	Cilíndrica			
Tipo de desbaste:	fino/grueso			
Desbaste:	Lijas			
# lijas utilizadas en el desbaste:	240	320	400	600
PARAMETROS PARA LA REALIZACION DEL ENSAYO METALOGRAFICO				
Velocidad de rotación:	210 rpm	Tipo de pulido:	Mecánico	
Tipo de paño:	Fino	Espesor:	0.75mm.	
Sujetador de probeta:	Manual	Refrig./Abrasivo	Alúmina 0.05µm	
		Superficie preparada en:	22 min.	
Ataque químico de superficie:	Nital 4	Tiempo de ataque:	3 s	
RESULTADO:				
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL ACERO AISI 1045 Probeta N° 02 (100 x)				
				
OBSERVACIONES:				
Calidad de pulido regular, no se observan claramente los bordes de grano				




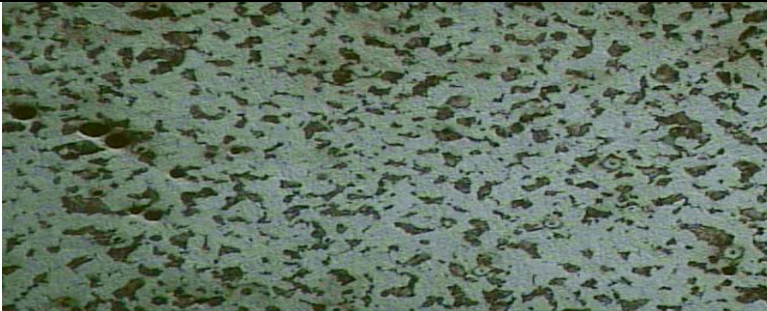
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					REG: # 003
<b>PROBETA Nº</b>	0.3	<b>Autorizado por:</b>	Ing. Mg. S. Espín	<b>Realizado por</b>	Christian Merino
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de Materiales FICM		<b>Fecha de ejecución:</b>	26/09/2012	
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	20°C		<b>Flujo de aire del medio:</b>	Estático	
<b>DESCRIPCIÓN DEL ACERO UTILIZADO</b>					
					<b>DETALLE REFERENCIAL</b>
<b>Especificación Material</b>	Acero	<b>Tipo de grado:</b>	AISI 1045		
<b>Diámetro:</b>	1/2"	<b>Longitud:</b>	2"		
<b>Característica:</b>	Eje	<b>Tipo de muestra:</b>	Probeta		
<b>OBSERVACIÓN:</b>					
Propiedades tomadas de la tabla de aceros BOHLER Acero AISI 1045 como viene de fabrica y del proceso de maquinado para la obtención de la muestra.					
<b>DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO</b>					
					<b>DETALLE REFERENCIAL</b>
<b># de discos</b>	1	<b>Tipo de pulidora:</b>	Simulador		
<b>Tipo de paño Textura:</b>	Fino	<b>Control # rpm</b>	Transmisión		
<b>Espesor:</b>	2mm.	<b>Tipo de refrigeración:</b>	Manual		
<b>OBSERVACIÓN:</b>					
Datos tomados del mecanismo de simulación Servitorno Vargas.					





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

ENSAYO METALOGRAFICO			REG. # 003	
<b>Datos informativos:</b>				
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo Nº	3	
Identificación del componente de estudio:			Probeta Nº3	
Solicitado por:	UTA – FICM			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Materiales - FICM		
Realizado por:	Christian Merino	Supervisado por:	Ing. Mg. S. Espín	
PARAMETROS DE OBTENCIÓN DE LA MUESTRA				
Obtención de la muestra:	Maquinado			
Tipo de muestra:	Cilíndrica			
Tipo de desbaste:	fino/grueso			
Desbaste:	Lijas			
# lijas utilizadas en el desbaste:	240	320	400	600
PARAMETROS PARA LA REALIZACION DEL ENSAYO METALOGRAFICO				
Velocidad de rotación:	262 rpm	Tipo de pulido:	Mecánico	
Tipo de paño:	Fino	Espesor:	2mm.	
Sujetador de probeta:	Manual	Refrig./Abrasivo	Alúmina 0.05 µm	
		Superficie preparada en:	15 min.	
Ataque químico de superficie:	Nital 4	Tiempo de ataque:	3 s	
RESULTADO:				
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL ACERO AISI 1045 Probeta Nº 03 (100 x)				
				
OBSERVACIONES:				
Calidad de pulido Muy buena, se observan claramente los bordes de grano				






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




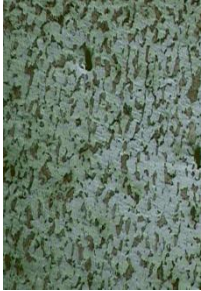




REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					REG: # 004
<b>PROBETA Nº</b>	0.4	<b>Autorizado por:</b>	Ing. S. Espín	<b>Realizado por</b>	Christian Merino
<b>Lugar de realización:</b>		Laboratorio de Materiales FICM	<b>Fecha de ejecución:</b>		26/09/2012
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>			20°C	<b>Flujo de aire del medio:</b>	Estático
Incluir porcentaje de tamaño de alumina					
DESCRIPCIÓN DEL ACERO UTILIZADO					
					DETALLE REFERENCIAL
<b>Especificación Material</b>	Acero	<b>Tipo de grado:</b>	AISI 1045		
<b>Diámetro:</b>	1/2"	<b>Longitud:</b>	2"		
<b>Característica:</b>	Eje	<b>Tipo de muestra:</b>	Probeta		
<b>OBSERVACIÓN:</b>					
Propiedades tomadas de la tabla de aceros. Acero AISI 1045 como aparece de fabrica y Tipo de maquinado para la obtención de la muestra.					
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO					
					DETALLE REFERENCIAL
<b># de discos</b>	2	<b>Tipo de pulidora:</b>	Simulador		
<b>Tipo de paño Textura:</b>	Grueso	<b>Control # rpm</b>	Transmisión		
<b>Espesor:</b>	3mm.	<b>Tipo de refrigeración:</b>	Manual		
<b>OBSERVACIÓN:</b>					
Datos tomados del mecanismo de simulación Servitorno Vargas.					



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

ENSAYO METALOGRAFICO			REG. # 004	
<b>Datos informativos:</b>				
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Ensayo Nº</b>	4	
<b>Identificación del componente de estudio:</b>			Probeta Nº4	
<b>Solicitado por:</b>	UTA - FICM			
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales - FICM		
<b>Realizado por:</b>	Christian Merino	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Mg. S. Espín	
PARAMETROS DE OBTENCIÓN DE LA MUESTRA				
<b>Obtención de la muestra:</b>	Maquinado			
<b>Tipo de muestra:</b>	Cilíndrica			
<b>Tipo de desbaste:</b>	fino/grueso			
<b>Desbaste:</b>	Lijas			
<b># lijas utilizadas en el desbaste:</b>	240	320	400	600
PARAMETROS PARA LA REALIZACION DEL ENSAYO METALOGRAFICO				
<b>Velocidad de rotación:</b>	262 rpm	<b>Tipo de pulido:</b>	Mecánico	
<b>Tipo de paño:</b>	Fino	<b>Espesor:</b>	2mm.	
<b>Sujetador de probeta:</b>	Manual	<b>Refrig./Abrasivo</b>	Alúmina 0.05µm	
		<b>Superficie preparada en:</b>	15 min.	
<b>Ataque químico de superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	3 s	
RESULTADO:				
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL ACERO AISI 1045 Probeta Nº 04 (100 x)				
				
OBSERVACIONES:				
Calidad de pulido Muy buena, se observan claramente los bordes de grano				

#### 4.2 INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Nº PRUEBAS.	1	2	3	4
<b>TIPO DE MÁQUINA</b>	PULIDORA ELÉCTRICA	PULIDORA ELÉCTRICA	SIMULADOR	SIMULADOR
<b>TIPO DE PAÑO</b>	FINO	GRUESO	FINO	GRUESO
<b>RPM</b>	210	210	262	262
<b>TIME</b>	22	22	15	15
<b>MICRO ESTRUCTURA</b>				
<b>PULIDO</b>				

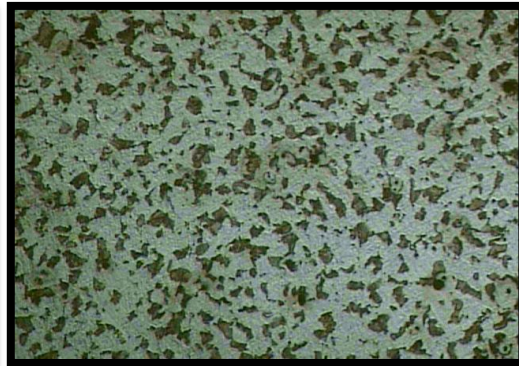
**4.2.1 Resultado entre microfotografías del pulido mecánico realizado en laboratorio de materiales FICM (pañó fino – pañó grueso) y el mecanismo de simulación del proceso SERVITORNO VARGAS (pañó fino – pañó grueso)**

**Microestructura (*Pañó fino*)**

Laboratorio de materiales FICM

**Microestructura (*Pañó fino*)**

Servitorno Vargas



**Acero AISI 1045, 100 X, Nital 4, 3seg.**

**Acero AISI 1045, 100 X, Nital 4, 3seg.**

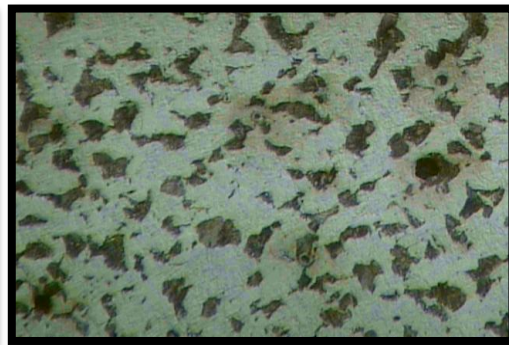
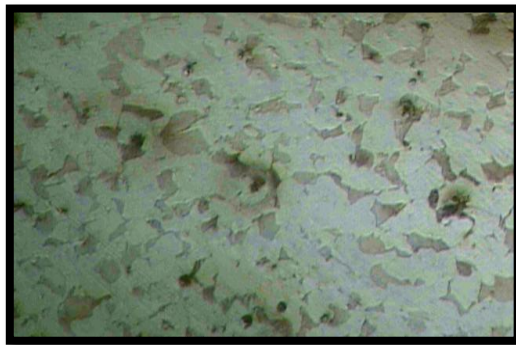
**Fuente:** *Christian Merino*

**Microestructura (*Pañó fino*)**

Laboratorio de materiales FICM

**Microestructura (*Pañó fino*)**

Servitorno Vargas



**Acero AISI 1045, 200 X, Nital 4, 3seg.**

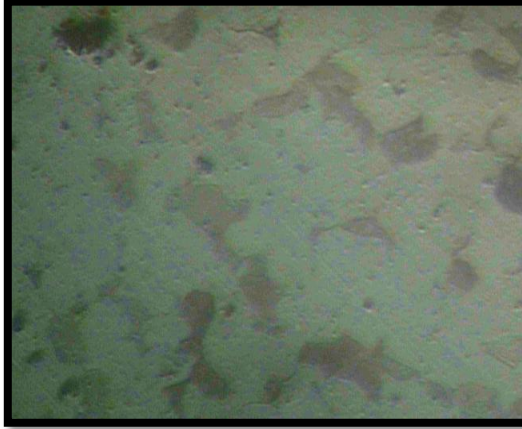
**Acero AISI 1045, 200 X, Nital 4, 3seg.**

**Fuente:** *Christian Merino*



**Microestructura (*Paño fino*)**

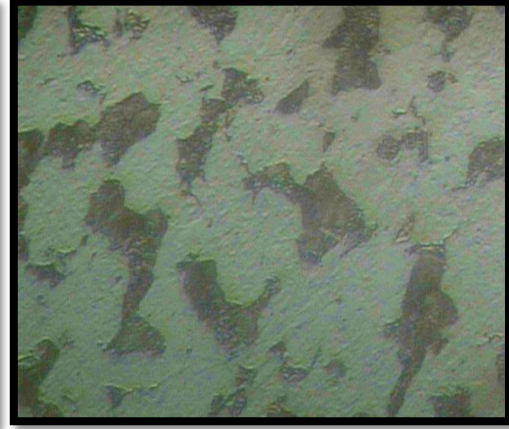
Laboratorio de materiales FICM



**Acero AISI 1045, 400 X, Nital 4, 3seg.**

**Microestructura (*Paño fino*)**

Servitorno Vargas



**Acero AISI 1045, 400X, Nital 4, 3seg.**

**Fuente:** *Christian Merino*

**Microestructura (*Paño grueso*)**

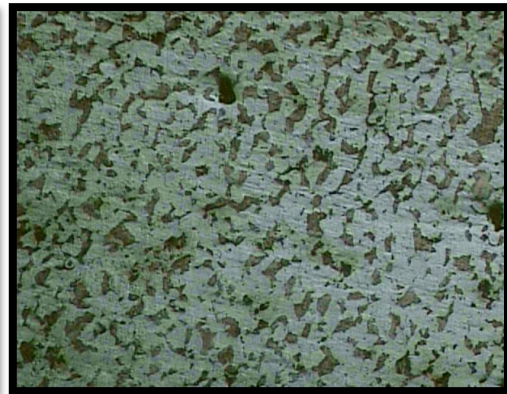
Laboratorio de materiales FICM



**Acero AISI 1045, 100 X, Nital 4, 3seg.**

**Microestructura (*Paño grueso*)**

Servitorno Vargas

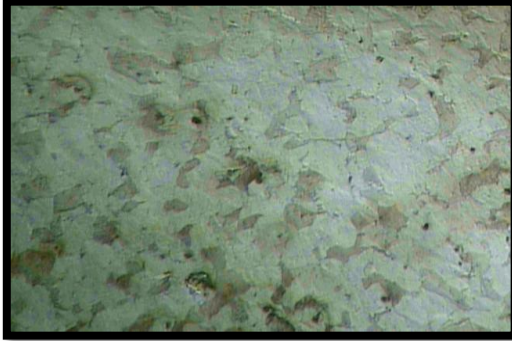


**Acero AISI 1045, 100X, Nital 4, 3seg.**

**Fuente:** *Christian Merino*

**Microestructura (*Paño grueso*)**

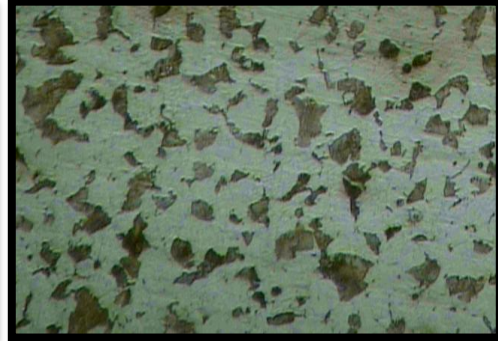
Laboratorio de materiales FICM



**Acero AISI 1045, 400 X, Nital 4, 3seg.**

**Microestructura (*Paño grueso*)**

Servitorno Vargas

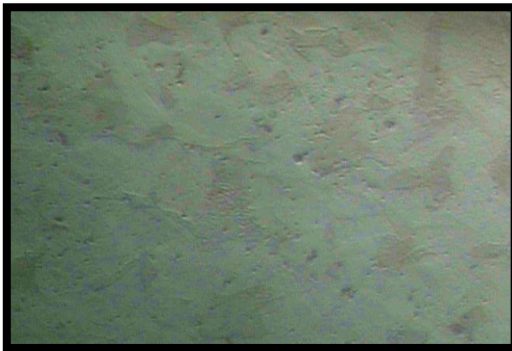


**Acero AISI 1045, 400X, Nital 4, 3seg.**

**Fuente:** *Christian Merino*

**Microestructura (*Paño grueso*)**

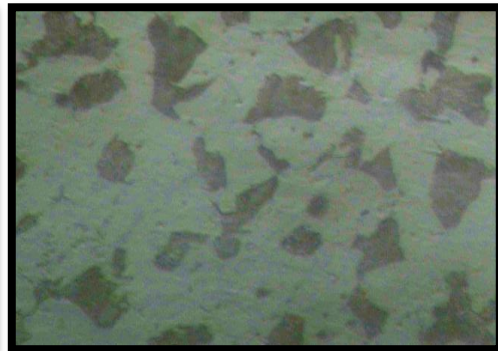
Laboratorio de materiales FICM



**Acero AISI 1045, 400 X, Nital 4, 3seg.**

**Microestructura (*Paño grueso*)**

Servitorno Vargas



**Acero AISI 1045, 400X, Nital 4, 3seg.**

**Fuente:** *Christian Merino*

En el estudio la comparación de resultados lo haremos por medio las pruebas creadas en la máquina pulidora con la que consta actualmente el Laboratorio, y el simulador sistema de pulido (Servitorno Vargas), que se utilizo para poder comparar.

Los resultados obtenidos a través del análisis de pruebas de funcionamiento, ayudaron notablemente para seleccionar el sistema de pulido más adecuado, controlando parámetros como: lijado de muestras, velocidad y tiempo de pulido, refrigeración, dosificación de Alúmina, tipo de paño y por último pasando de un sistema de pulido manual a un sistema de pulido semiautomático.

Del resultado comparativo entre pruebas realizadas y microfotografías del pulido, el mecanismo de simulación, nos indica que este último mejoró notablemente la calidad del pulido, controlando de manera eficaz los parámetros de funcionamiento y que además puede adaptar fácilmente al prototipo de pulido de probetas del Laboratorio de Materiales.

#### **4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Luego de haber ensayado materiales (probetas) y de haber obtenido distintas muestras, las cuales fueron analizadas y evaluadas tanto por inspección visual, tipo de máquina, tipo de paño, velocidad de rotación del disco, toma de tiempos del pulido, instrumentos para el ensayo metalográfico y calidad de pulido, se ha determinado que con el control de los parámetros ya mencionados en los ensayos se puede alcanzar un pulido de calidad.

Por otra parte realizados los ensayos experimentales, utilizando el método convencional de pulido mecánico para probetas de acero AISI 1045 se puede determinar que el método utilizado no satisface las propiedades analizadas con respecto al otro medio utilizado como es el de simulación del pulido mecánico de probetas, aumentando considerablemente la calidad del pulido como se observa en la comparación de microestructuras y así demostrando la hipótesis.

También se demostró la hipótesis estadísticamente, esto se realizó por medio de pruebas efectuadas, tanto al sistema de pulido actual como al sistema propuesto en este estudio (**Anexo 1**), y a su vez comparados uno con otro, esto función del factor de fricción ( $\mu$ )

Como parámetro de comparación entre estos, se tomo en cuenta al factor de fricción  $\mu$  que generan las probetas pulidas (tipo espejo), factor importante en la medición de este parámetro. Se utilizo un total de 30 muestras, es decir se pulió 15 muestras con el sistema de pulido actual y 15 muestras con el sistema de pulido propuesto, cantidad requerida para la verificación estadística de la hipótesis.

Para la obtención del factor de fricción  $\mu$  fue necesaria la utilización del método del inclinado (**Anexo 2**), con la ayuda de este se pudo obtener el ángulo con el cual las muestras empezaron a deslizarse sobre el plano inclinado.

En el caso de fricción estática es posible expresar esta ley en términos del ángulo de reposo límite  $\theta$  definido por:

$$\mu = K_c = \tan \theta$$

Donde:

$\mu =$  *factor fricción estatico*

$K_c =$  *factor fricción estatico en la superficie pulida*

En esta ecuación,  $\theta$  es el ángulo tal que un cuerpo de algún peso, colocado sobre un plano inclinado a un ángulo menor que  $\theta$  desde la horizontal permanecerá estacionario mientras que si se aumenta la inclinación del ángulo a  $\theta$ , el cuerpo empezará a deslizar hacia abajo. Estas consideraciones se cumplen igualmente para los casos de fricción sin y con lubricación.

Tomado de: M. Olmo y R Nave; Mecánica – Movimiento Armónico Simple año 2005 (Canada) y de la Física Clásica y Moderna - W. E. Gettys, F.J. Keller y M.J Skore – Mc Graw Hill, año 2004

Se tabulo la medida del ángulo en el momento en que la muestra se empezó a deslizar y se obtuvo los siguientes datos.



**Tabla 4.1. Datos obtenidos de las pruebas realizadas con los sistemas de pulido de probetas metalográficas.**

	N°	Factor de fricción (Método. Actual)	Factor de fricción (Método. Propuesto)
<b>PUEBAS</b>	1	0.286	0.249
	2	0.287	0.268
	3	0.325	0.306
	4	0.384	0.231
	5	0.404	0.249
	6	0.249	0.268
	7	0.268	0.213
	8	0.325	0.268
	9	0.287	0.268
	10	0.231	0.268
	11	0.249	0.306
	12	0.268	0.267
	13	0.213	0.286
	14	0.268	0.249
	15	0.287	0.305

*Fuente: Christian Merino*

**Tabla 4.2 Resumen y determinación del Chi Cuadrado ( $X^2$ )**

Pruebas	F. Esperada	GRADOS DE LIBERTAD		(FO-FE) <sup>2</sup>	(FO-FE) <sup>2</sup> /FE	
		F. Observada	GL= (#C-1)(#F-1)			
1	0.286	0.249		-0.037	0.001	0.005
2	0.287	0.268		-0.019	0.000	0.001
3	0.325	0.306		-0.019	0.000	0.001
4	0.384	0.231		-0.153	0.023	0.061
5	0.404	0.249		-0.155	0.024	0.059
6	0.249	0.268		0.019	0.000	0.001
7	0.268	0.213		-0.055	0.003	0.011

8	0.325	0.268	-0.057	0.003	0.010
9	0.287	0.268	-0.019	0.000	0.001
10	0.231	0.268	0.037	0.001	0.006
11	0.249	0.306	0.056	0.003	0.013
12	0.268	0.267	-0.001	0.000	0.000
13	0.213	0.286	0.073	0.005	0.025
14	0.268	0.249	-0.019	0.000	0.001
15	0.287	0.305	0.018	0.000	0.001
<b>TOTAL</b>					<b>0.198</b>

<b>GL= (2-1)(15-1)</b> <b>GL=14</b>
$X^2$ tabla ( Anexo 2) = 26.10 $X^2$ Calculado = <b>0.198</b>

***Fuente: Christian Merino***

Los resultados obtenidos en la tabla 4.2 nos muestra que el valor de  $X^2$  calculado es mucho menor que el valor de  $X^2$  de tablas, leído en función de los grados de libertad obtenidos y la probabilidad de encontrar valores similares (**Anexo 3**), es así que se determina entonces que la hipótesis ( $H_0$ ) se acepta, por lo tanto se tiene que el 95% de muestras pulidas con el sistema propuesto genera menor factor de fricción, es así, necesaria la implementación de un sistema de pulido de probetas metalográficas y obtener muestras con acabados de calidad para el Laboratorio de Materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Es importante mencionar que la máquina pulidora que posee actualmente el laboratorio se pueden obtener una muestra para el análisis metalográfico, mientras que con la máquina pulidora propuesta se puede obtener cuatro muestras pulidas simultáneamente para el análisis metalográfico, todo esto con el propósito de optimizar las practicas de ensayos metalográficos que se realizan en el Laboratorio de Materiales de la Carrera en Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica De Ambato.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Los tipos de paño utilizados fueron de dos clases: Paño fino 2 mm y paño grueso 3 mm, esto para las pruebas 1, 2, 3 y 4.
- En las pruebas 1, 2, 3 y 4, un parámetro importante fue el número de lijas utilizado en el desbaste, siendo estas: 240, 320, 400 y 600, esto para no tener problemas al momento de utilizar los sistemas de pulido propuestos para las pruebas.
- En las pruebas 1 y 2, al no contar con sistema de sujeción de probetas, se tuvo dificultad al momento de descender las mismas, lo que nos llevo a utilizar los dedos como mecanismo de sujeción para que las muestras no se despeguen.
- Para las pruebas 3 y 4, se realizó las pruebas de pulido con calidad, al evitar movimientos extraños al sistema, esto mediante el ajuste correcto de la probeta (sujeción)
- En la prueba 3 se pudo notar una calidad de pulido muy buena, controlando parámetros de funcionamiento, como el tipo de paño, las rpm y el tipo de sistema de pulido utilizado.
- El tiempo de pulido se redujo notablemente en las pruebas 3 y 4, con relación a las pruebas 1 y 2 en un 68% de los ensayos.

- Las pruebas efectuadas con el método propuesto nos dio como resultado un factor de fricción menor en relación al método del laboratorio, quedando con 95% de muestras pulidas con menor factor de fricción.

### **Recomendaciones**

- Luego de haber concluido con el estudio, se pone en manifiesto que el control de los parámetros de funcionamiento del sistema de pulido, influye directamente en la calidad de pulido de probetas metalográficas
- Las muestras o probetas que han de ser analizadas deben presentar un tamaño adecuado que permita su manejo. Las muestras de gran tamaño requieren tiempos de pulido excesivamente largos, mientras que las probetas demasiado pequeñas tienen a redondearse durante el desbaste.
- No emplear una excesiva lubricación de la probeta, debido a que dificultara al proceso y de pulido, por las salpicaduras de agua que se pueden generar en la parte interna y externa de la máquina.
- Es necesario verificar que no existan fugas de agua por ninguna parte, debido a que puede provocar problemas de cortocircuitos, ya que los sistemas propuestos son eléctricos.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1 DATOS INFORMATIVOS

##### TEMA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PULIDORA DE PROBETAS METALGRÁFICAS PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

*Tabla 6.1. Datos Generales de la propuesta*

<b>PERSONAL EJECUTORIO:</b>	
Ejecutor:	Christian Renato Merino Freire
<b>UBICACIÓN:</b>	
Institución:	Laboratorio de materiales FICM-UTA
Ciudad:	Ambato
Carrera:	Ingeniería Mecánica
Área:	Materiales
<b>BENEFICIARIO:</b>	
Laboratorio de materiales FICM-UTA	Estudiantes y egresados
Carrera:	Ingeniería Mecánica

*Fuente: Christian Merino*

## **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Para la presente investigación se recurrió a la realización de dos sistemas de pulido de probetas, relacionadas con el tema que ha sido objeto de estudio para este trabajo investigativo. Una vez analizados los sistemas se obtuvo datos reales de un problema real, dando como resultado datos que permitieron establecer una solución viable al problema en estudio y haciendo visible una necesidad del apoyo innovador en maquinaria que contribuya al mejoramiento de los procesos para el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

De igual forma, durante la etapa de investigación se logró conseguir en internet información de la Escuela Politécnica del Ejército de la Carrera de Ingeniería Mecánica, sus autores los señores Naranjo Carlos Andrés y Racines Ricardo Enrique con el tema “Diseño y construcción de una máquina de desbaste para probetas metalográficas” en donde se encontró estudios con aspectos relacionados al enfoque investigativo de nuestro estudio.

## **6.3 JUSTIFICACIÓN**

La investigación tiene un propósito primordial, que es dar el apoyo innovador en procesos de ejecución de tareas dentro del laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

La ejecución de esta máquina en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, contribuirá mucho en el aprendizaje de los estudiantes, ya que mediante las prácticas correspondientes se podrán determinar diversas propiedades y características, que le permitan al estudiante tomar una decisión acertada en lo que tiene que ver con la calidad de pulido de probetas metálicas, proporcionando así una mayor accesibilidad hacia los alumnos y maestros ya que será parte de la formación académica del alumnado de la carrera. Además se contará con un equipo el cual será de fácil manejo pero a la vez

proporcionará datos, los cuales podrán ser cotejados y comprobados con los datos de las prácticas realizadas por parte de los mismos estudiantes.

Por otro lado en el laboratorio de la carrera de ingeniería mecánica, es necesario tener un equipo de esta naturaleza, debido al aumento de los alumnos que cursan materias relacionadas como: Ingeniería de los materiales, estructuras, soldadura, esto para realizar las prácticas correspondientes a estos cursos.

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseño y construcción de una máquina pulidora de probetas metalográficas para el laboratorio de Materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

### **6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un sistema de pulido de calidad para probetas metalográficas, que sea de fácil manejo para las personas que lo utilicen.
- Seleccionar los componentes adecuados y que no representen costos elevados para que sea una implementación eficiente y de costos relativamente bajos.
- Construir la máquina pulidora (**4 probetas**)
- Elaborar un manual de mantenimiento básico para el sistema de pulido de probetas metálicas.
- Dotar a la Carrera de Ingeniería Mecánica de una máquina pulidora de probetas metalográficas.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

Esta investigación, se basada en el estudio de procesos, como es el pulido de probetas metalográficas, que es una rama muy importante de la Ingeniería Mecánica, con este estudio se llevo a concluir que la propuesta es realizable ya que se puede dar medios alternativos al momento de realizar prácticas, como es el caso del pulido de *cuatro muestras simultáneamente*, mejorando la calidad y tiempo de pulido en el Laboratorio de Materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, ya que se cuenta con la máquina pulidora y la información necesaria, como son los resultados y ensayos metalográficos.

Es preciso recalcar que el factor financiero para el desarrollo de nuestra propuesta no es un impedimento debido a que los gastos que se presenten serán por cuenta del autor de trabajo y que a su vez son moderados. Por último queda decir que la propuesta planteada es una necesidad que debe ser cubierta a la brevedad posible.

## **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

Para comenzar el diseño, es necesario partir de valores específicos que influirán directamente en los cálculos, dimensionamiento de los elementos de máquinas, selección de los materiales y sistemas a emplear; de esta manera, se asegurará que el diseño cumpla con los requerimientos, así como las exigencias propias del método común de pulido.

### **6.6.1 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Los parámetros de inicio en el diseño de la máquina pulidora de muestras metalográficas son:

- Velocidad de los discos porta paño: la velocidad del disco debe de ser 262 rpm. Teniendo en consideración la velocidad del disco porta paño de las pruebas realizadas por el sistema propuesto en el capítulo 4.



- Carga aplicada durante el proceso: la carga debe ajustarse a determinada magnitud y la mayor carga aplicada a cada muestra deberá ser de **20 N**. Teniendo en consideración la carga que se aplicó; según la norma: **ASTM E 3 – 01**: Guía Estándar para la preparación de muestras metalográficas (*Anexo A1*)

### **6.6.2 DIMENSION DE LAS PROBETAS**

Entre datos principales se destacan los siguientes: forma geométrica, diámetro y altura. Los datos a considerar en la dimensión de la probeta son:

- Forma geométrica: Esta será forma cilíndrica.
- Diámetro: considerando el montaje en caliente o en frío que se realiza en un laboratorio de metalografía, esta medida se puede variar el diámetro de 22 mm a 33 mm
- Altura: la probeta debe tener una altura no menor a 16 mm, ya que después del lijado la muestra tiene que ser introducida en un mecanismo para ser pulida en la máquina. Para esto se recomienda que las muestras sobresalgan 3 mm de la superficie del disco porta muestras.

### **6.6.3 PRESIÓN DE PULIDO**

Considerando que 20 N es la carga máxima que debe ser aplicada a cada muestra, se utilizará un resorte como mecanismo de simulación para ejercer dicha presión de pulido.

Se considera como necesario el estudio de la ley de Hooke para un resorte: el alargamiento es proporcional a la fuerza aplicada, ecuación 6.1; según Shigley, Octava edición, año 2008; Capítulo 3

$$F = K \cdot \Delta x$$

**Ec. (6.1)**

Dónde:

$F =$  Carga aplicada a las muestras

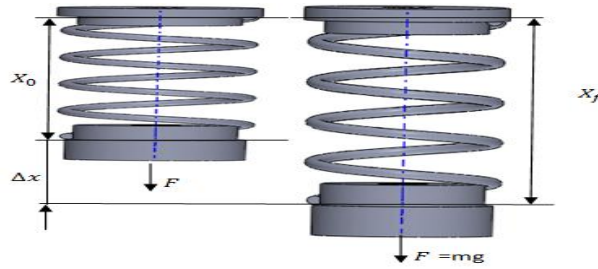
$K =$  Constante del resorte

$\Delta x =$  Desplazamiento del resorte

### 6.6.3.1 CÁLCULO DE $K$ COSNTANTE DEL RESORTE

La constante  $K$  del resorte la determinaremos experimentalmente, para ello es necesario:

1. Medir la longitud inicial del resorte utilizado  $X_0 = 50 \text{ mm}$  (0,05 m)



**Figura. 6.1** Diagrama de cuerpo libre del resorte

**Fuente:** Christian Merino

2. Colgar del extremo inferior del resorte una masa. Para esto se lleno 4 fundas de agua con una cierta cantidad, mismo que fue llevado a una balanza, donde se tomo los datos en gramos.



**Figura. 6.2** Masa utilizada para medir la fuerza

**Fuente:** Christian Merino

3. Se vario el valor de la masa colgante por cuatro veces, luego se registro estos valores; así como también mida la longitud final del resorte en cada caso



**Figura. 6.3** Variación de la masa  
Fuente: Christian Merino

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos experimentalmente para el cálculo de Constante K del resorte utilizado.

**Tabla. 6.2** Datos obtenidos experimentalmente

DATOS DEL ENSAYO EXPERIMENTAL.						
Masa Colgante m (g)	<b>m1</b>	<b>m2</b>	<b>m3</b>	<b>m4</b>		
	340	479	304	591		
Fuerza Aplicada F = mg (N)	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>		
	3,332	4,6942	2,9792	5,7918		
Longitud inicial del resorte $X_o$ (m) (50 mm)	0,05					
Longitud final del resorte $X_f$ (m)	<b>Xf1</b>	<b>Xf2</b>	<b>Xf3</b>	<b>Xf4</b>		
	0,057	0,06	0,054	0,063		
Desplazamiento resorte $\Delta_o = X_o - X_f$ (m)	<b><math>\Delta_o1</math></b>	<b><math>\Delta_o2</math></b>	<b><math>\Delta_o3</math></b>	<b><math>\Delta_o4</math></b>		
	0,007	0,01	0,004	0,013		
Constante de Elasticidad del resorte $K = F/\Delta_o$ (N/m)	<b>476,00</b>	<b>469,42</b>	<b>744,80</b>	<b>445,52</b>	<b>533,94</b>	<b>N/m</b>
						<b>Cosntante</b> <b><math>K_{prom.}</math></b>

Fuente: Christian Merino

Con la ecuación 6.1 obtenemos el desplazamiento que sufre el resorte por acción de la presión de pulido.

$$\Delta x = \frac{F}{K}$$

$$\Delta x = \frac{20 \text{ N}}{533,94 \frac{\text{N}}{\text{m}}}$$

$$\Delta x = 0,037 \text{ m} = 37,45 \text{ mm}$$

#### **6.6.4 CÁLCULO DE INERCIAS**

Para determinar la potencia del motor es necesario conocer cuáles son los elementos que van estar en movimiento, además determinar la inercia de cada uno de estos

Cálculo de inercias de los elementos que se encuentran en movimiento, para lo cual tomaremos como ayuda de cálculo tablas de Propiedades Geométricas de Shigley, Octava edición, año 2008

##### **Polea Motor**

Encargado de transmitir la velocidad angular del motor al sistema de pulido.

Material = Aleación de Aluminio 4160 (Aluminio al silicio)

Selecciona este material por su buena resistencia a la corrosion, liviano, de facil maquinabilidad, facil de encontrar en el mercado local y este a su vez cumple con con los requerimientos de diseño como es el trabajo con agua.

*Sistema trabaja con agua*

*Diámetro = 2 pulgadas*

Para calcular la inercia se analizará como un cilindro hueco con la ecuación 6.1

$$I = \frac{1}{2}m(r_1^2 + r_2^2) \quad \text{Ec. (6.2)}$$

$$V = \frac{\pi}{4}h(D^2 - d^2) \quad \text{Ec. (6.3)}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

**Ec. (6.4)**

Donde:

*m*: Masa del cuerpo

*V*: Volumen del cuerpo

$\rho$ : Densidad del aluminio comercial  $\rho = 2700 \frac{kg}{m^3}$  (Anexo A2)

Datos:

$$V = 4.3583 \times 10^{-5} m^3$$

$$m = 0.1177 kg$$

$$I_{POLEA\ MOTOR} = 4.3278 \times 10^{-5} kg/m^2$$

### **Polea Conducida**

Encargado de accionar los elementos móviles del sistema de pulido.

*Diámetro = 10 pulgadas*

Material = Aleación de Aluminio 4160 (Aluminio al silicio)

Para el cálculo de la inercia utilizaremos la ecuación 6.1, 6.2 y 6.3



**Figura. 6.4** Polea del eje principal

**Fuente:** Christian Merino

Dátos:

$$V = 1.2545 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m = 3.3871 \text{ kg m}^2$$

$$I_{POLEA EJE} = 0.02758 \text{ kg/m}^2$$

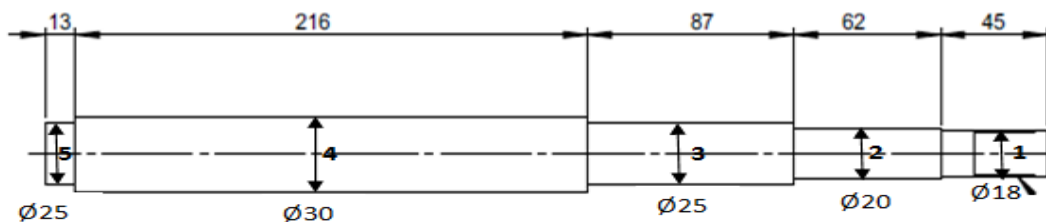
### Eje Principal

Donde se acoplan los elementos móviles del sistema de pulido.

Para determinar la inercia del eje se realizará los cálculos por partes debido a que el eje es de sección variable.

Material: AISI 1018 Lamin. en caliente. Se utiliza en operaciones de deformación plástica como remachado y extrusión. Se utiliza también en componentes de maquinaria debido a su facilidad para conformarlo y soldarlo. Piezas típicas son los pines, cuñas, remaches, rodillos, piñones, pasadores, tornillos y aplicaciones de lámina

Densidad del acero  $\rho_{\text{acero}} = 7850 \text{ kg/m}^3$  (Anexo A2)



**Figura. 6.5 Eje Principal**

**Fuente: Christian Merino**

La inercia para elementos cilíndricos se calcula con la ecuación 6.4, 6.5 y 6.6

$$I = \frac{1}{2} mr^2 \quad \text{Ec. (6.5)}$$

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 h \quad \text{Ec. (6.6)}$$

Dátos:

$$m_1 = 0.0899 \text{ kg} \quad V_1 = 1.1451 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \quad d_1 = 18 \text{ mm} = 0.018 \text{ m} \quad h_1 = 45 \text{ mm} = 0.045 \text{ m}$$

$$m_2 = 0.1529 \text{ kg} \quad V_2 = 1.9477 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \quad d_2 = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m} \quad h_2 = 62 \text{ mm} = 0.062 \text{ m}$$

$$m_3 = 0.33524 \text{ kg} \quad V_3 = 4.271 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \quad d_3 = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m} \quad h_3 = 87 \text{ mm} = 0.087 \text{ m}$$

$$m_4 = 1.1985 \text{ kg} \quad V_4 = 1.5268 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \quad d_4 = 30 \text{ mm} = 0.03 \text{ m} \quad h_4 = 216 \text{ mm} = 0.216 \text{ m}$$

$$m_5 = 0.05 \text{ kg} \quad V_5 = 6.3813 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \quad d_5 = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m} \quad h_5 = 13 \text{ mm} = 0.013 \text{ m}$$

$$I_1 = 3.641 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$$

$$I_2 = 7.645 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$$

$$I_3 = 2.619 \times 10^{-5} \text{ kgm}^2$$

$$I_4 = 1.3483 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

$$I_5 = 3.906 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$$

$$I_{EJE \text{ PRINCIPAL}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5$$

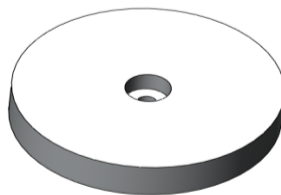
$$I_{EJE \text{ PRINCIPAL}} = 1.76212 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

### Disco Porta Paño

Para el cálculo de la inercia se analizará como un cilindro hueco, por lo que utilizaremos la ecuación 6.2

*Material: Aleación 4160 Aluminio al silicio*

*Densidad Aluminio comercial  $\rho = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (Anexo A2)*



**Figura. 6.6** Disco porta paño

**Fuente:** Christian Merino

Datos:

$$v = 0.002249 \text{ m}^3 \quad m = 6.0723 \text{ kg} \quad d_{ext} = 240 \text{ mm} \quad d_{int} = 18 \text{ mm} \quad h = 50 \text{ mm}$$

$$I_{DISCO} = 0.04396 \text{ Kg m}^2$$

### **Rodela base disco porta paño.**

Para el cálculo de la inercia utilizaremos la ecuación 6.2

Material: AISI 1020 Por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria. Dureza 111 HB

*Esfuerzo de fluencia* 205 MPa (29700 PSI)

*Esfuerzo máximo* 380 MPa (55100 PSI)

*Densidad del acero:*  $\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (Anexo A2)



**Figura. 6.7** Rodela base disco porta paño

**Fuente:** Christian Merino

Datos:

$$v = 5.03157 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \quad m = 0.3949 \text{ kg} \quad d_{ext} = 70 \text{ mm} \quad d_{int} = 18 \text{ mm} \quad h = 14 \text{ mm}$$

$$I_{RODELA} = 2.5786 \times 10^{-4} \text{ Kg m}^2$$

$$I_T = I_{POLEA MOTOR} + I_{POLEA EJE} + I_{EJE} + I_{DISCO} + I_{RODELA}$$

$$I_T = 0.0720 \text{ Kg.m}$$

### **6.6.5 CÁLCULO DE VELOCIDAD ANGULAR.**

Las pruebas de pulido realizadas por el sistema propuesto permitieron establecer una velocidad angular del disco porta paño de **262 rpm.**



Para el cálculo del motor utilizaremos la velocidad angular encontrada para el pulido ideal.

$$\omega_p = 262 \text{ rpm}$$

$$\omega_p = 27.4365 \text{ rad/s}$$

### 6.6.6 CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN ANGULAR

Para calcular la aceleración se considera que; cada vez que se utilice el sistema de pulido; todos los elementos móviles que se encuentran en reposo y parte de una velocidad angular inicial de **0**. Además los fabricantes de motores establecen que para alcanzar una aceleración constante se requiere **0.5** segundos, valor que se considera para el cálculo respectivo y utilizaremos la ecuación 6.7

$$w = \omega_0 + \alpha t \quad \text{Ec. (6.7)}$$

Dónde:

$\alpha$ : Velocidad angular inicial ( $\text{rad/s}^2$ )

$w$  : Velocidad angular final ( $\text{rad/s}^2$ )

$t$ : Tiempo de arranque en que se demora el motor en alcanzar la aceleración constante (s)

$$w = \alpha t \quad \alpha = w/t$$

$$\alpha = 54.873 \text{ rad/s}^2$$

### 6.6.7 CÁLCULOS DE TORQUES

El torque que se necesita para girar todos los elementos que giran; se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$T = I \cdot \alpha \quad \text{Ec. (6.8)}$$

Dónde:

$T$ : torque ( $N \cdot m$ )

$I$ : inercia del sistema ( $kg/m^2$ )

$\alpha$  = aceleración angular ( $rad/s^2$ )

$$T = (0.0720 \text{ kg. m}) (54.873 \frac{rad}{s^2})$$

$$T = 3.951 \text{ N. m}$$

### 6.6.8 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA

Es la potencia que se necesita para mover todos los elementos móviles que conforman el sistema de pulido. Se calcula a partir de la siguiente ecuación de Shigley, Octava edición, año 2008; Capitulo 18

$$P_R = T * w \quad \text{Ec. (6.9)}$$

Donde:

$P_R$  = Potencia requerida (W)

$T$  = Torque (N. m)

$w$  = velocidad angular ( $\frac{rad}{s}$ )

$$P_R = 108.3976 \text{ W}$$

$$P_R = 0.145 \text{ HP}$$

Considerando que el sistema de transmisión para bandas abiertas puede estar mal tensionado, va a existir vibraciones debido a las prolongadas horas de funcionamiento y también una mala instalación y numerosos arranques del motor tomaremos un factor de servicio igual a 2 y calcularemos con la siguiente ecuación. 6.10

$$P_S = P_R * f_s \quad \text{Ec. (6.10)}$$

Dónde:

$P_S$ : Potencia del sistema

$f_s$ : Factor de servicio

$$P_S = 0.3 \text{ HP}$$

### 6.6.9 POTENCIA DEL MOTOR

Para calcular la potencia consideraremos que el motor va a funcionar a plena carga con un rendimiento del 65 %, calculado con la siguiente ecuación. 6.11

$$P_m = \frac{P_s}{\eta_m} \quad \text{Ec. (6.11)}$$

Dónde:

*P<sub>s</sub>*: Potencia del sistema

*η<sub>m</sub>*: rendimiento motor 65%

$$P_m = 0.4615HP \cong 0.5 HP$$

Los cálculos realizados según los parámetros de funcionamiento establecidos permitieron obtener una potencia del motor de **1/2HP**. Verificando la disponibilidad en nuestro medio motores de esta capacidad no son muy comerciables; por lo que; seleccionaremos un motor de **1HP** trifásico que podrá ser controlado mediante un variador de frecuencia para regular la velocidad del sistema de pulido.

### 6.6.10 SELECCIÓN DE LA BANDA.

Para diseñar partiremos de los siguientes parámetros y considerando las ecuaciones de cálculo de Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, octava edición, año 2008: Capitulo 17.

El sistema para transmitir el movimiento de giro del motor al sistema de pulido está conformado de los siguientes elementos:

*Transmisión: banda abierta*

*Polea motor: 2 pulg.; n = 1320 rpm*

*Polea impulsada: 10 pulg.; n = 262 rpm*

*Asumo una banda Tipo A 47(Anexo A3)*

### Cálculo de la longitud de Paso

$$Lp = L + Lc \quad \text{Ec. (6.12)}$$

$Lc = 1.3$ ; Leído de tablas (Anexo A4)

$$Lp = 47 + 1.3 = 48.3 \text{ pulg.}$$

**Cálculo de la distancia entre centros**

$$c = 0.25\left\{ \left[ Lp - \frac{\pi}{2}(D+d) \right] + \sqrt{\left[ Lp - \frac{\pi}{2}(D+d) \right]^2 - 2(D-d)^2} \right\} \quad \text{Ec. (6.13)}$$

$$c = 14.16029 \text{ pulg.} = 359.6713 \text{ mm.} = 35.9671 \text{ cm}$$

**Cálculo del ángulo de contacto de la polea motor**

$$\vartheta d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D-d}{2c} \quad \text{Ec. (6.14)}$$

$$\vartheta d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{10^{11} - 2^{11}}{2 * 14.16029}$$

$$\vartheta d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1}(0.28248)$$

$$\vartheta d = \pi - 0.57275$$

$$\vartheta d = 2.5688 \text{ rad} = 147.1838^\circ$$

$$\exp(0.5123\vartheta)$$

$$\exp(0.5123 * 2.5688) = 3.72846$$

**Angulo de contacto de la polea impulsada**

$$\vartheta D = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D-d}{2c} \quad \text{Ec. (6.15)}$$

$$\vartheta D = 3.7143 \text{ rad} = 212.8162^\circ$$

**Cálculo de la longitud de la banda**

$$L = [4c^2 - (D-d)^2]^{1/2} + \frac{1}{2} (D\vartheta D + d\vartheta d) \quad \text{Ec. (6.16)}$$

$$L = 48.31 \text{ pulg}$$

**Cálculo de la velocidad periférica**

$$v = \frac{\pi dn}{12} \quad \text{Ec. (6.17)}$$

$$v = 685.9144 \text{ pies/min}$$

**Cálculo del factor de corrección del ángulo de contacto. Según tabla 17.13 (Anexo A5)**

$$\frac{D - d}{c} = \frac{10 - 2}{14.16029} = 0.5649$$

$$0.5 \rightarrow 0.81$$

$$0.5649 \rightarrow k_1$$

$$0.6 \rightarrow 0.83$$

$$K_1 = 0.823$$

**Cálculo del factor de corrección de longitud de banda. Según tabla 17.14**

**(Anexo A6)**

$$46 \rightarrow 0.9$$

$$47 \rightarrow k_2$$

$$48 \rightarrow 0.95$$

$$K_2 = 0.925$$

**Cálculo de la potencia permitida por la banda**

$$H_a = k_1 \cdot k_2 \cdot H_{tab} \quad \text{Ec. (6.18)}$$

Donde:

*k*<sub>1</sub>: Factor de corrección del ángulo de contacto

*k*<sub>2</sub>: Factor de corrección de longitud de banda

$$1000 \quad 2000$$

$$\left. \begin{array}{l} 2 \rightarrow 0.185 \rightarrow 0.035 \\ 2.6 \rightarrow 0.47 \rightarrow 0.62 \\ 3 \rightarrow 0.66 \rightarrow 1.01 \end{array} \right\} \text{Extrapolando}$$

$$\left. \begin{array}{l} 2000 \rightarrow 0.035 \\ 1000 \rightarrow 0.185 \end{array} \right\} \text{Extrapolando}$$

$$685.9144 \rightarrow H_{tab}$$

$$H_{tab} = 0.2321$$

$$H_a = 0.2$$

### **Cálculo de la potencia de diseño**

$$H_d = K_s \cdot H_{nom}. \quad \text{Ec. (6.19)}$$

$$K_s = 1.3: \text{Leido de tabla 17.15 (Anexo A7)}$$

$$H_d = 1.3 H_p$$

### **Cálculo del número de bandas**

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} = \frac{1.3}{0.2} = 6.5 \quad \text{Ec. (6.20)}$$

### **Cálculo de la Tensión Centrifuga**

$$F_c = K_c \left( \frac{v}{1000} \right)^2 \quad \text{Ec. (6.21)}$$

$$K_c = 1.3 \text{ Leido tabla 17,16 (Anexo A8)}$$

$$F_c = 0.2639 \text{ Lb.}$$

### **Cálculo de la tensión mayor**

$$\Delta F = \frac{63025 \frac{H_d}{N_b}}{n \left( \frac{d}{2} \right)}$$

$$\Delta F = 9.6221$$

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi)^{-1}}$$

$$F_1 = 13.4126 \text{ Lb.}$$

### **Cálculo de la tensión menor.**

$$F_2 = F_1 - \Delta F$$

$$F2 = 3.791 \text{ Lb.}$$

### Cálculo de la tensión inicial

$$Fi = \frac{F1+F2}{2} - Fc \quad \text{Ec. (6.22)}$$

$$Fi = 8.3379 \text{ Lb.}$$

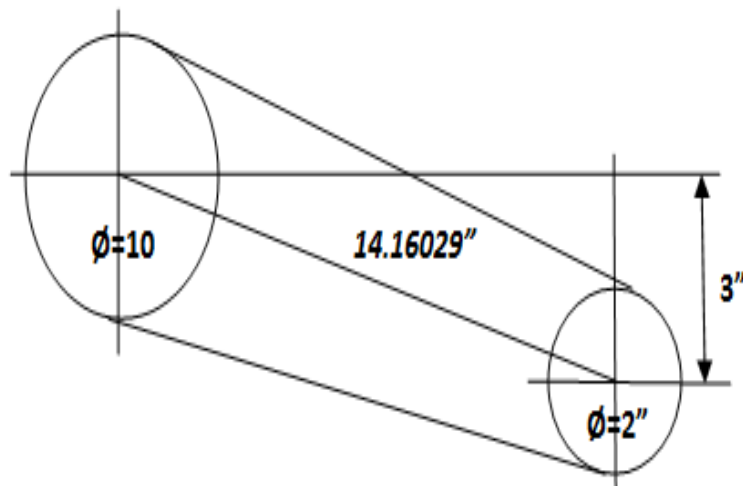
### Cálculo del factor de seguridad

$$\dot{n}f_s = \frac{Ha \cdot Nb}{Hnom \cdot Ks} \quad \text{Ec. (6.23)}$$

$$\dot{n}f_s = 1 \text{ [Satisfactorio]}$$

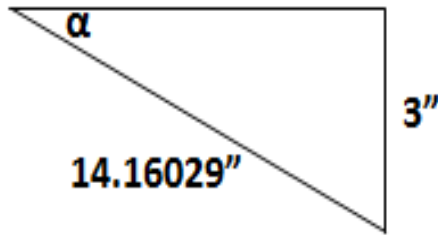
La banda asumida es satisfactoria por lo tanto selecciono una banda tipo **A47**

### 6.6.10.1 ORIENTACIÓN DE LAS TENSIONES DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN



*Figura. 6.8 Orientación de tensiones*

*Fuente: Christian Merino*



**Figura. 6.9** Diagrama de cuerpo libre ángulo de contacto  
**Fuente:** Christian Merino

$$\text{sen } \alpha = \frac{3''}{14.16029''}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}(0.2118)$$

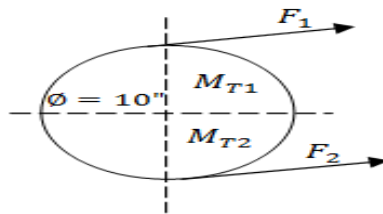
$$\alpha = 12.23^\circ$$

### 6.6.11 CÁLCULO DEL MOMENTO TORSOR

La polea impulsada que se encuentra acoplado en el eje principal genera un momento torsor; por lo que, es importante el diseño por resistencia estática y fatiga.

Para el cálculo del momento torsor utilizamos la siguiente ecuación. 6.24

$$MT = r * F \tag{Ec. (6.24)}$$



**Figura. 6.10** Diagrama de cuerpo libre de la polea del eje  
**Fuente:** Christian Merino

$$MT1 = r * F1$$

$$MT1 = 0.7743 \text{ kg.m}$$

$$MT2 = r * F2$$



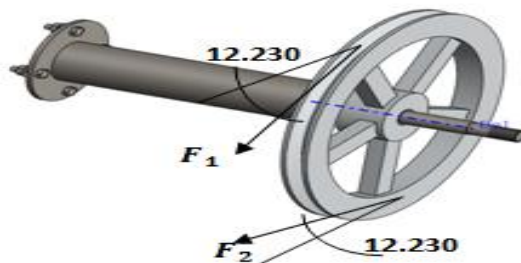
$$MT_2 = 0.2188 \text{ kg.m}$$

$$MT = 0.7743 \text{ kg.m} + 0.2188 \text{ kg.m}$$

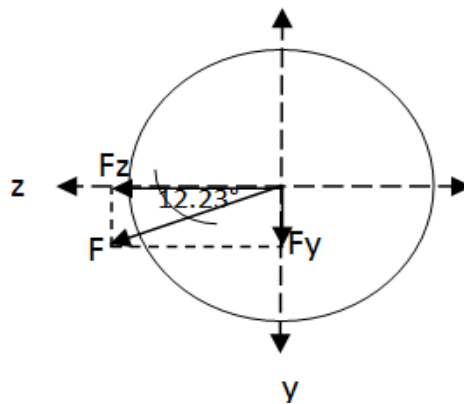
$$MT = 0.9931 \text{ kg.m} \quad MT = T = 5.4439 \text{ N.m}$$

### 6.6.12 DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL

En la siguiente figura se indica las fuerzas que se encuentran en el eje principal del sistema de pulido.



**Figura. 6.11** Eje principal  
Fuente: Christian Merino



**Figura. 6.12** Tensiones generadas por el sistema de transmisión

Fuente: Christian Merino

$$F = F_1 + F_2$$

$$F = 6.0966 \text{ kg} + 1.7232 \text{ kg} \quad F = 7.8198 \text{ kg}$$

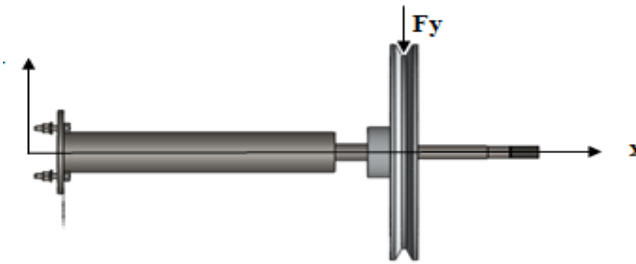
$$\text{Sen } 12.32^\circ = \frac{F_y}{F} \quad F_y = 1.6565 \text{ kg}$$

$$\cos 12.23^\circ = \frac{Fz}{F}$$

$$Fz = 7.64233 \text{ kg}$$

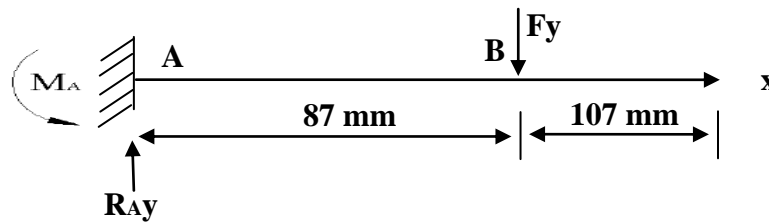
Como el eje principal se encuentra soportando fuerzas en diferentes planos el cálculo de reacciones y momentos se realizara por planos. Para el análisis del eje se analizará como una viga en voladizo soportando una carga puntual debido a que el eje principal se encuentra apoyado en uno de sus extremos.

**Plano(x-y)**



*Figura. 6.13 Eje principal plano (x-y)*

*Fuente: Christian Merino*



*Figura. 6.14 Diagrama de cuerpo libre Eje Principal plano (x-y)*

*Fuente: Christian Merino*

**Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector**

$$\sum M_A = 0$$

$$MA - (Fy)(0.087 \text{ m}) = 0$$

$$MA = Fy \cdot 0.087$$

$$MA = (1.6565 \text{ kg})(0.087 \text{ m})$$

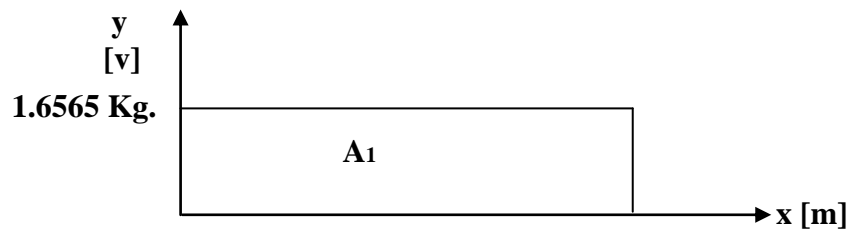
$$MA = 0.1441 \text{ kg.m}$$

$$\sum Fv = 0$$

$$Ray - Fy = 0$$

$$Ray = Fy$$

$$Ray = 1.6565 \text{ kg}$$



**Figura. 6.15** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Principal (x-y)

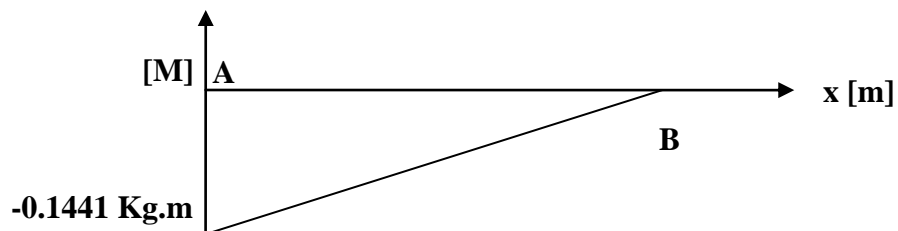
**Fuente:** Christian Merino

$$A1 = b \times h = (0.087)(1.6565 \text{ kg})$$

$$A1 = 0.1441 \text{ kg.m}$$

$$MA = 0.1441 \text{ kg.m}$$

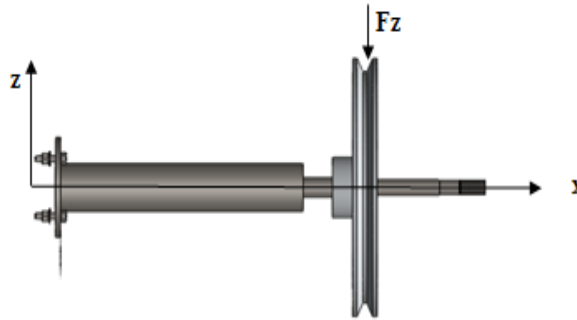
$$MB = -0.1441 \text{ kg} + 0.1441 \text{ kg.m} = 0$$



**Figura.6.16** Diagrama de Momento Flector del Eje Principal (x-y)

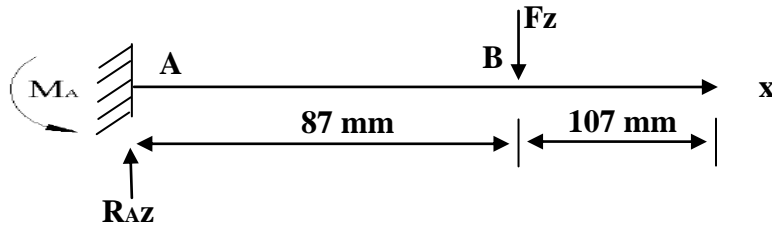
**Fuente:** Christian Merino

**Plano(x-z)**



*Figura. 6.17 Eje principal plano (x-z)*

*Fuente: Christian Merino*



*Figura. 6.18 Diagrama de cuerpo libre Eje principal plano (x-z)*

*Fuente: Christian Merino*

**Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector**

$$\sum M_A = 0$$

$$MA - Fz(0.087 \text{ m}) = 0$$

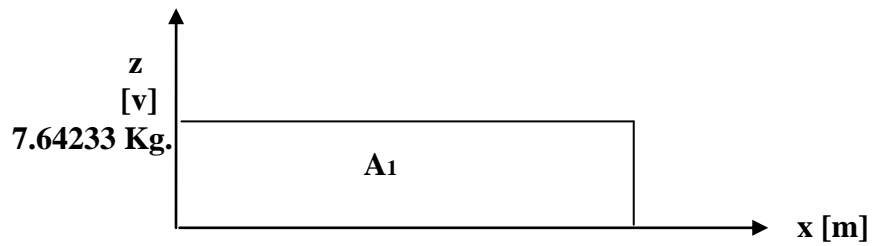
$$MA = (7.64233 \text{ kg})(0.087 \text{ m})$$

$$MA = 0.6649 \text{ kg.m}$$

$$\sum Fv = 0$$

$$Raz - Fz = 0$$

$$Raz = Fz = 7,6423 \text{ Kgf}$$



**Figura. 6.19** Diagrama de Fuerza Cortante del Eje Principal (x-z)

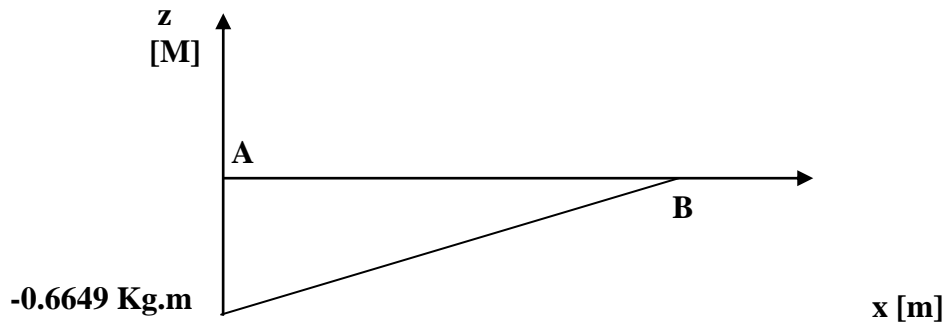
**Fuente:** Christian Merino

$$A1 = b \times h = (0.087 \text{ m})(7.64233)$$

$$A1 = 0.6649 \text{ kg.m}$$

$$MA = -0.6649 \text{ kg.m}$$

$$MB = -0.6649 \text{ kg} + 0.6649 \text{ kg.m} = 0 \text{ kgf.m}$$



**Figura. 6.20** Diagrama de Momento Flector del Eje Principal (x-z)

**Fuente:** Christian Merino

### 6.6.12.1 Diseño por Resistencia estática

Para el diseño partiremos de los siguientes datos:

*Sección Circular*

*Material: AISI 1018 Laminado en caliente.*

*Max = 6,6673*

$$T_{max} = 5,4439 \text{ N.m}$$

$$\phi = 25 \text{ mm}$$

**Cálculo del esfuerzo máximo por flexión y se determina con la siguiente ecuación**

**6.25**

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3} \quad \text{Ec. (6.25)}$$

$$\sigma_x = 4,3464 \text{ MPa}$$

**Cálculo del esfuerzo máximo torsión y se determina con la siguiente ecuación**

**6.26**

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{(16)(5.4439 \text{ N.m})}{\pi(0,025)^3} \quad \text{Ec. (6.26)}$$

$$\tau_{xy} = 1,7744 \text{ MPa}$$

Para evaluar si el material seleccionado así como el diámetro es el correcto utilizaríamos la teoría de esfuerzos combinados de Von-Misses.

$$\sigma^1 = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma^1 = \sqrt{(4,3464)^2 + 3(1,7744)^2}$$

$$\sigma^1 = 5,3232 \text{ MPa}$$

Para el cálculo del factor de seguridad utilizaremos la siguiente ecuación. 6.27

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{Ec. (6.27)}$$

$$S_y = 220 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{220 \text{ Mpa}}{5,3232 \text{ Mpa}}$$

$$n = 41,3285$$

### 6.6.13.2 Diseño por Resistencia dinámica

Para realizar el diseño por resistencia a fatiga consideramos los siguientes parámetros:

El eje gira a 262 rpm; considerando que la maquina va a funcionar 8 horas diarias el eje realizaría 125760 ciclos.

*El material es AISI 1018 laminado en caliente*

*Eje de sección circular*

*Resistencia a la fluencia:  $S_y = 220 \text{ MPa}$*

*Resistencia a la tensión :  $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$*

$$S_e' = (0,5)(S_{ut})$$

$$S_e' = 0.5 * 400 \text{ MPa}$$

$$S_e' = 200 \text{ MPa}$$

**Factor de condición superficial utilizaremos la siguiente ecuación. 6.28**

$$K_a = aS_{ut}^b \quad \text{Ec. (6.28)}$$

$$\left. \begin{array}{l} a = 4,51 \\ b = -0,265 \end{array} \right\} \text{Leído de tablas 6.2 (Anexo A10)}$$

$$K_a = 0,9218$$

**Factor de modificación de tamaño, utilizaremos la siguiente ecuación. 6.29**

$$K_b = \left( \frac{d}{0,3} \right)^{-0.107} \quad \text{Ec. (6.29)}$$

$$K_b = 0.881$$

**Factor de modificación de carga**

$$K_e = 0.87$$

### **Factor de temperatura**

Una temperatura de funcionamiento 20 °C el factor

$$kd = 1; \text{ leído tabla 6.4 (Anexo A11)}$$

### **Factor de confiabilidad.**

Para una confiabilidad del 90%;  $Ke = 0.897$ ; leído tabla 6.5 (Anexo A 12)

### **Factor de modificación de efectos varios.**

Como la sección donde se encuentra soportando la carga puntual es uniforme  $kf = 1$

$$Se = ka.kb.kc.kd.ke.kf.Se^1$$

$$Se = (0.9218)(0.881)(0.85)(1)(0.897)(1)(200 MPa)$$

$$Se = 123.838 MPa$$

### **Resistencia a la fatiga, utilizaremos la siguiente ecuación. 6.30**

$$a = \frac{(f \cdot Sut^2)}{Se} \quad \text{Ec. (6.30)}$$

$$f = 0.9 \text{ porque } Sut < 70 MPa$$

$$a = 1046,5285 MPa$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left( \frac{f \cdot Sut}{se} \right)$$

$$b = -0,1545$$

$$Sf = an^b$$

$$Sf = 170,5578 MPa$$

### **Cálculo del factor de seguridad**

$$n = \frac{sf}{\sigma'}$$



$$n = \frac{170.5578 \text{ MPa}}{5.3232 \text{ MPa}} \qquad n = 32.040$$

Para evaluar nuevamente aplicaremos la teoría de falla por fatiga de Goodman Modificado, utilizaremos la siguiente ecuación 6.31

$$nf = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} \qquad \text{Ec. (6.31)}$$

Dónde:

$$\sigma_a = \sigma_x = 4,3464 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3}\sigma_{xy} = 0,0733 \text{ MPa}$$

$$nf = \frac{1}{0,0427} \qquad nf = 23,42$$

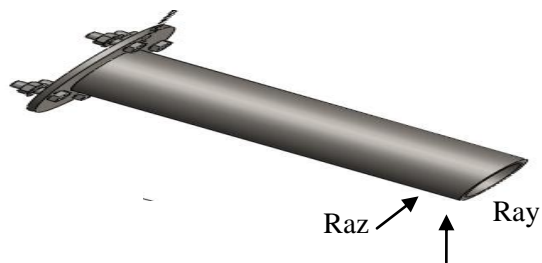
Los resultados obtenidos por diseño estático y a fatiga indican que el diámetro del eje seleccionado soporta sin problemas las fuerzas actuales en el mismo.

### 6.6.13 DISEÑO DEL SOPORTE DEL EJE PRINCIPAL

En este soporte se encuentra acoplado el eje principal y sus rodamientos respectivos para permitir el libre funcionamiento del eje.

Para el diseño se analizara como una viga en voladizo debido a que uno de sus extremos se encuentra empotrado a la estructura de la maquina.

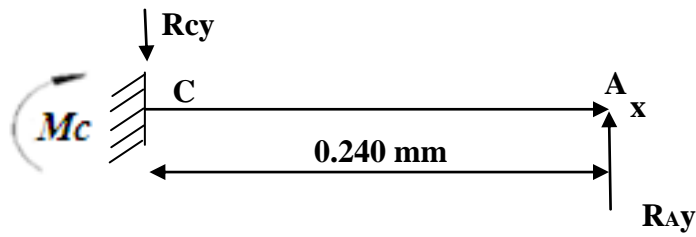
Las fuerzas que actúan en este soporte son las reacciones calculadas en el diseño del eje principal.



**Figura. 6.21** Soporte Eje principal

**Fuente:** Christian Merino

Plano (x-y)



*Figura. 6.22 Diagrama de cuerpo libre Soporte Eje principal plano (x-y)*

*Fuente: Christian Merino*

**Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector**

$$\sum Mc = 0$$

$$-Mc + Ray(0.240)$$

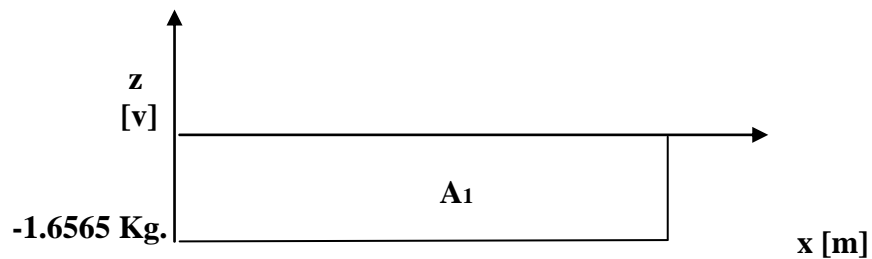
$$Mc = 0.39756$$

$$\sum FV = 0$$

$$Ray - Rcy = 0$$

$$Ray = Rcy$$

$$Rcy = 1.6565 \text{ Kg.}$$



*Figura. 6.23 Diagrama de Fuerza Cortante del Soporte Eje Principal (x-y)*

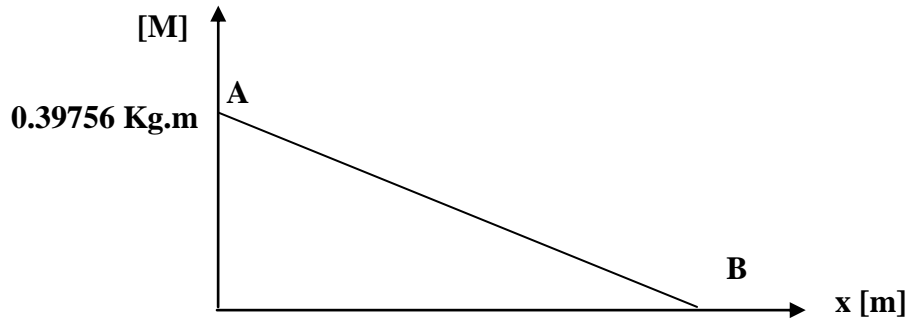
*Fuente: Christian Merino*

$$A1 = b \times h = (0.240 \text{ m})(1.6565)$$

$$A1 = 0.397 \text{ kg.m}$$

$$Mc = 0.39756 \text{ kg.m}$$

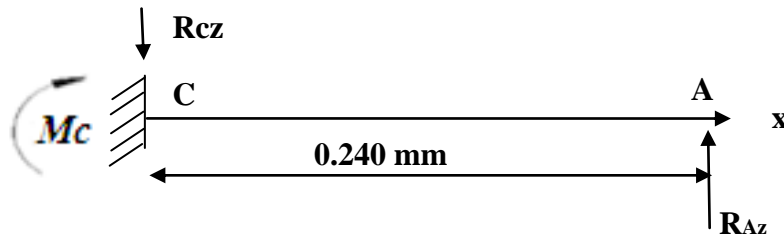
$$MB = -0.39756 \text{ kg} + 0.39756 \text{ Kg.m} = 0 \text{ kg.m}$$



*Figura. 6.24 Diagrama de Momento Flector del Eje Principal (x-y)*

*Fuente: Christian Merino*

**Plano (x-z)}**



*Figura. 6.25 Diagrama de cuerpo del soporte Eje principal plano (x-z)*

*Fuente: Christian Merino*

**Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector**

$$\sum Mc = 0$$

$$-Mc + Raz(0.240) = 0$$

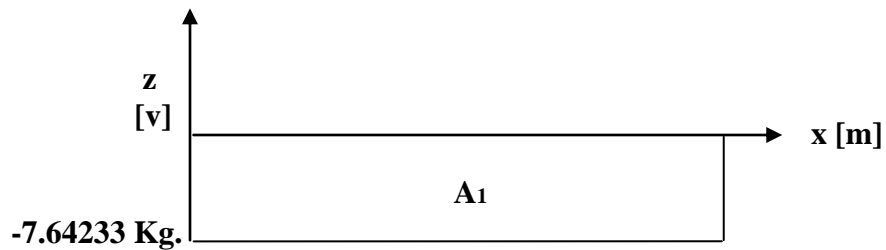
$$Mc = 1.8342$$

$$\sum FV = 0$$

$$R_{az} - R_{cz} = 0$$

$$R_{az} = R_{cz}$$

$$R_{cz} = 7.64233 \text{ Kg.}$$



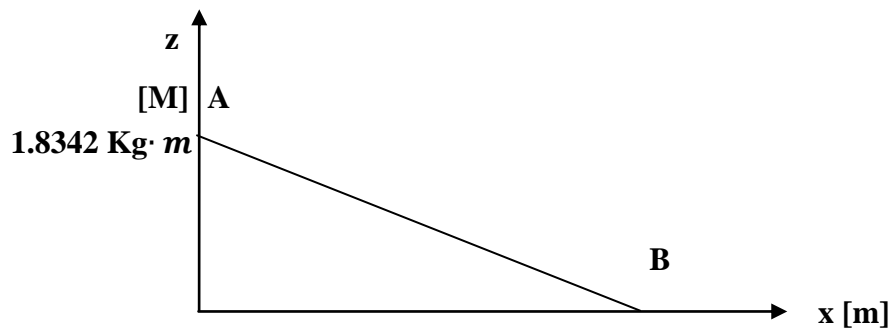
**Figura. 6.26** Diagrama de Fuerza Cortante del Soporte Eje Principal (x-z)  
**Fuente:** Christian Merino

$$A1 = b \times h = (7.64233m)(0.240)$$

$$A1 = -1.8342 \text{ kg.m}$$

$$M_c = -1.8342 \text{ kg.m}$$

$$M_A = -1.8342 \text{ kg} + 1.8342 \text{ Kg.m} = 0$$



**Figura. 6.27** Diagrama de Momento Flector del Soporte Eje Principal (x-z)  
**Fuente:** Christian Merino

$$M_{max} = 1.8767 \text{ Kg} \cdot \text{m} = 18.3925 \text{ N} \cdot \text{m}$$

#### 6.6.13.1 Diseño estático

Sección: Circular hueca

*Material: AISI 1018 Laminado en caliente*

$$M_{max} = 18.3928 \text{ N} \cdot \text{m}$$

*Cálculo del esfuerzo máximo por flexión*

$$\vartheta = \frac{M}{s} = \frac{M}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)}$$

$$\vartheta = \frac{18.3925 \text{ N} \cdot \text{m}}{\frac{\pi}{4}(0.06^2 - 0.05^2)}$$

$$\vartheta = \frac{18.3925}{8.6394 \times 10^{-4}}$$

$$\vartheta = 0.02128 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{Sf}{\vartheta}$$

$$n = \frac{220 \text{ MPa}}{0.02128 \text{ MPa}}$$

$$n = 10338.345$$

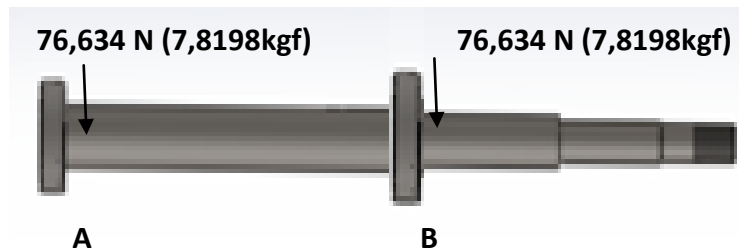
#### 6.6.14 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para diseñar partiremos de los siguientes parámetros y considerando las ecuaciones de cálculo de Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, octava edición, año 2008; Capítulo 11.

*La carga aplicada*

*Las Horas de servicio*

*La velocidad de giro del eje en el cual se van a colocar los rodamientos.*



**Figura. 6.28** Eje principal Selección de rodamientos

*Fuente: Christian Merino*

**Parámetros de funcionamiento.**

*Los rodamientos soportan una carga radial de 76.6337N*

*Tendrá una temperatura de funcionamiento del eje de 50° C*

*El funcionamiento del rodamiento debe ser suave, sin vibraciones.*

*Los rodamientos tendrán una confiabilidad del 96%*

**Cálculo de la carga estática equivalente utilizamos la siguiente ecuación. 6.32**

$$P_o = F_r \text{ (Por ser carga radial pura)} \quad \text{Ec. (6.32)}$$

$$C_o = P_o \cdot S_o$$

$$S_o = 0.5 \text{ Leído catalogo SKF; pag 43 (Anexo A11)}$$

$$S_o = (0.5) (76.634 \text{ N})$$

**Cálculo de la carga dinámica utilizamos la siguiente ecuación. 6.33**

$$C = P * \sqrt[3]{\frac{L_{10}h * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}} \quad \text{Ec. (6.33)}$$

$$a_{23} = 1.6 \text{ (valor asumido)}$$

$$a_1 = 0.53 \text{ leído catalogo sfk; página 35 (Anexo A12)}$$

$$n = 262 \text{ rpm velocidad del eje}$$

$$L_{10} h = 30000 \text{ leído catalogo sfk; página 33 (Anexo A13)}$$

$$C = \left[ \sqrt[3]{\frac{(300)(260)(60)}{(1000000)(0.53)(1.6)}} \right] * (76.634N)$$

$$C = 630.2035 N$$

Con la carga dinámica calculada selecciono del catalogo SKF un rodamiento rígido de bolas de las siguientes dimensiones.

Rodamiento 6205 (seleccionamos este rodamiento por la disponibilidad en el mercado).

Datos:

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$D = 52 \text{ mm}$$

$$B = 15 \text{ mm}$$

### **Comprobación**

Cálculo del Diámetro medio.

$$dm = \frac{D + d}{2}$$

$$dm = 38.5 \text{ m}$$

$V_1 = 74 \text{ mm/s}^2$  leído catalogo SKF; pagina 96; diagrama 2( leído en función de  $dm$  y  $n$ )

$V = 130 \text{ mm/s}^2$  leído catalogo SKF ; pagina 97; diagrama 3.( leído en función de  $V_1$  y la temperatura de funcionamiento ).

$$K = \frac{V}{V_1}$$

$$K = 1,8$$

$a_{23} = 1.65$  ; Leido catalogo SKF ( Leido en función de  $K$ )

$$C = P * \sqrt[3]{\frac{L10h * n * 60}{1000000 * a1 * a23}}$$

$$C = 630,2034 N$$

*Seleccionamos un rodamiento rígido de bolas 6205*

### **6.6.15 DISEÑO DE LAS BASES DE FIJACIÓN PARA EL TANQUE RECOLECTOR DE REFRIGERANTE.**

Son bases que permiten la fijación, para evitar la inestabilidad del tanque.

PLT 25X3 en acero ASTM A36. El acero A36 es también comúnmente atornillado remachado en las aplicaciones: edificios, puentes, torres, etc. Estas bases soportan el peso del tanque recolector y de la base del mismo; por lo que para una mejor distribución de estos pesos se construyeron 4 bases. Se seleccionó este material por ser comercial, por su resistencia y fácil maquinabilidad.

#### **Cálculo de las pesas**

Datos:

$$\textit{Tanque recolector} = 1.37 Kg$$

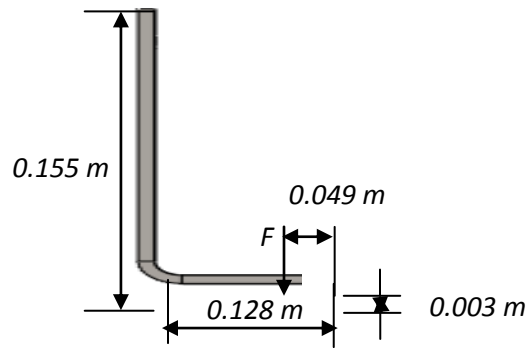
$$\textit{Base recolector} = 2.26 Kg$$

$$\textit{Carga total CT} = 3.63 Kg$$

$$F = \frac{CT}{4}$$

$$F = \frac{3.63}{4} \quad F = 0.9075 Kg$$

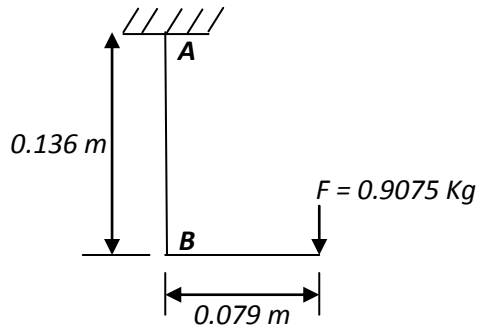




**Figura. 6.29** PL de sujeción del recolector de refrigerante

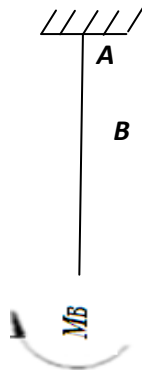
**Fuente:** Christian Merino

**Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector**



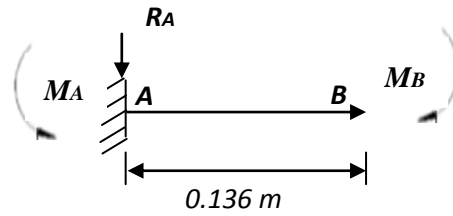
**Figura. 6.30** Diagrama de cuerpo libre PL de sujeción recolector de refrigerante

**Fuente:** Christian Merino



**Figura. 6.31** Diagrama de cuerpo libre PL de sujeción recolector de refrigerante 1

**Fuente:** Christian Merino



**Figura. 6.32** Diagrama de cuerpo libre PL de sujeción recolector de refrigerante 2

**Fuente:** Christian Merino

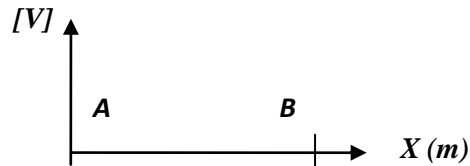
$$\sum M_B = Fxd$$

$$M_B = (0.9075Kg)(0.079m)$$

$$M_B = 0.07169 Kg \cdot m$$

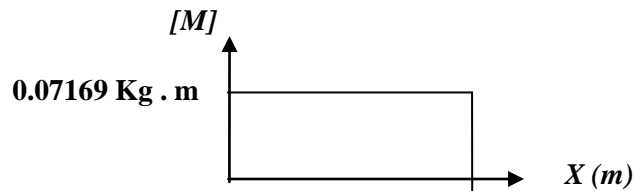
$$M = M_B = M_A = 0.07169 Kg \cdot m$$

$$R_A = 0 kg$$



**Figura. 6.33** Diagrama de Fuerza Cortante PL de sujeción recolector de refrigerante

**Fuente:** Christian Merino



**Figura. 6.34** Diagrama de Momento Flector PL de sujeción recolector de refrig.

**Fuente:** Christian Merino

$$M_{max} = 0.702586 Nm$$

**Cálculo del esfuerzo máximo por flexión, para lo cual calcularemos con la siguiente ecuación. 6.34.** Para diseñar partiremos de los siguientes parámetros y considerando las ecuaciones de cálculo de Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, octava edición, año 2008; Capítulo 6.

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad \text{Ec. (6.34)}$$

Donde:

*S*: *Módulo de sección* y se calcula con la siguiente ecuación 6.35

$$S = \frac{b \cdot h^2}{6} \text{ (Sección rectangular)} \quad \text{Ec. (6.35)}$$

$$S = 3.75 \times 10^{-8} m^3$$

**Cálculo del factor de seguridad**

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

Donde:

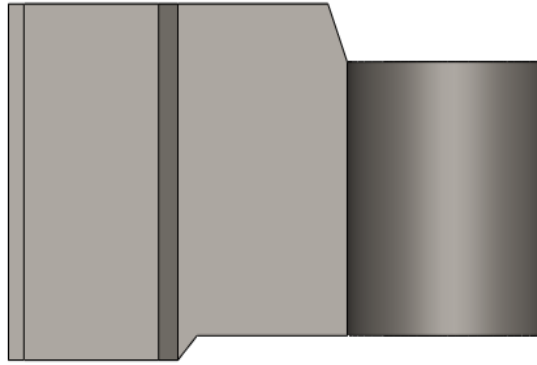
$$S_y = 248.04 \text{ Acero ASTM A36}$$

$$n = \frac{248.04 \text{ MPa}}{18.7356 \text{ MPa}}$$

$$n = 13.24$$

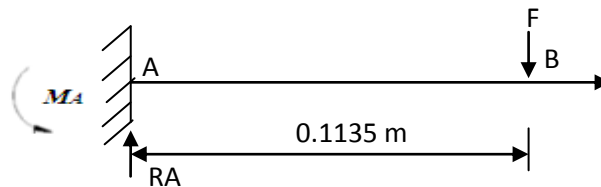
#### **6.6.16 DISEÑO DE LA BASE DE SUJECION DEL EJE Y DISCO PORTA MUESTRA.**

Esta base tiene la finalidad de soportar el eje y el disco. Para la construcción de esta base se utilizó Acero ASTM A36. El acero A36 es también comúnmente atornillado y remachado en aplicaciones estructurales: edificios, puentes, torres, etc. La base se analizó con una viga en voladizo soportando una carga puntual en un extremo; considerando que la viga soporta esfuerzos solo por flexión.



**Figura. 6.35** Soporte eje disco porta muestra  
**Fuente:** Christian Merino

Para calcular las reacciones y momentos; así como graficar los diagramas de corte y momento se analizara la viga como se indica en la siguiente figura.



**Figura. 6.36** Diagrama de cuerpo libre Soporte eje disco porta muestra  
**Fuente:** Christian Merino

La carga total que soporta se determina al sumar los siguientes elementos que se encuentran acoplo

*Disco porta muestra:* 1.66 kg

*Eje del disco porta muestra:* 2.95 kg

*Volante de regulación:* 0.215 kg

$F = 4.825 \text{ kg}$

**Cálculo de Reacciones y Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector**

$$\sum M_A = 0$$

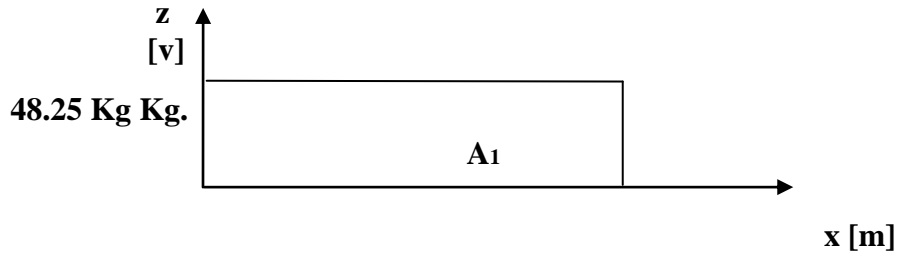
$$MA - F(0.1135) = 0$$

$$MA = 0.5476 \text{ kg} \cdot m = 5.3668 \text{ N} \cdot m$$

$$\sum FV = 0$$

$$RA - F = 0 \quad RA = F$$

$$RA = 7.64233 \text{ Kg.} \quad RA = 4.825 \text{ Kg.}$$



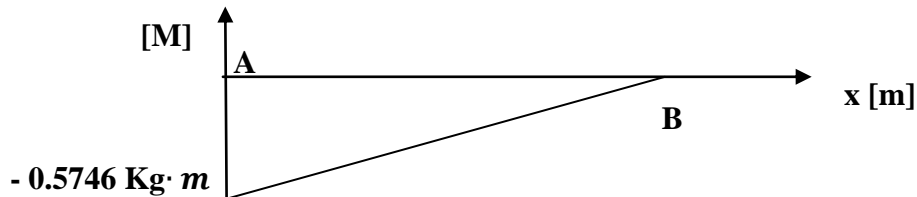
**Figura. 6.37** Diagrama de Fuerza Cortante Soporte eje disco porta muestra  
**Fuente:** Christian Merino

$$A1 = b \times h = (0.1135m)(4.825 \text{ Kg})$$

$$A1 = 0.5476 \text{ kg} \cdot m$$

$$MA = -0.5476 \text{ kg} \cdot m$$

$$MB = -0.5476 \text{ kg} + 0.5471 \text{ Kg} \cdot m = 0$$



**Figura. 6.38** Diagrama de Momento Flector Soporte eje disco porta muestra  
**Fuente:** Christian Merino

$$M_{max} = 0.5476 \text{ Kg} \cdot m = 5.3668 \text{ N} \cdot m$$

### 6.6.16.1 Diseño estático

**Cálculo del esfuerzo máximo por flexión, para lo cual calcularemos con la siguiente ecuación.**

$$\sigma = \frac{M}{s} = \frac{M}{\frac{bh^2}{6}}$$

$$\sigma = \frac{5.3668 \text{ Nm}}{4.097 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 1.3099 \text{ MPa}$$

**Cálculo del factor de seguridad**

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{248.04 \text{ MPa}}{1.3099 \text{ MPa}}$$

$$n = 189.3579$$

### 6.6.17 DISEÑO DEL RESORTE

Para diseñar partiremos de los siguientes parámetros y considerando las ecuaciones de cálculo de Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, octava edición, año 2008; Capítulo 10.

*Soportar una carga de compresión de 10.615(4.825 kg)*

*Asumimos las siguientes condiciones para el diseño del resorte.*

*Linealidad robusta:  $\epsilon = 0.15$*

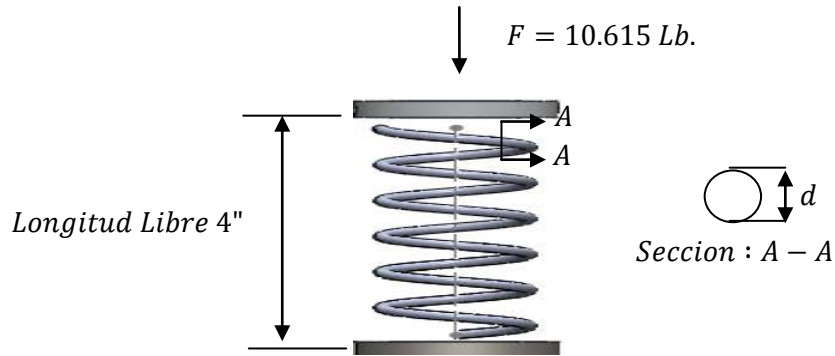
*Factor de seguridad para una longitud sólida de:  $(N_s)d = 1.2$*

*Se comprime a la mitad de su altura libre*

*Diametro del hilo del resorte  $(0.1^{11})2.5 \text{ mm}$*

*Seleccionamos como material: Resorte en acero inoxidable*

El extremo de los resortes es a escuadra y esmerilado.



**Figura. 6.39** Resorte eje disco porta muestra

**Fuente:** Christian Merino

$$S_{sy} = 0,35 Sut \quad (\text{De acuerdo a la tabla 10,6); ecuación 6.36 (Anexo A18)}$$

$$Sut = \frac{A}{d^m} \quad \text{Ec. (6.36)}$$

Donde:

$$\left. \begin{array}{l} A = 169000 \text{ Psi} \\ d = 0,1 \\ m = 0,146 \end{array} \right\} \text{ Leido de la tabla 10,4}$$

$$S_{sy} = 82785 \text{ Psi}$$

$$\alpha = \frac{S_{sy}}{ns}$$

$$\alpha = 68987,9918 \text{ Psi}$$

$$\beta = \frac{8(1 + \epsilon)F}{\pi d^2} \quad \text{Ec. (6.37)}$$

$$\beta = 3108,551 \text{ Psi}$$

$$C = \frac{2\alpha - \beta}{4\beta} + \sqrt{\left(\frac{2\alpha - \beta}{4\beta}\right)^2 - \frac{3\alpha}{4\beta}}$$

$$C = 20,8964$$

$$D = C \cdot d$$

$$D = 2.0896$$

$$K_B = \frac{(4C + 2)}{(4C - 3)} \quad \text{Ec. (6.38)}$$

$$K_B = 1.062$$

$$\tau_s = K_B \frac{8(1 + \varepsilon)FD}{\pi d^3}$$

$$\tau_s = 68983,5642$$

$$n_s = \frac{S_{sy}}{\tau_s} \quad n_s = 1,2$$

$$DE = D + d$$

$$DE = 2,1896 \text{ pulg}$$

$$ID = D - d$$

$$ID = 1,9896 \text{ pulg}$$

**Para el cálculo del número de vueltas utilizaremos la ecuación 6.39**

$$Na = \frac{d^4 G Y_{max}}{8D^3 F} \quad \text{Ec. (6.39)}$$

Dónde:

$$G = 28 \text{MPsi ; leído tabla 10.3 (Anexo A19)}$$

$$Na = 7.227 \text{ vueltas}$$

**Cálculo de las dimensiones del resorte** Según la tabla 10.1 (Anexo A20)

$$\text{Extremo de espiras; } Ne = 2$$

$$\text{Numero de espiras totales: } Nt = Na + 2 = 7.227 + 2 = 9.227$$

$$\text{Longitud solida: } Ls = dNt = (0.1) (9.227) = 0.922 \text{ pulg}$$

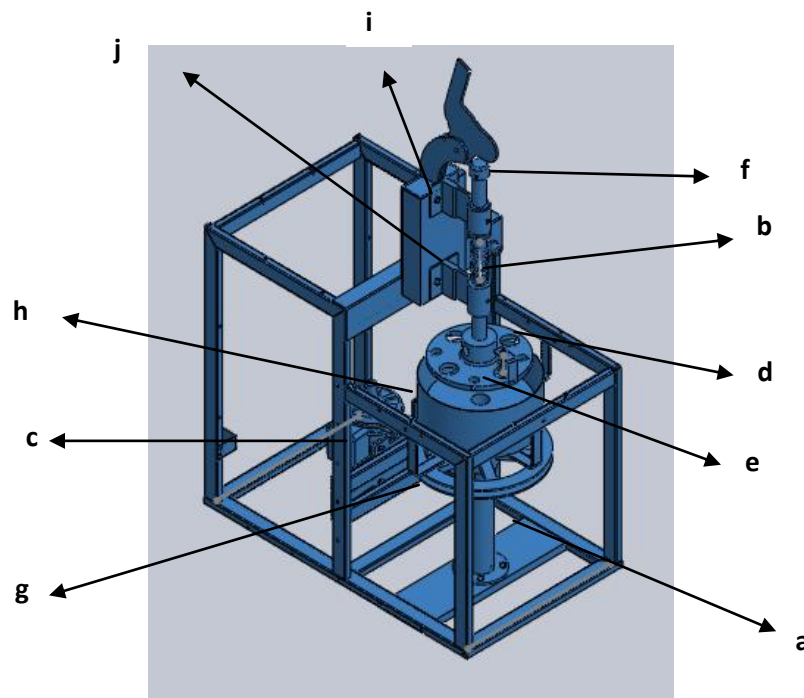
$$\text{Longitud libre: } Lo = Ls + (1 + E)Ne = 0.922 + (1 + 0.15) 21 = 2.1206 \text{ pulg}$$



***Seleccionamos un resorte de 9 espiras de diámetro de 2.5 mm***

**Elementos mecánicos que conforman la máquina:**

- a) Chumacera y eje del disco porta paño (Acero ASTM A36).
- b) Eje del disco porta muestras
- c) Tensor de la banda del motor
- d) Disco porta muestras (Aluminio)
- e) Disco porta paño (Aluminio)
- f) Tapa
- g) Polea tipo A 10"
- h) Recipiente recolector de líquidos
- i) Base de regulación de altura
- j) Base guía



***Figura 6.40. Esquema del sistema de pulido de probetas metalográficas***

***Fuente: Christian Merino***

## **6.7 METODOLOGÍA**

Las partes que contemplan la máquina pulidora de probetas metalográficas, se diseñó y fabricó según los parámetros de funcionamiento dentro del laboratorio de materiales, mismos que requieren del seguimiento de varias actividades, las cuales deben seguirse de una manera ordenada y se detallan a continuación:

1. Diseño
2. Construcción de la estructura de la máquina
3. Eje del disco porta paño
4. Chumacera y eje del disco porta paño
5. Eje del disco porta muestras
6. Recolector de agua
7. Disco porta paño y porta probetas
8. Templador de la banda
9. Fijación del recolector de agua
10. Sistema de refrigeración
11. Sistema eléctrico
12. Carcasa protectora

### **6.7.1 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA**

Utilizando materiales que se encuentran fácilmente en nuestro medio, como es el tubo negro rectangular de 20x40x2.0 mm, previamente cortados y mecanizados, unidos con soldadura E6011, para formar la estructura, misma que servirá como soporte de mecanismos tanto fijos como móviles del sistema de pulido completo.



*Figura. 6.41 Construcción de la estructura*

*Fuente: Christian Merino*

### **6.7.2 EJE DEL DISCO PORTA PAÑO**

Este elemento es de acero AISI 1018, previamente maquinado en el torno hasta que se ajuste con los diámetros de diseño, en el extremo se confeccionó una rosca de 18 mm, mientras que en el extremo de deajo a la medida del rodamiento seleccionado. El eje horizontal se montó en una chumacera, cuyo propósito es dar movimiento a la polea del disco porta paño

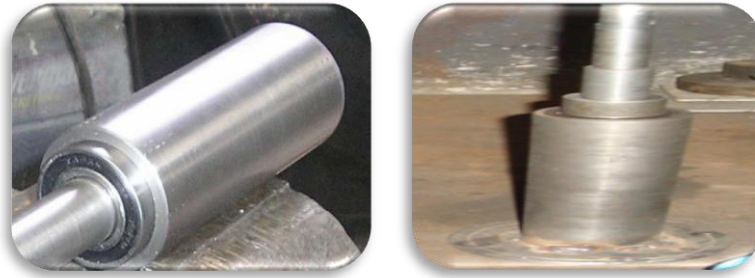


*Figura. 6.42 Construcción del eje disco porta paño*

*Fuente: Christian Merino*

### 6.7.3 SOPORTE Y EJE DEL DISCO PORTA PAÑO

Para la construcción del soporte se adquirió 40 cm de eje en SAE 1018 de  $2\frac{1}{2}$  plg de diámetro y 2 rodamientos 6205 2RS que servirán para dar el giro al eje que tendrá en su parte superior el plato que llevará el paño utilizado para el pulido.



*Figura. 6.43 Construcción de base de sujeción del eje principal*

*Fuente: Christian Merino*

### 6.7.4 EJE DEL DISCO PORTA MUESTRAS

Al igual que el eje de paño, previamente maquinado en el torno hasta que se ajuste con los diámetros de diseño, en el extremo se confeccionó una rosca de 18 mm, mientras que en el otro extremo se maquinó hasta la medida del bocín del volante. Este trabaja con dos soportes, el un soporte roscado en su interior para el control de altura, mientras que el otro soporte sirve de guía, estos a su vez están anclados y empernados (9x31 mm) a la estructura tal y como se muestra en la figura.

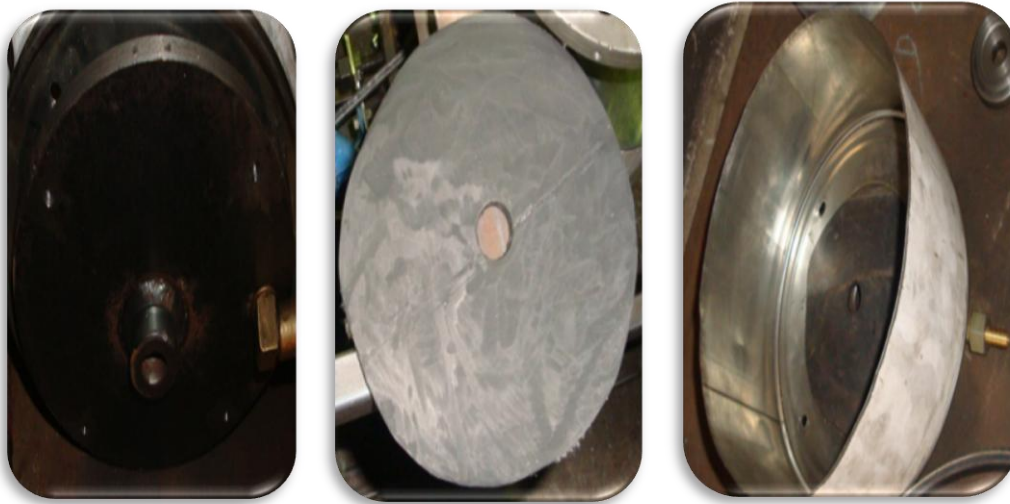


*Figura. 6.44 Construcción del eje porta muestra*

*Fuente: Christian Merino*

### 6.7.5 RECOLECTOR DE REFRIGERANTE

El diseño de este elemento consta de los siguientes accesorios, el material de la base es de acero ASTM A-36, 245 mm de diámetro x 6 mm de espesor, que sujetado al recolector tenemos un empaque de 160 mm de diámetro x 5 mm de espesor, como desfogue tenemos un neplo de 90° de 7 mm, con toma de salida para manguera de ½". La base de acero está unida a la base del recolector mediante 4 pernos con tuerca de 8 mm x 28 mm. El recolector está construido de plancha de tol de 2 mm.



*Figura. 6.45 Construcción del recolector de refrigerante*

*Fuente: Christian Merino*

### 6.7.6 DISCO PORTA PAÑO Y PORTA PROBETAS

Estos elementos están contruidos de aluminio, previamente fundidos y maquinados en el torno hasta las dimensiones requeridas en el diseño. El disco porta paño tiene una medida de 240 mm x 50 mm, con una perforación en el centro de 41 mm x 26 mm, esto para que la tuerca de sujeción del mismo permanezca perdida, mientras que el porta probetas tiene un medida 240 mm x 60 mm en su totalidad, con ocho perforaciones; de dímetro 32 mm y 22 mm respectivamente, esto para el acople con las muestras y sujetadas con prisioneros de 5/16 x ½ y 5/16 x 3/4



*Figura. 6.46 Construcción del disco porta paño y muestra*

*Fuente: Christian Merino*

### **6.7.7 BASE DEL MOTOR**

Para este sistema se utilizó el mecanismo tipo bisagra como templador de la banda, el cual está construido de acero ASTM A-36, 120 mm x 400 mm x 5 mm, con perforaciones de 8mm a la distancia de las bases del motor, soldado a un extremo de la estructura a la altura requerida de diseño y en el otro lado un tensor de perno de  $\frac{3}{4}$  x 90 mm.



*Figura. 6.47 Construcción de la base del motor*

*Fuente: Christian Merino*



### 6.7.8 FIJACIÓN DEL RECOLECTOR DE REFRIGERANTE

Para fijar el recolector a la estructura fue necesario utilizar platina de 25 mm x 108 mm x 5 mm, cortadas, tipo **L** perforadas en los extremos tal y como se muestra.



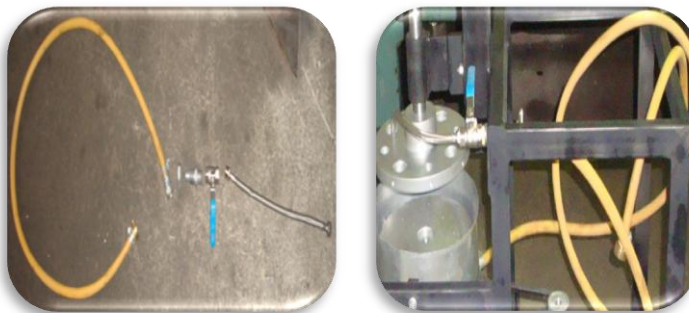
*Figura. 6.48 Bases de Fijación tanque recolector*

*Fuente: Christian Merino*

### 6.7.9 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LAS PROBETAS

Para el sistema de refrigeración está formado de cuatro accesorios como son:

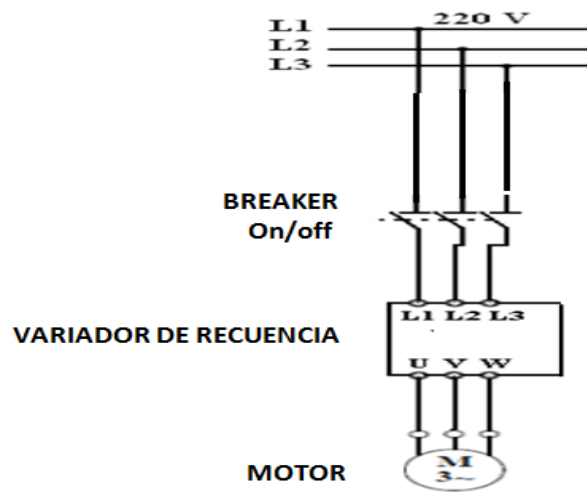
Manguera de  $\frac{1}{2}$  x 1 m, 1 neplo de  $\frac{1}{2}$ , 1 llave de media vuelta de  $\frac{1}{2}$  y 16" de manguera flexible, esto para el ingreso de agua, mientras que para el desfogue de agua tenemos 1 manguera de  $\frac{1}{2}$  x 1 m acoplada al desfogue de  $\frac{1}{2}$  del recolector.



*Figura. 6.49 Sistema de refrigeración*

*Fuente: Christian Merino*

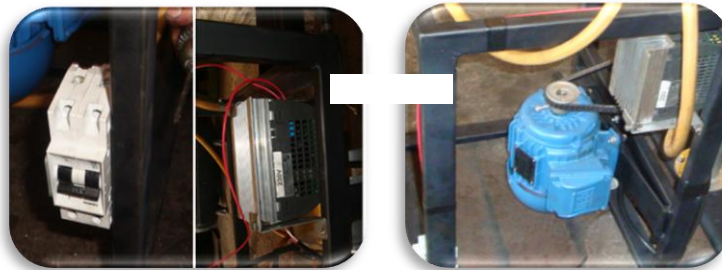
### 6.7.10 SISTEMA DE CONTROL



*Figura. 6.50 Circuito Eléctrico*

*Fuente: Christian Merino*

El diseño del sistema eléctrico está compuesto por un motor trifásico de 1HP, 1 variador de frecuencia, 1 breaker, cable #12 y un enchufe trifásico distribuidos en la estructura según el requerimiento del diseño.



*Figura. 6.51 Sistema eléctrico de control*

*Fuente: Christian Merino*

### 6.7.11 CARCASA PROTECTORA

Por motivo de estética y de seguridad se protege a la máquina de una fina lámina de acero A 36 de 0,90 de espesor fácil de doblar y cortar (ver anexos planos).





**Figura. 6.52** Carcasa  
**Fuente:** Christian Merino

### **6.7.12 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS**

- Cizalla
- Entenalla
- Arco de sierra
- Escuadra
- Machuelos, Limas (cuadradas, rectangulares, redondas)
- Taladro de pedestal y manual
- Soldadora eléctrica
- Torno
- Fresadora universal
- Dobladora de planchas
- Fluxómetro
- Calibrador pie de rey

## **6.8 ADMINISTRACIÓN**

### **6.8.1 Análisis de costos**

#### **Costos directos**

Los costos de los materiales a utilizar en la construcción del sistema mecánico de compactación se detallan en la siguiente tabla:

*Tabla 6.3 Costos de materiales Mecánicos*

CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSION	COSTO UNIT. (USD)	TOTAL (USD)
1	MOTOR 1HP 220V. TRIFASICO 1720 RPM		158,55	158,55
1	VARIADOR DE FRECUENCIA 1HP/220V.		216,96	216,96
1	PANEL DE PROGRAMACIÓN		40,18	40,18
1	BREAKER 2P 6ª		17,33	17,33
3	CABLE # 12		0,47	1,41
1	ENCHUFE TRIFASICO ANGULAR 3X50		3,25	3,25
2	TUBO RECTANGULAR 20X40X2 mm		12,61	25,22
1	EJES DE TRANSMISIÓN SAE 1018	1½ "x100cm	9,50	9,50
1	BLOQUE CILINDRICO DE ALUMINIO	25cmx12cm	200,00	200,00
1	PERFIL ESTRUCTURAL TIPOC(espesor 5mm)	48,5 cm	14,00	14,00
1	PERFIL ESTRUCTURAL TIPOC(espesor 6mm)	48,5 cm	15,00	15,00
1	PERFIL UPN (espesor 5mm)	28 cm	16,00	16,00
1	POLEA TIPO A	2"	2,07	2,07
1	POLEA TIPO A	10"	8,66	8,66
1	BANDA EN V	47"	6,00	6,00
1	PLATINA ASTM A-36	12cmx40cmx5	9,25	9,25
1	PLATINA ASTM A-36	2,5cmx110cmx5	4,75	4,75
1	EJES DE TRANSMISIÓN SAE 1018	2½ "x15cm	12,00	12,00
1	ANGULO	40X40X4	3,25	3,25
1	PLANCHA DE TOL GALVANIZADA	0,9	40,00	40,00
8	PERNOS CON TUERCA	8X30	0,23	1,85
4	PERNOS CON TUERCA	8X50	0,23	0,93
4	PRIONEROS PERDIDOS	8X25	0,22	0,88
4	PRIONEROS PERDIDOS	8X30	0,24	0,96
4	PERNOS CON TUERCA Y RODELA PRESION	9X30	0,82	3,28
6	TORNILLOS	1/4 x 1	0,12	0,72
1	PLATINA ASTM A-36	3cmx90cmx3	0,50	0,50
1	LLAVE DE PASO EDIA VUELTA	1/2"	2,25	2,25

1	MANGUERA FLEXIBLE	16"	4,75	4,75
3	ABRAZADERAS	1"	0,35	1,05
1	NEPLOS	1/2"	2,00	2,00
2	PITONES	1/2"	2,35	4,70
1	MANGUERA FLEXIBLE	1/2x2m	2,50	2,50
1	TUERCA (LLAVE # 1 1/4)	18mm	3,00	3,00
1	TUERCA (LLAVE # 1 1/16)	18mm	3,00	3,00
1	TUERCA	18mm	4,50	4,50
1	TUERCA	18mm	4,50	4,50
9	REMACHES	0,13	0,05	0,45
63	TORNILLO AUTOROSCANTES	1/8 x 12mm	0,12	7,56
4	PRISIONEROS	5/16" x 1/2"	4,50	18,00
1	PRISIONEROS	5/16" x 3/4"	4,50	4,50
9	PRISIONEROS	3/8" x 3/4"	0,05	0,45
1	PERNO CON RODELA Y TUERCA	1/4" x 2"	1,55	1,55
1	PERNO CON RODELA Y TUERCA	1/4" x 3 1/2"	1,75	1,75
2	PINTURA ANTICORROSIVA		4,70	9,40
2	PLIEGOS DE LIJA DE HIERRO # 80		3,20	9,60
1	LB. ELECTRODOS 6011		2,00	2,00
<b>SUB TOTAL 1</b>				<b>873,77</b>

### Costos Indirectos

Los costos que giran por la utilización de máquinas y herramientas se la detalla en la siguiente tabla, estos valores están basados por la hora de ocupación de cada una de ellas.

A continuación se presenta la tabla 6.4, con los costos de mano de obra del proyecto.

**Tabla 6.4. Costos de mano de obra**

<b>CARGO</b>	<b>HORAS DE TRABAJO</b>	<b>COSTO HORA (USD)</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
MAESTRO	120	4,5	540
AYUDANTE	80	2,5	200
<b>SUBTOTAL 2</b>			<b>740</b>

*Fuente: Christian Merino*

### **COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN**

Para evaluar el costo total de la máquina consideramos el 10 % de imprevistos a la suma de los costos directos e indirectos.

**Tabla 6.5. COSTO TOTAL**

SUBTOTAL 1 + SUBTOTAL 2	1613,772
10% IMPREVISTOS	161,3772
<b>TOTAL</b>	<b>1775,15</b>

*Fuente: Christian Merino*

### **6.8.2 Financiamiento**

El financiamiento del presente proyecto fue cubierto el 100% por el autor, la inversión es para la implementación de la pulidora para el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

El valor de la inversión es de 1775,15USD, rubro que será desembolsado de acuerdo a la necesidad que se presente en la elaboración del proyecto.

## **6.9 PREVISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **6.9.1 Recomendación para la operación de la máquina**

- La superficie base donde se instale la máquina debe estar a nivel para que el funcionamiento sea normal.
- Para empezar el pulido de probetas energizar el circuito de control (220 V)
- Desmontar el disco porta probetas.
- Colocar y fijar las muestras en el disco porta probetas, utilizando el disco alineador
- Montar el disco porta probetas.
- Fijar el eje del disco porta probetas.
- Arranque/encendido
- Programar la velocidad del motor del cabezal con el variador de frecuencia.
- Presionar el botón de parada
- Refrigeración cerrado
- Desmontar el disco porta probetas y observarlas, verificar si es necesario otro proceso de pulido
- Conservar limpia la base del molde

### **6.9.2 Mantenimiento**

Las fallas en servicio de cualquier maquinaria o equipo, se pueden evitar o disminuir, adoptando un programa de mantenimiento. Los tipos de mantenimiento ejecutados en una máquina o en un equipo son: mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo y proactivo.

De los tipos de mantenimiento, el que se puede adaptar de forma satisfactoria a las necesidades de mantenimiento de la máquina pulidora de muestras metalográficas, es el preventivo, el cual se realizan actividades periódicas para así evitar fallas durante el servicio de ésta.

Se recomiendan procedimientos antes de utilizar la máquina, y por otro lado cada tres meses o cada año.

### **Antes operar la máquina**

- Revisar si hay fugas de agua
- Revisar alineamiento

### **Cada día**

- Realizar la limpieza y lubricación del eje regulador de altura del disco porta muestras.
- Realizar limpieza de la máquina
- Secar la humedad después de utilizar la máquina, para evitar la corrosión en las paredes del molde.

### **Cada tres meses**

- Revisar todos los elementos de sujeción (pernos, prisioneros, etc.); de estar desapretados, darles el respectivo apriete.
- Engrasar las partes móviles

### **Cada Año**

- Revisar las bases de los rodamientos.
- Revisión del motor.
- Pintura de la estructura de máquina.

#### 6.9.4 Recomendaciones de seguridad

Los símbolos de seguridad como cuidado, precaución, atención, etc. Tienen como principal función llamar la atención ante condiciones y actos inseguros.



*Figura. 6.53 Recomendaciones de seguridad.*

*Fuente: Christian Merino*

#### 6.9.5 Conclusiones

- Se diseñó y montó una máquina para el pulido de muestras metalográficas, cumpliendo con los objetivos planteados inicialmente, así el número de muestras que se pulen en un proceso completo *son 4*.
- Con la fabricación de esta máquina se mejora el servicio de pulido de probetas metalográficas.
- Se deja un antecedente de creación para la elaboración de máquinas para el laboratorio.

### **6.9.6 Recomendaciones**

- Realizar un estudio que permita determinar la magnitud de la vibración que se produce en la máquina, y así disponer de un mecanismo que permita minimizarla.
- Aumentar la gama de variación de velocidad en el disco porta paño.
- Realizar pruebas que permitan alcanzar valores óptimos de pulido para diferentes materiales.
- Producir otros discos portamuestras que permitan una mayor versatilidad en el uso de la máquina.
- Se noto que el movimiento que transmite la banda es el correcto cuando el ajuste de este elemento es el adecuado.



## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Libros**

- Herrera, L., Medina, A., & Naranjo, G. (2008). *Tutoría de la Investigación Científica* (Tercera ed.). Ecuador.
- Richard G., Budynas y J. Keith N. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. (Octava ed.) Mc Graw Hill, México
- Mott, R, L. (2004). *Diseño de elementos de máquinas*. (Segunda ed.), México DF.
- MARKS, (1995). *Manual del Ingeniero Mecánico*. Tomo I y II. (Tercera ed.), español. Naucalpan de Juárez, Estado de México..
- Kehl, G, (1994). *Fundamentos de la práctica Metalográfica*, (Quinta ed.). México DF.

### **Páginas Web**

- [www.mty.itesm.mx](http://www.mty.itesm.mx), Instituto Tecnológico de Monterrey, México, 2002.
- [www.buehler.com](http://www.buehler.com). USA, 2005.
- [ww.uncu.edu.ar/TPMetalografia.pdf](http://ww.uncu.edu.ar/TPMetalografia.pdf), Argentina, 2005.

## **REFERENCIAS DE REVISTAS PUBLICACIONES Y TESIS**

- Paredes, M; Vivanco, (2006). “Diseño de un sistema de pulido de probetas metálicas para el laboratorio de metalurgia de la Escuela Politécnica del Ejército. Escuela Politécnica del Ejército, en el año
- Ramírez, V. (2006). *Normas APA para citas y elaboración de bibliografía*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Psicología. Recuperado de [http://ieseccleston.buenosaires.edu.ar/Normas\\_APA.pdf](http://ieseccleston.buenosaires.edu.ar/Normas_APA.pdf)

# ANEXO 1: PREPARACIÓN DE MUESTRAS



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

REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					REG: # 005
PROBETA Nº	0.1	Autorizado por:	Ing. S. Espín	Realizado por	Christian Merino
Lugar de realización:		Laboratorio de Materiales FICM	Fecha de ejecución:		26/09/2012
Temperatura ambiente del lugar:			20°C	Flujo de aire del medio:	Estático
DESCRIPCIÓN DEL ACERO UTILIZADO					
				DETALLE REFERENCIAL	
Especificación Material	Acero	Tipo de grado:	AISI 1045		
Diámetro:	1/2"	Longitud:	2"		
Característica:	Eje	Tipo de muestra:	Probeta		
<b>OBSERVACIÓN:</b>					
Propiedades tomadas de la tabla de aceros. Acero AISI 1045 como aparece de fabrica y Tipo de maquinado para la obtención de la muestra.					
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO					
				DETALLE REFERENCIAL	
# de discos	2	Tipo de pulidora:	Simulador		
Tipo de paño Textura:	Grueso	Control # rpm	Transmisión		
Espesor:	3mm.	Tipo de refrigeración:	Manual		
<b>OBSERVACIÓN:</b>					
Datos tomados del mecanismo de simulación Servitorno Vargas.					



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

ENSAYO METALOGRAFICO			REG. # 005	
<b>Datos informativos:</b>				
<b>Tipo de estudio</b>	De laboratorio	<b>Ensayo Nº</b>	4	
<b>Identificación del componente de estudio:</b>			Probeta Nº4	
<b>Solicitado por:</b>	UTA - FICM			
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales - FICM		
<b>Realizado por:</b>	Christian Merino	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Mg. S. Espín	
PARAMETROS DE OBTENCIÓN DE LA MUESTRA				
<b>Obtención de la muestra:</b>	Maquinado			
<b>Tipo de muestra:</b>	Cilíndrica			
<b>Tipo de desbaste:</b>	fino/grueso			
<b>Desbaste:</b>	Lijas			
<b># lijas utilizadas en el desbaste:</b>	240	320	400	600
PARAMETROS PARA LA REALIZACION DEL ENSAYO METALOGRAFICO				
<b>Velocidad de rotación:</b>	262 rpm	<b>Tipo de pulido:</b>	Mecánico	
<b>Tipo de paño:</b>	Fino	<b>Espesor:</b>	2mm.	
<b>Sujetador de probeta:</b>	Manual	<b>Refrigerante:</b>	Alúmina	
		<b>Superficie preparada en:</b>	15 min.	
<b>Ataque químico de superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	3 s	
RESULTADO:				
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA DEL ACERO AISI 1045 Probeta Nº 05 (100 x)				
				
OBSERVACIONES:				
Calidad de pulido Muy buena, se observan claramente los bordes de grano				

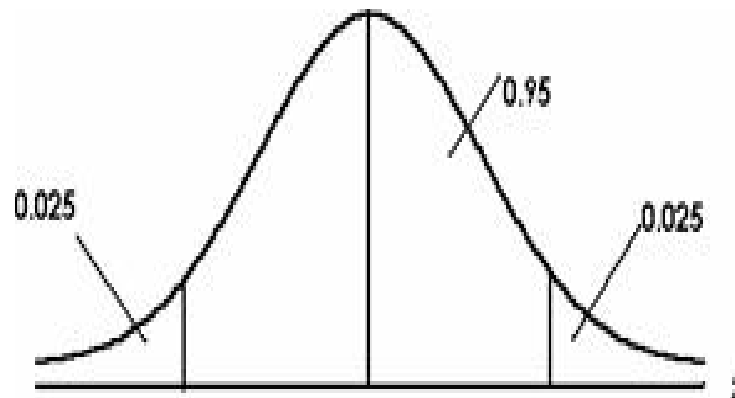
## ANEXO 2: PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y PLANO INCLINADO



## ANEXO 3 : DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO $\chi^2$

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,3404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7065	2,0722	1,6424	1,2233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4540
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,2484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3600
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7440	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8335	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,3832	6,9000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3416	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8797	25,4625	23,5893	21,6660	19,0219	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4831	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7007	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9204	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1826	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7354	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9819	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,8853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9484	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4840	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5446	16,7795	16,0425	15,3385



**Participación de P para obtener un intervalo de confianza del 95%**



# ANEXO A: DISEÑO MECÁNICO

## ANEXO A1: ASTM E 3 – 01: GUIA ESTÁNDAR PARA LA PREPARACIÓN DE MUESTRAS METALGRÁFICAS



edge rounding and relief.

11.3.3 Careful cleaning of the specimen between stages is mandatory to prevent contamination by coarser abrasive. Ultrasonic cleaning may be effective.

11.3.4 The polishing operations may be conducted by manual or by automated methods (preferred).

### Manual (Hand-held) Methods:

11.4 When grinding manually, the specimen should be moved back and forth across the paper to allow for even wear. Between grinding steps, the specimen should be rotated 45–90°. At the end of grinding on each paper, the surface of the specimen and its mount, if any, should be flat with one set of unidirectional grinding scratches.

11.5 Manual polishing methods consist of holding the specimen by hand against an abrasive-charged rotating wheel and moving the specimen in a circular path around the wheel against the direction of rotation of the wheel. The specimen should be held firmly in contact with the wheel.

11.6 The amount of force applied along with the rate of movement of the specimen during grinding and polishing is a matter of personal preference and experience. In the preparation of difficult materials such as thermally sprayed coatings or composites, the operating parameters must be strictly controlled.

11.7 A traditional manual preparation sequence consists of a series of grinding and polishing steps and may be similar to those listed in Table 5.

### Automated Methods:

11.8 Many styles of automated specimen preparation machinery are available. Most units can perform grinding and polishing steps. Many use holders capable of accommodating multiple specimens. Major advantages of automated grinding and polishing procedures are the consistent quality of specimen preparation and the substantial decrease in time. Therefore, automated techniques are recommended over manual techniques.

11.9 Most of the devices for automated grinding and polishing move the specimen around a rotating wheel covered

with abrasive so that the specimen follows an epicycloid path. In some devices, the specimen rotates on its own axis as well. The resulting scratch pattern now consists of randomly oriented arcs. Deciding when the previous scratches have been removed is more difficult than with directional (manual) grinding. The specimen surface should show uniform scratches before proceeding to the next step. Cleaning between stages is required to prevent carryover of abrasives and contamination of subsequent preparation surfaces.

11.10 Table 5 illustrates a traditional automated preparation method. This method uses conventional SiC papers for grinding and is suitable for all but the hardest of materials. Tables 6 and 7 are preparation methods that utilize rigid grinding discs or cloths for fine grinding. The method in Table 6 has been shown to be effective for the preparation of materials harder than HRC45. The method in Table 7 may be used for the preparation of materials softer than HRC45. These procedures may produce excellent results outside of the recommended hardness ranges.

### 12. Special Procedures

12.1 Occasionally, the metallographer is faced with the preparation of unfamiliar specimens or with special situations. Anticipation of every possible situation is, of course, impossible but some guidance can be offered.

12.1.1 When used properly, electrolytic polishing can produce near deformation-free surfaces but works best on solid solution alloys. Once the operating parameters are set, specimens can be prepared quickly. See Guide E 1558.

12.1.2 Vibratory polishing produces excellent results on many materials. Although slow, a number of specimens can be prepared simultaneously. It is especially advantageous for soft materials.

12.2 *Porous Specimens*—Specimens with continuous or open pores can be vacuum-impregnated (see 9.5) with epoxy. Specimens with closed pores are mounted by a suitable method, ground through the fine grinding stage, cleaned, and dried thoroughly. The surface is then wiped with epoxy mounting compound, usually the same material used to mount the specimen, to seal the pores. After hardening, the last

TABLE 5 Preparation Method 1 (General Use)

Surface	Lubricant	Abrasive Type/Size ANSI (FEPA)	Time sec.	Force <sup>a</sup> N(lb)	Platen RPM <sup>b</sup>	Rotation
Platen Grinding paper/stone	water	120–320 (P120–600) grit SiC/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15–45	20–30 (5–8)	200–300 <sup>c</sup>	CC <sup>d</sup>
Fine Grinding paper	water	340 (P320) grit SiC	15–45	20–30 (5–8)	200–300	CC
	water	320 (P500) grit SiC	15–45	20–30 (5–8)	200–300	CC
	water	600 (P1200) grit SiC	15–45	20–30 (5–8)	200–300	CC
Rough Polishing low/nap cloth	compatible lubricant	6µm diamond	120–300	20–30 (5–8)	100–150	CC
Final Polishing med./high nap cloth	compatible lubricant	1µm diamond	60–120	10–20 (3–5)	100–150	CC
synthetic suede <sup>e</sup>	water	0.04µm colloidal silica or 0.05µm alumina	30–60	10–20 (3–5)	100–150	CONTRA <sup>f</sup>

<sup>a</sup> Force per 30 mm (1¼ in.) diameter mount.

<sup>b</sup> Power heads generally rotate between 25 and 150 rpm.

<sup>c</sup> High-speed stone grinders generally rotate at greater than 1000 rpm.

<sup>d</sup> Complimentary rotation, surface and specimen rotate in same direction.

<sup>e</sup> Optional step.

<sup>f</sup> Contra rotation, surface and specimen rotate in opposite directions.

## ANEXO A2: Densidad del aluminio y acero

### Tabla de densidades

Sustancia ó Material	densidad (gr/cm <sup>3</sup> )
Aire	0.0012
Etanol	0.81
Benceno	0.90
Hielo	0.92
Agua	1.0
Agua de mar	1.03
Sangre	1.06
Glicerina	1.26
Hormigón	2
Aluminio	2.7
Hierro, Acero	7.8
Latón	8.6
Cobre	8.9
Plata	10.5
Plomo	11.3
Mercurio	13.6
Oro	19.3
Platino	21.4

Fuentes: Serway. Physics for Scientists and Engineers  
Sears, Z & Y. Física Universitaria

## ANEXO A3: 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  $1\frac{1}{2}$  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 UNS No.	2 SAE and/or AISI No.	3 Process- ing	4 Tensile Strength, MPa (kpsi)	5 Yield Strength, MPa (kpsi)	6 Elongation in 2 in, %	7 Reduction in Area, %	8 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 A4: Bandas Tipo A

	<b>CATÁLOGO DE CORREAS INDUSTRIALES</b>	<b>2010</b>
---	---	-------------

<b>DAYCO GOLD LABEL V - MM</b> <b>CORREAS TRAPECIALES DE SECCIÓN CONVENCIONAL</b>	
--	---

### SECCIÓN "A" (13 x 8 mm.)

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
A37,50	953	986
A38	965	998
A38,50	978	1011
A39	991	1024
A39,50	1003	1036
A40	1016	1049
A40,50	1029	1062
A41	1041	1074
A41,50	1054	1087
A41,75	1060	1093
A42	1067	1100
A42,50	1080	1113
A43	1092	1125
A43,50	1105	1138
A43,75	1111	1144
A44	1118	1151
A44,50	1130	1163
A45	1143	1176
A46	1168	1201
A46,50	1181	1214
A47	1194	1227
A48	1219	1252
A48,25	1226	1259
A49	1245	1278
A50	1270	1303

### SECCIÓN "A" (13 x 8 mm.)

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
A64	1626	1659
A65	1651	1684
A66	1676	1709
A67	1702	1735
A68	1727	1760
A69	1753	1786
A70	1778	1811
A70,75	1797	1830
A71	1803	1836
A72	1829	1862
A73	1854	1887
A74	1880	1913
A75	1905	1938
A76	1930	1963
A77	1956	1989
A78	1981	2014
A79	2007	2040
A80	2032	2065
A81	2057	2090
A82	2083	2116
A83	2108	2141
A83,50	2121	2154
A84	2134	2167
A85	2159	2192
A86	2184	2217
A87	2210	2243

## Anexo A5: 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 A6: 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 A7: Factor de corrección de longitud de banda K<sub>2</sub>

**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 A8: Factor 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 A9: Parámetros de bandas

**Table 17-16**

Some V-Belt Parameters\*

Belt Section	$K_d$	$K_c$
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 A10: Factor de la Condición Superficial

**Table 6-2**

Parameters for Marin  
Surface Modification  
Factor, Eq. (6-19)

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

## Anexo A11: 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 A12: 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;  
 $0.099 \leq \bar{\sigma} \leq 0.110$ )

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		

\*Data source: Fig. 2-9.

## Anexo A13: Factor de Confiabilidad

**Table 6-5**

Reliability Factors  $k_\sigma$   
Corresponding to  
8 Percent Standard  
Deviation of the  
Endurance Limit

Reliability, %	Transformation Variate $z_\sigma$	Reliability Factor $k_\sigma$
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 A14: Perfil Laminado 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
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00



## Anexo A15: 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	$S_0 = 2$

## Anexo A16: Horas de servicio

Clases de máquinas	L10h horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico.	300 a 3 000
Máquinas usadas intermitente o por cortos periodos: Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos periodos o intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas.	8 000 a 12000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: Máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipo de imprenta, separadores y centrifugas.	20000 a 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresoras, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil.	40 000 a 50 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para transatlánticos.	60 000 a 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, ventiladores y bombas para minas, rodamientos para la línea de eje de transatlánticos.	~ 100 000

Fuente: Catálogo General SKF

## Anexo A17: Factor de durabilidad

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

## Anexo A18: Constantes A y m

**Tabla 10-4**

Constantes A y m de  $S_u = A/d^m$  para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes

Fuente: De Design Handbook, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A, kpsi · pulg <sup>m</sup>	Diámetro, mm	A, MPa · mm <sup>m</sup>	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite <sup>†</sup>	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro <sup>‡</sup>	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio <sup>§</sup>	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio <sup>¶</sup>	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302 <sup>**</sup>	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

\*La superficie es lisa, sin defectos y tiene un acabado brillante y lustroso.

<sup>†</sup>Tiene escamas ligeras debido al tratamiento térmico, que se deben remover antes del galvanizado.

<sup>‡</sup>La superficie es lisa y brillante sin marcas visibles.

<sup>§</sup>Nombre revenido de calidad coronática; también se obtiene recocido.

<sup>¶</sup>Revenido a Rockwell C49, pero se puede obtener sin revenir.

<sup>\*\*</sup>Acero inoxidable tipo 302.

\*\*Temple CA510.

## Anexo A19: Tipos de materiales

**Tabla 10-3**

Aceros al alto carbono y de aleación para resortes

Fuente: De Harold C. R. Carlson, "Selection and Application of Spring Materials", en *Mechanical Engineering*, vol. 79, 1956, pp. 331-334.

Nombre del material	Especificaciones similares	Descripción
Alambre de piano, 0.80-0.95C	UNS G10850 AISI 1085 ASTM A228-51	Este es el mejor, el más tenaz y el más empleado de todos los materiales para fabricar resortes pequeños. Presenta la mayor resistencia a la tensión y puede soportar mayores esfuerzos ante cargas repetidas que cualquier otro material para resortes. Disponible en diámetros de 0.12 a 3 mm (0.005 a 0.125 pulg.). No se emplea a temperaturas mayores de 120°C (250°F), o a temperaturas bajo cero.
Alambre templado en aceite, 0.60-0.70C	UNS G10650 AISI 1065 ASTM A229-41	Este es un acero para resortes de uso general que se emplea para fabricar muchas tipos de resortes de espiras, cuando el costo del alambre de piano resulta prohibitivo y se necesitan tamaños mayores que el alambre de piano disponible. No adecuado para cargas de choque o impacto. Disponible en diámetros de 3 a 12 mm (0.125 a 0.500 pulg.), pero se consigue con tamaños mayores y menores. No se emplea a más de 180°C (350°F), o a temperaturas bajo cero.
Alambre estrado frío, 0.60-0.70C	UNS G10660 AISI 1066 ASTM A227-47	Este acero se usa para fabricar resortes de uso general más barato y se debe utilizar sólo donde la duración, la exactitud y la deformación no sean muy importantes. Disponible en diámetros de 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg.). No se emplea a más de 120°C (250°F), o a temperaturas bajo cero.
Cromo vanadio	UNS G61500 AISI 6150 ASTM A231-41	Este es la aleación más popular de acero para construir resortes de condiciones que implican esfuerzos mayores que los que se pueden emplear con los aceros al alto carbono, y para usarse cuando son necesarias resistencia a la fatiga y alta durabilidad. También sirve para cargas de choque o impacto. Se utilizan ampliamente para fabricar resortes de válvulas de motores de aviones y para temperatura hasta de 220°C (423°F). Disponible en recocido o pretemperado con tamaños de 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg.) de diámetro.
Cromo silicio	UNS G92540 AISI 9254	Esta aleación constituye un material excelente para fabricar resortes sometidos a esfuerzos elevados y cargas de impacto que requieren larga vida. Los domos Rockwell de C50 a C53 son muy comunes y el material se utiliza hasta temperaturas de 250°C (475°F). Disponible en 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg.) de diámetro.

## Anexo A20: Tipos de materiales

**Tabla 10-1**

Fórmulas para calcular las dimensiones de resortes de compresión. ( $N_0$  = Número de espiras activas)

(Fuente: De Design Handbook, 1987, p. 32. Cortesía de Associated Spring.)

Término	Tipo de extremos de resortes			
	Plano	Plano y esmerilado	A escuadra y cerrado	A escuadra y esmerilado
Espiras de extremo, $N_0$	0	1	2	2
Espiras totales, $N_t$	$N_0$	$N_0 + 1$	$N_0 + 2$	$N_0 + 2$
Longitud libre, $l_0$	$pN_0 + d$	$p(N_0 + 1)$	$pN_0 + 3d$	$pN_0 + 2d$
Longitud sólida, $L_s$	$d(N_t + 1)$	$dN_t$	$d(N_t + 1)$	$dN_t$
Paso, $p$	$(l_0 - d)/N_0$	$l_0/(N_0 + 1)$	$(l_0 - 3d)/N_0$	$(l_0 - 2d)/N_0$

# ANEXO B: FOTOS

**Anexo B1:** Pintado de la Máquina Pulidora



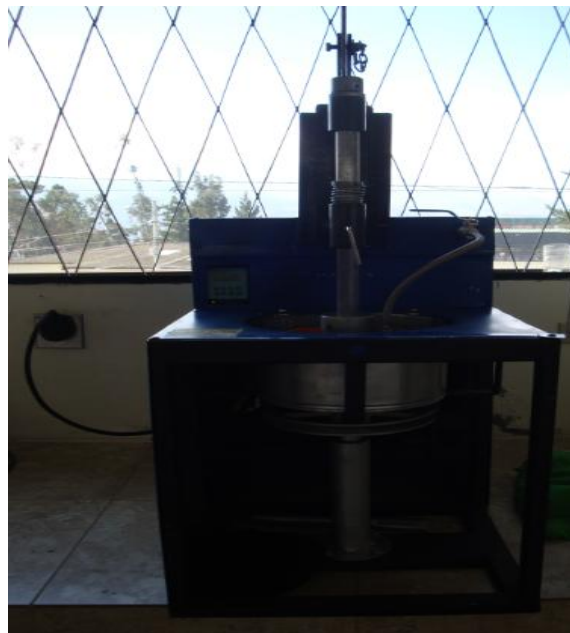
**Anexo B2:** Pintado de la Máquina Pulidora



**Anexo B3:** Instalación de probetas previo al pulido



**Anexo B4:** Máquina Pulidora



# ANEXO C FORMATOS PARA LA REALIZACION DE ENSAYOS METALOGRAFICOS



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

DATOS INFORMATIVOS					REG: # 001
PROBETA Nº		Autorizado por:		Realizado por	
Lugar de realización:		Fecha de ejecución:			
Temperatura ambiente del lugar:		Flujo de aire del medio:			
DESCRIPCIÓN DEL ACERO UTILIZADO					
				DETALLE REFERENCIAL	
Especificación Material		Tipo de grado:			
Diámetro:		Longitud:			
Carácterística:		Tipo de muestra:			
OBSERVACIÓN:					
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO					
				DETALLE REFERENCIAL	
# de discos		Tipo de pulidora:			
Tipo de paño Textura:		Control # rpm			
Espesor:		Tipo de refrigeracion:			
OBSERVACIÓN:					

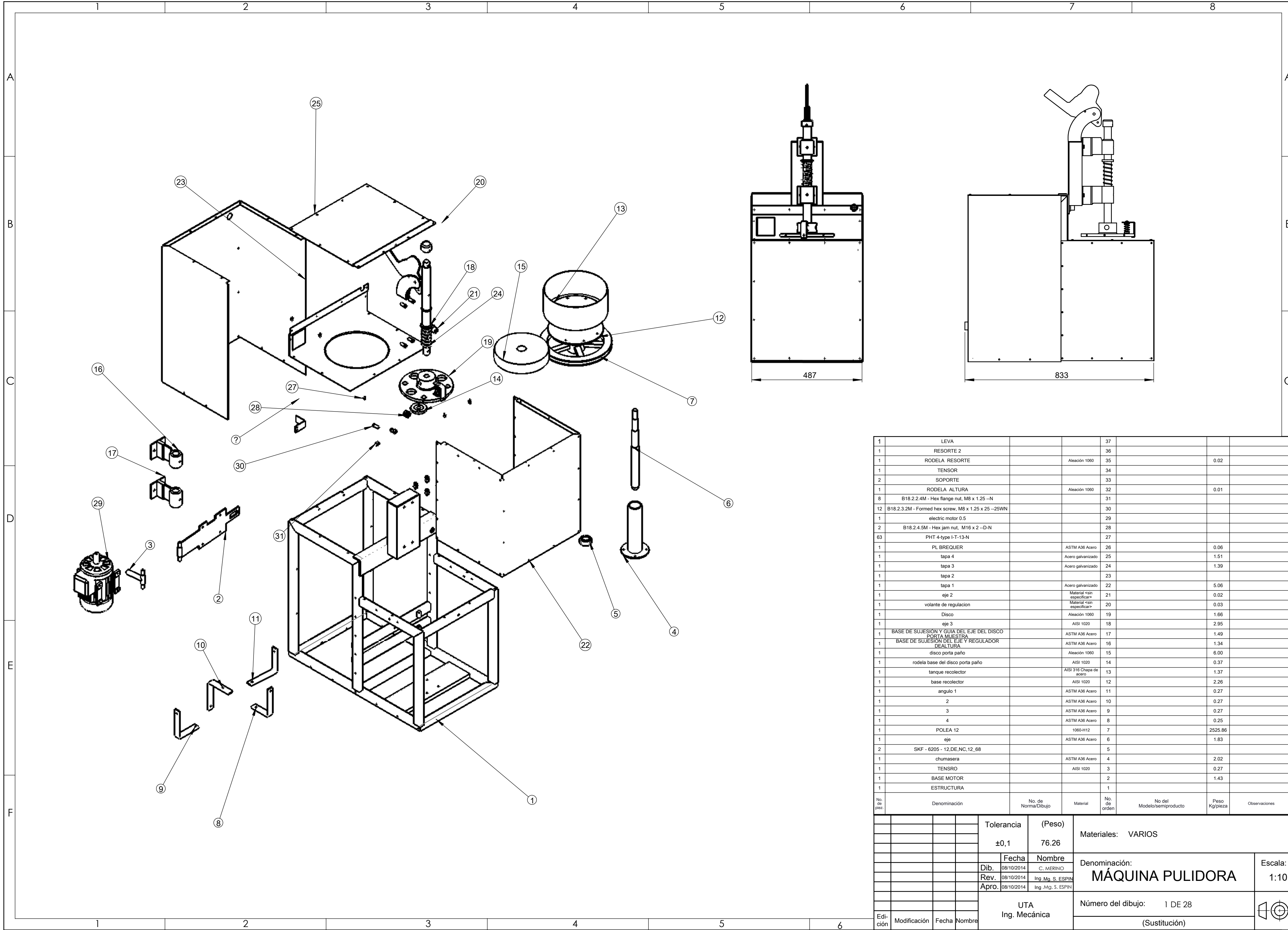




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

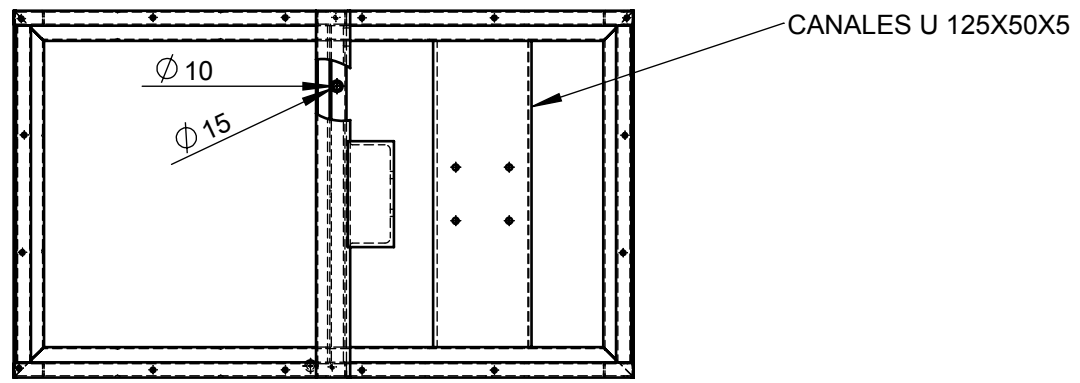
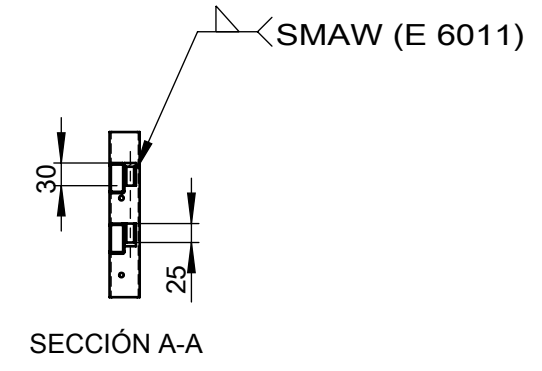
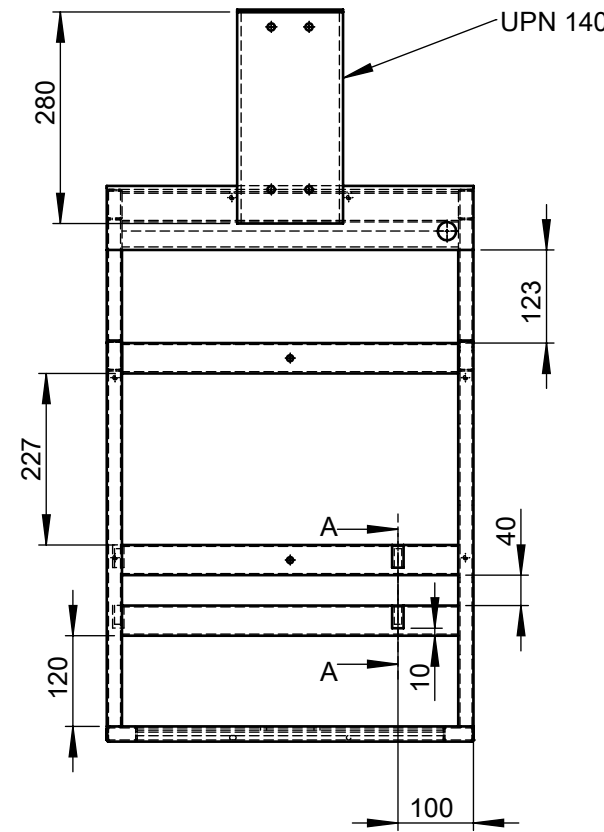
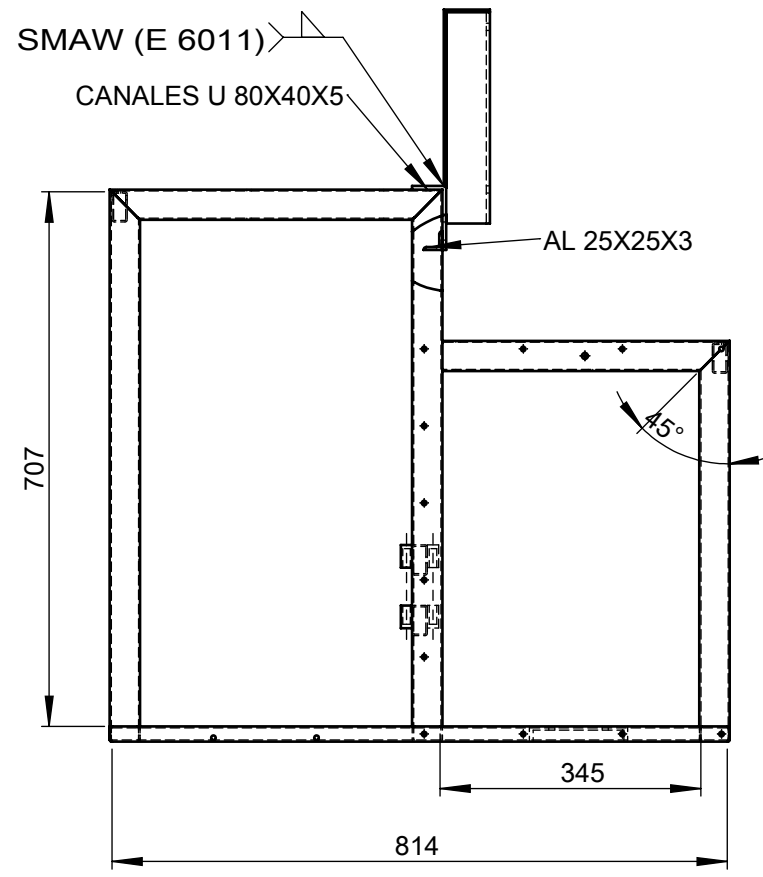
ENSAYO METALOGRAFICO				REG. # 001
<b>Datos informativos:</b>				
Tipo de estudio		Ensayo N°		
Identificación del componente de estudio:				
Solicitado por:				
Centro de Estudio y Análisis:				
Realizado por:		Supervisor por:		
PARAMETROS DE OBTENCIÓN DE LA MUESTRA				
Obtención de la muestra:				
Tipo de muestra:				
Tipo de desbaste:				
Desbaste:				
# lijas utilizadas en el desbaste:				
PARAMETROS PARA LA REALIZACION DEL ENSAYO METALOGRAFICO				
Velocidad de rotacion del disco:		Tipo de pulido:		
Tipo de paño:		Espesor:		
Sujetador de probeta:		Refrigerante:		
		Superficie preparada en:		
Ataque químico de la superficie con:		Tiempo de ataque:		
RESULTADO:				
OBSERVACIONES:				

**ANEXO D: PLANOS DE LA MÁQUINA  
PULIDORA (ELEMENTOS MÓVILES Y FIJOS,  
DETALLES COSTRUTIVOS)**



1	LEVA			37			
1	RESORTE 2			36			
1	RODELA RESORTE		Aleación 1060	35		0.02	
1	TENSOR			34			
2	SOPORTE			33			
1	RODELA ALTURA		Aleación 1060	32		0.01	
8	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M8 x 1.25 --N			31			
12	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M8 x 1.25 x 25 --25WN			30			
1	electric motor 0.5			29			
2	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M16 x 2 --D-N			28			
63	PHT 4-type I-T-13-N			27			
1	PL BREQUER		ASTM A36 Acero	26		0.06	
1	tapa 4		Acero galvanizado	25		1.51	
1	tapa 3		Acero galvanizado	24		1.39	
1	tapa 2			23			
1	tapa 1		Acero galvanizado	22		5.06	
1	eje 2		Material <sin especificar>	21		0.02	
1	volante de regulacion		Material <sin especificar>	20		0.03	
1	Disco		Aleación 1060	19		1.66	
1	eje 3		AISI 1020	18		2.95	
1	BASE DE SUJESION Y GUIA DEL EJE DEL DISCO PORTA MUESTRA		ASTM A36 Acero	17		1.49	
1	BASE DE SUJESION DEL EJE Y REGULADOR DE ALTURA		ASTM A36 Acero	16		1.34	
1	disco porta paño		Aleación 1060	15		6.00	
1	rodela base del disco porta paño		AISI 1020	14		0.37	
1	tanque recolector		AISI 316 Chapa de acero	13		1.37	
1	base recolector		AISI 1020	12		2.26	
1	angulo 1		ASTM A36 Acero	11		0.27	
1	2		ASTM A36 Acero	10		0.27	
1	3		ASTM A36 Acero	9		0.27	
1	4		ASTM A36 Acero	8		0.25	
1	POLEA 12		1060-H12	7		2525.86	
1	eje		ASTM A36 Acero	6		1.83	
2	SKF - 6205 - 12.DE.NC.12_68			5			
1	chumasera		ASTM A36 Acero	4		2.02	
1	TENSOR		AISI 1020	3		0.27	
1	BASE MOTOR			2		1.43	
1	ESTRUCTURA			1			
No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones

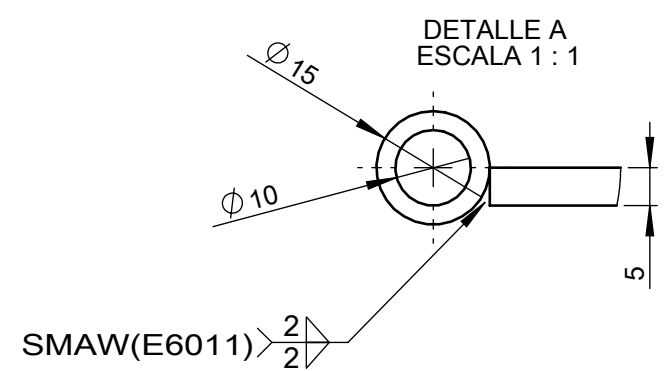
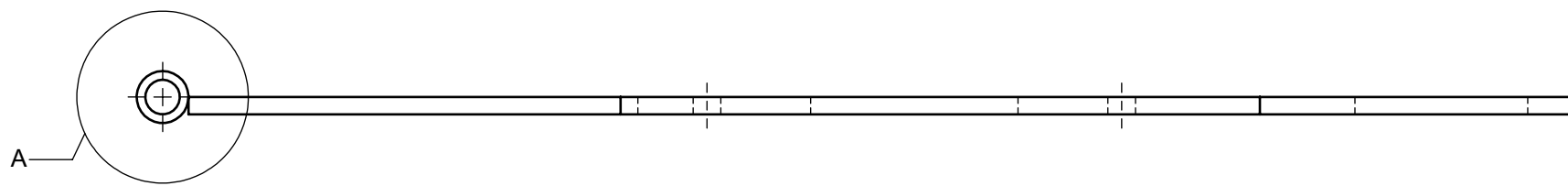
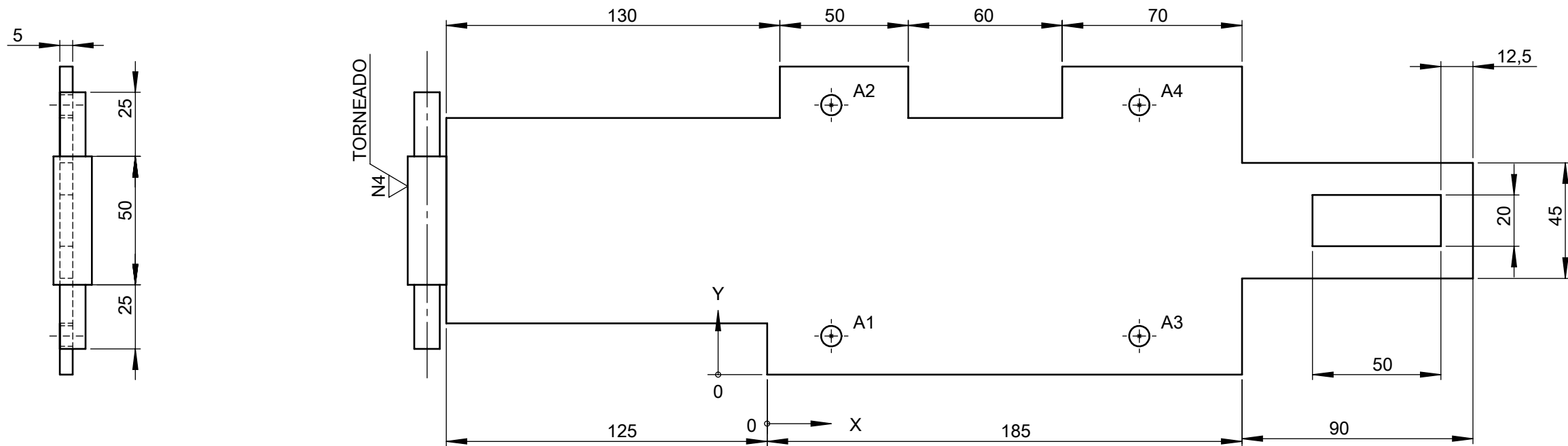
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS	
				±0,1	76.26		
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dib. 08/10/2014	C. MERINO	MÁQUINA PULIDORA	
				Rev. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	Escala: 1:10	
				Apro. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	Número del dibujo: 1 DE 28	
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



**NOTA:**

- 1.- La estatura está construida con tubo 40x 20 x 2, dónde no se indique este material, se indicará el tipo.
- 2.- Toda la estructura esta soldada electrodo 6011 a tope

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	35		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>ESTRUCTURA</b>	Escala: 1:10
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
			Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 2 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	25	15	Ø 8 POR TODO
A2	25	105	Ø 8 POR TODO
A3	145	15	Ø 8 POR TODO
A4	145	105	Ø 8 POR TODO

1	VISAGRA MACHO		AISI 1020	2	100.83				
1	BASE MOTOR		AISI 1020	1	1333.08				
No. de piez.	Denominación		No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones	
			Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS				
			±0,1	1.43					
			Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASE MOTOR</b>			Escala: 1:2	
			Dib.	08/10/2014					C. MERINO
			Rev.	08/10/2014					Ing. Mg. S. ESPIN
			Apro.	08/10/2014					Ing. Mg. S. ESPIN
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 3 DE 28			
						(Sustitución)			

1

2

3

4

TORNEADO

N4

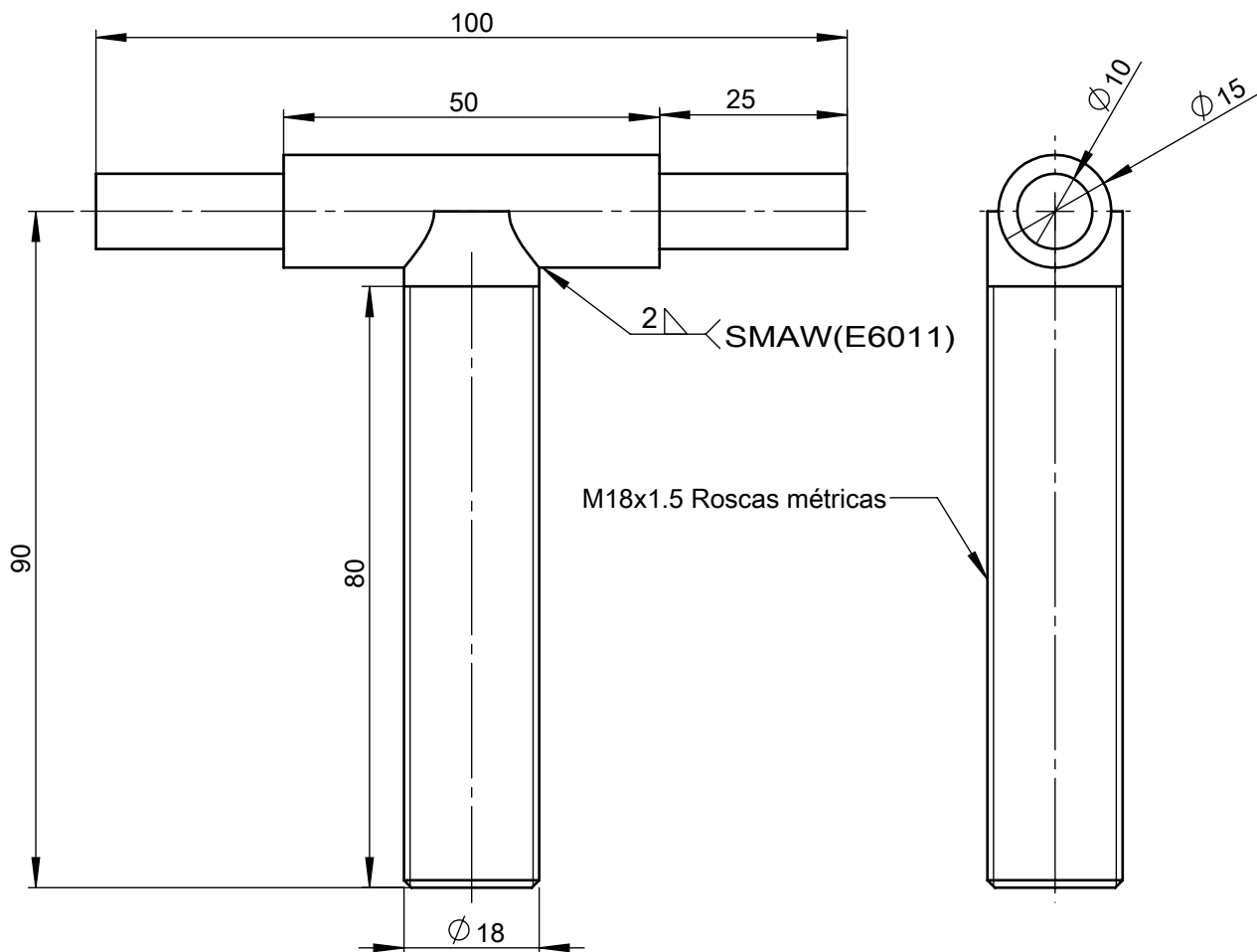
A

B

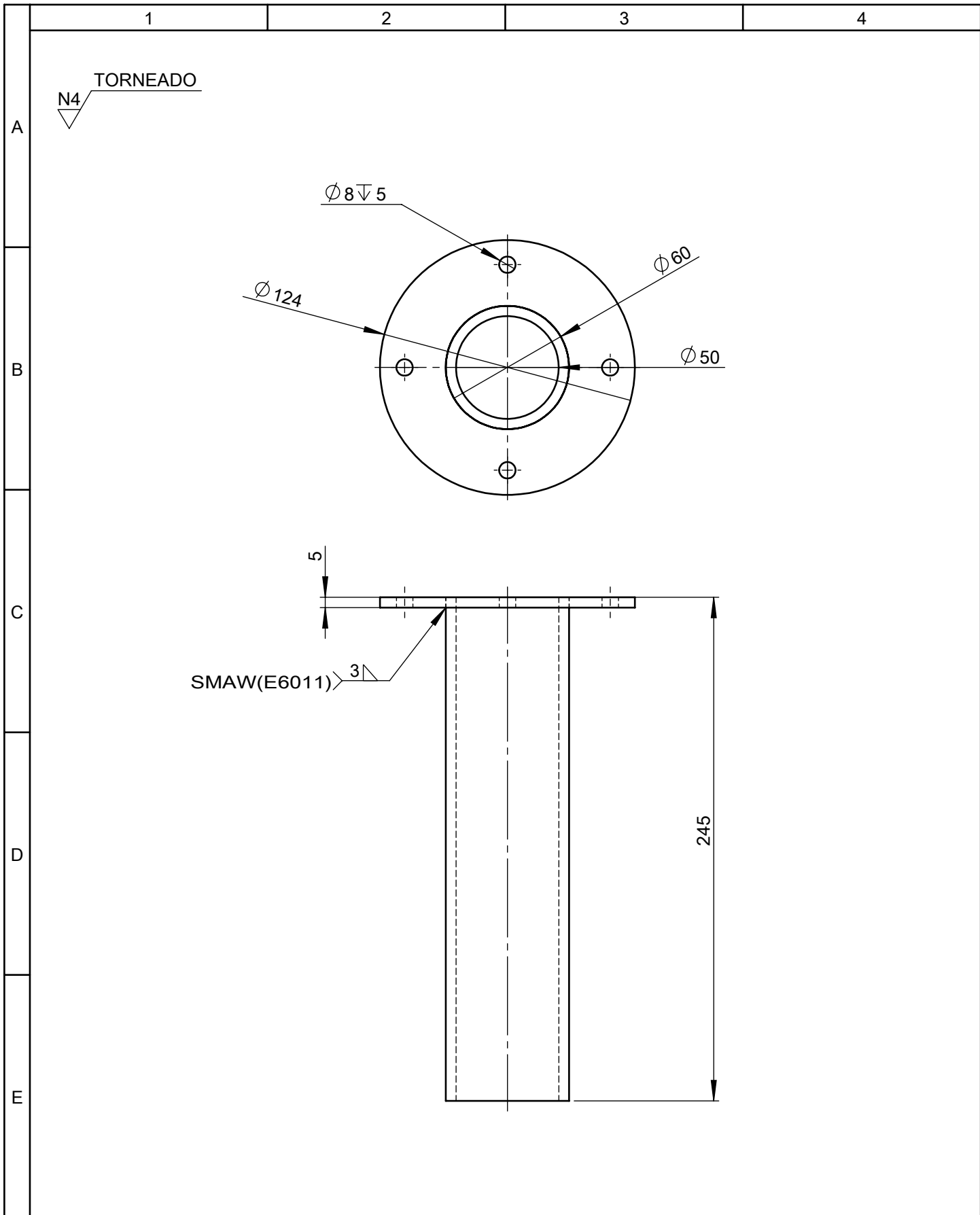
C

D

E

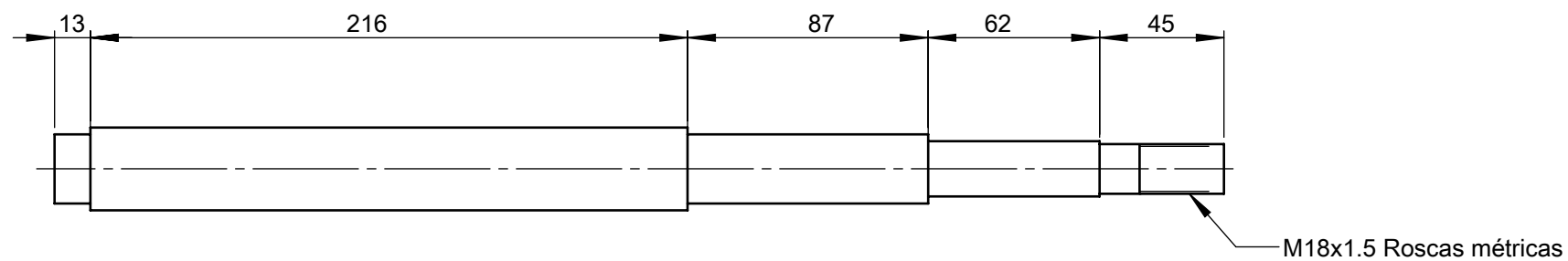
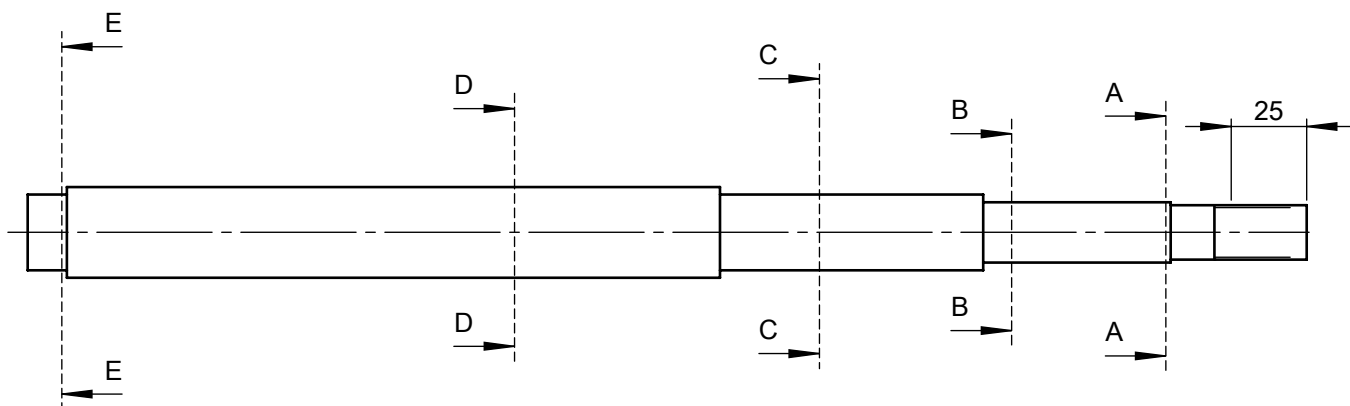


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1020	
				±0,1	0.27	Denominación: <b>TENSOR</b>	
				Fecha	Nombre	Escala: 1:1	
				Dib. 08/10/2014	C. MERINO	Número del dibujo: 4 DE 28	
				Rev. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

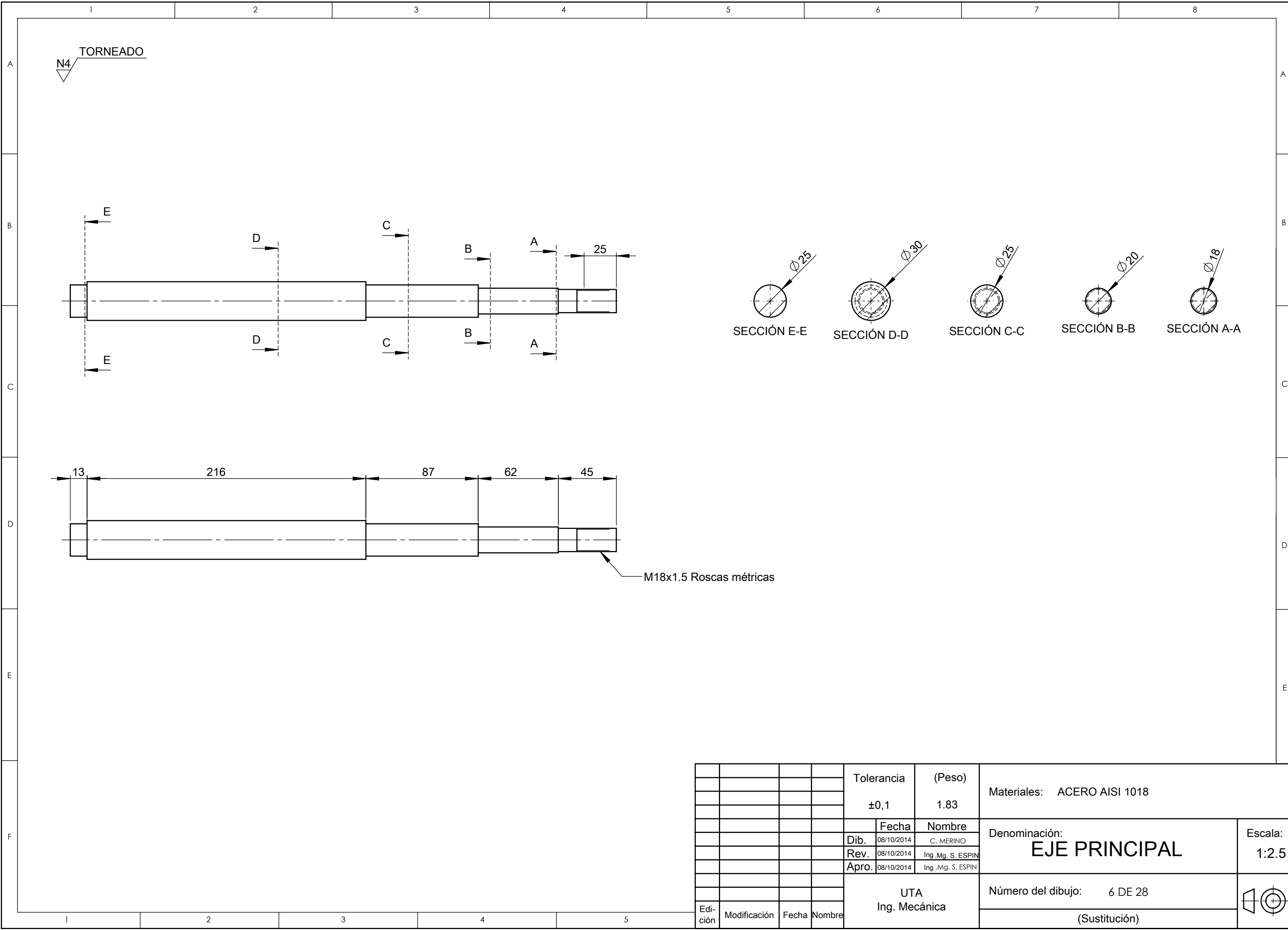


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36		
				±0,1	2.02	Denominación:		
				Fecha	Nombre	<b>SOPORTE EJE PRIN.</b>		
				Dib. 08/10/2014	C. MERINO			Escala:
				Rev. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN			1:2.5
				Apro. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	Número del dibujo: 5 DE 28		
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

TORNEADO  
N4



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				±0,1	1.83		
					Fecha	Nombre	Denominación: <b>EJE PRINCIPAL</b>
				Dib.	08/10/2014	C. MERINO	
				Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	Escala: 1:2.5
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 6 DE 28	
						(Sustitución)	





N4

TORNEADO

A

B

C

D

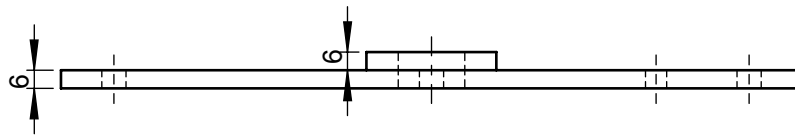
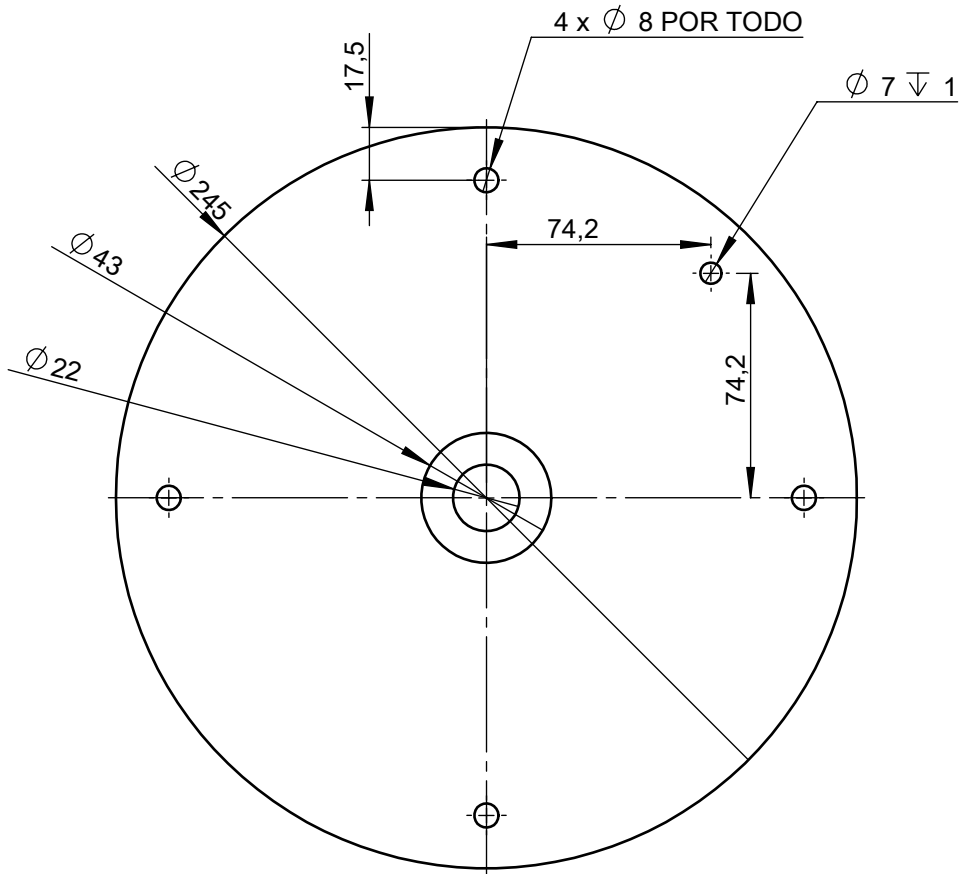
E

1

2

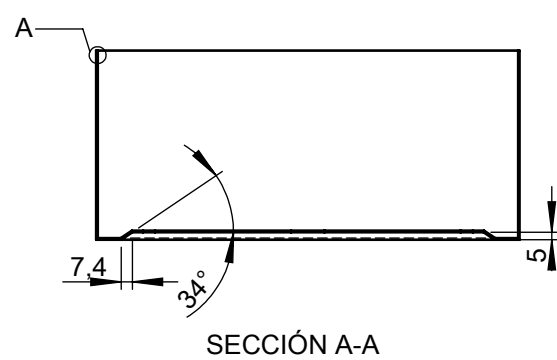
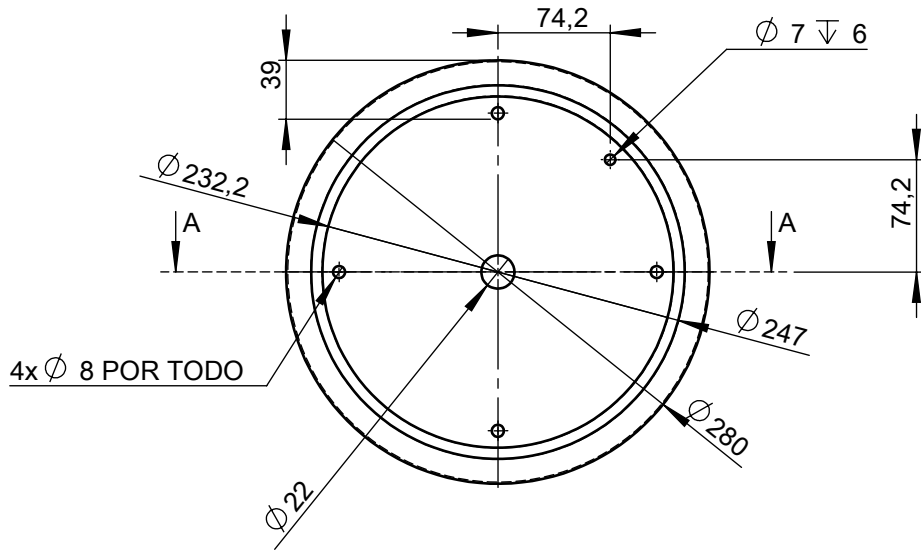
3

4

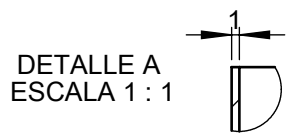


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI A36	
				±0,1	2.26		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASE RECOLECTOR</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
			Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 7 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

A  
B  
C  
D  
E



SECCIÓN A-A



DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 316 Chapa de acero inoxidable (SS)	
				$\pm 0,1$	1.37		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TANQUE RECOLECTOR</b>	Escala: 1:5
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 8 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

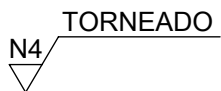
1

2

3

4

N4 TORNEADO



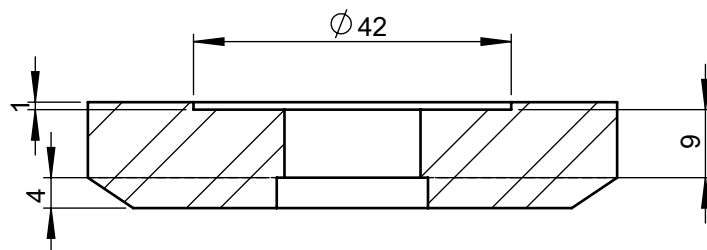
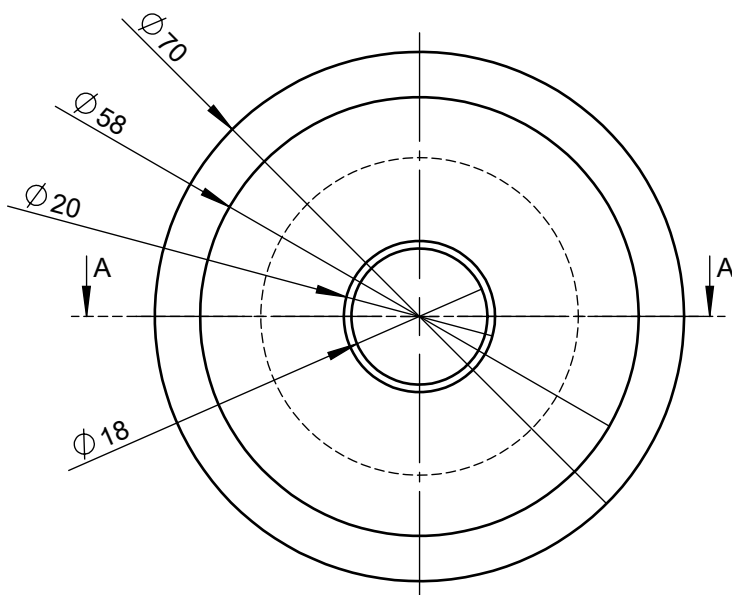
A

B

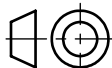
C

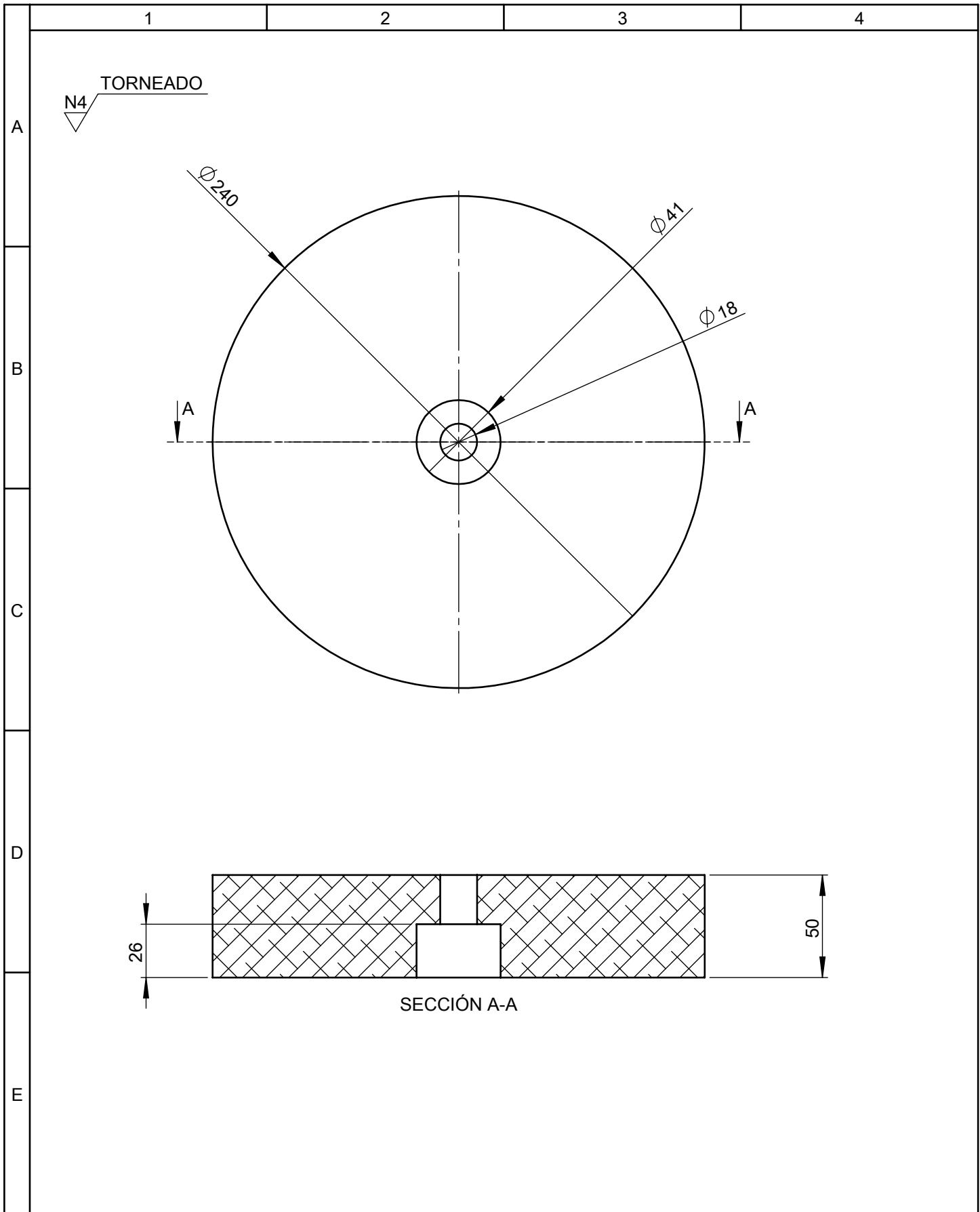
D

E



SECCIÓN A-A

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	0.37		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODELA BASE DISCO</b>	Escala: 1:1
				Dib. 08/10/2014	C. MERINO		
				Rev. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 9 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ALEACIÓN DE ALUMINIO 416.0	
				$\pm 0,1$	6.00		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>DISCO PORTA PAÑO</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
			Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 10 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

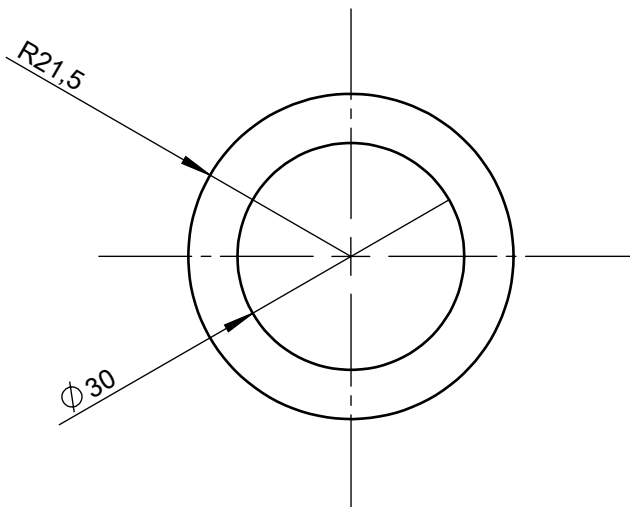
3

4

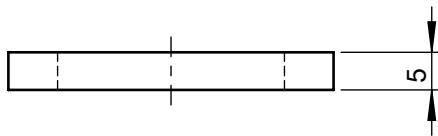
A

N4 TORNEADO

B



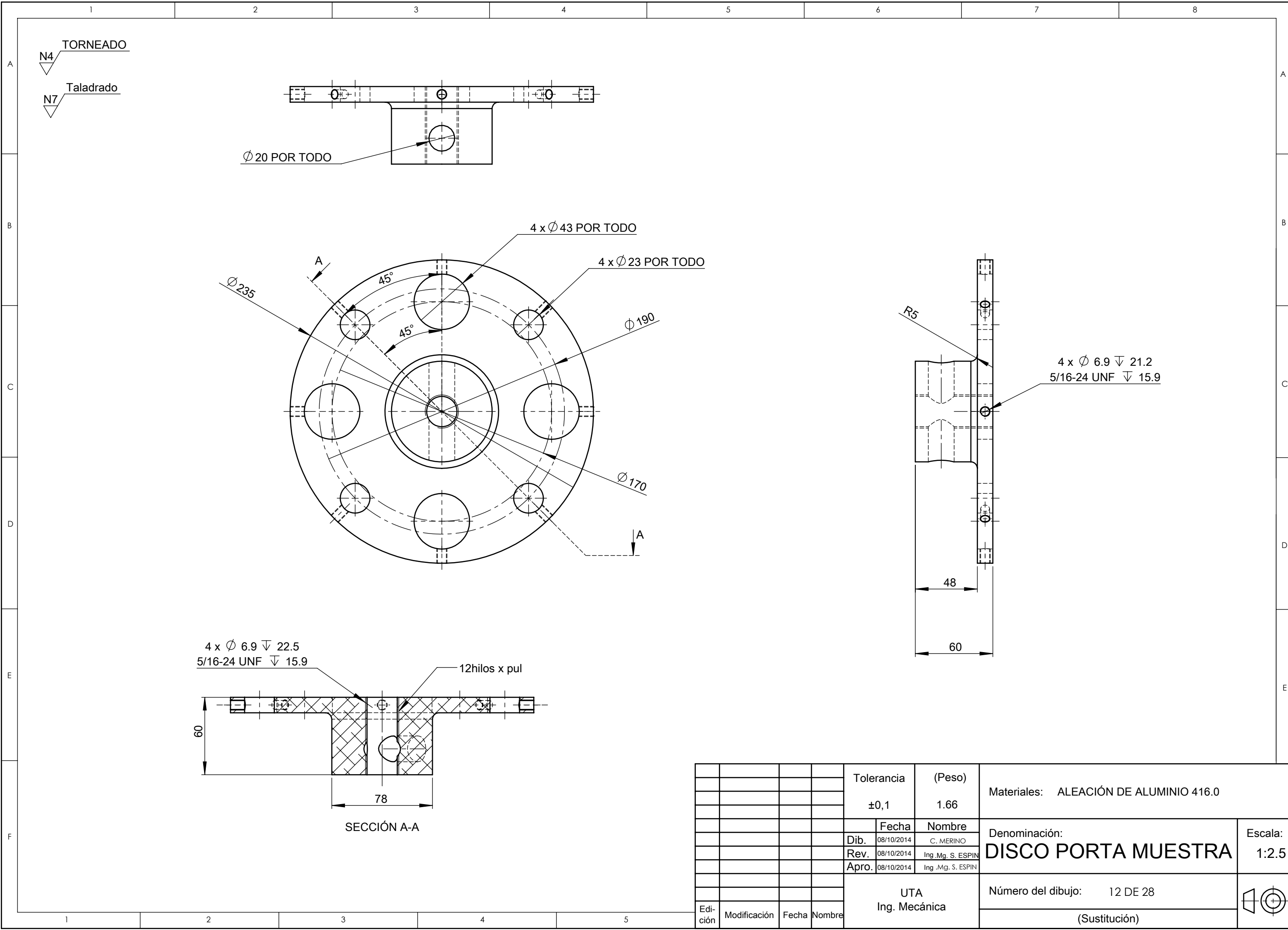
C



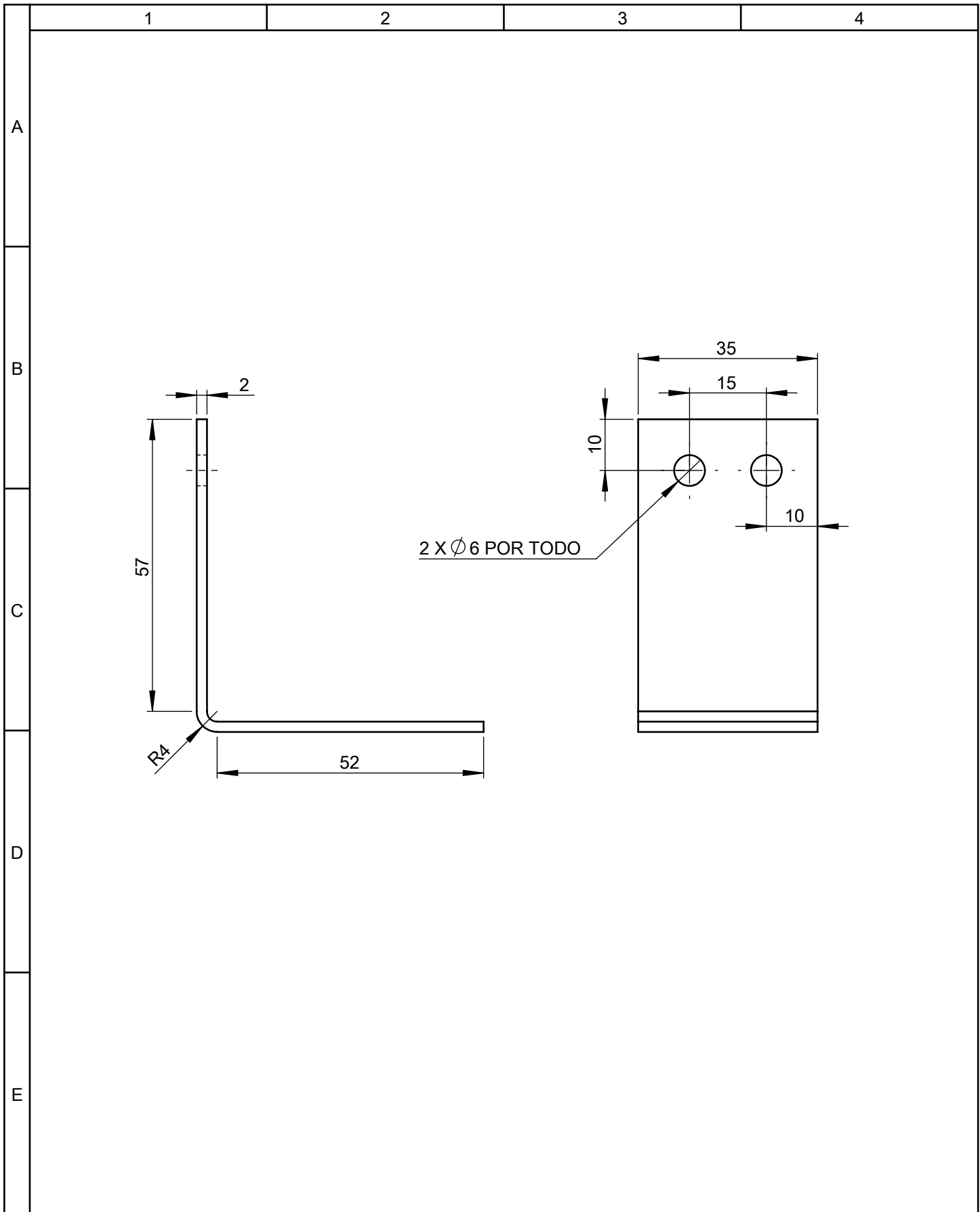
D

E

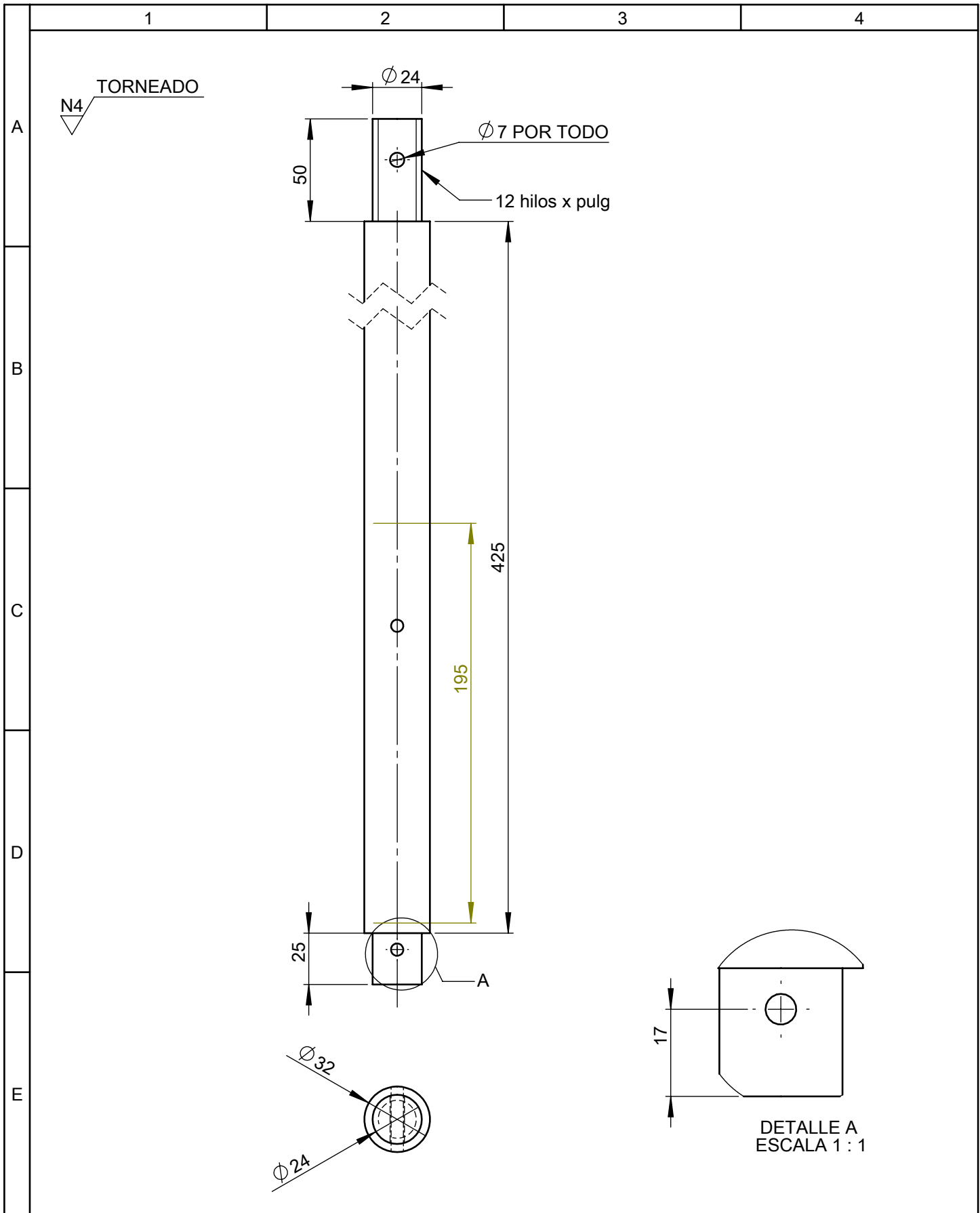
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ALUMINO 1060	
				±0,1	0.01		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODELA ALTURA</b>	Escala: 1:1
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
			Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 11 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ALEACIÓN DE ALUMINIO 416.0	
				$\pm 0,1$	1.66		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>DISCO PORTA MUESTRA</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
			Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 12 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

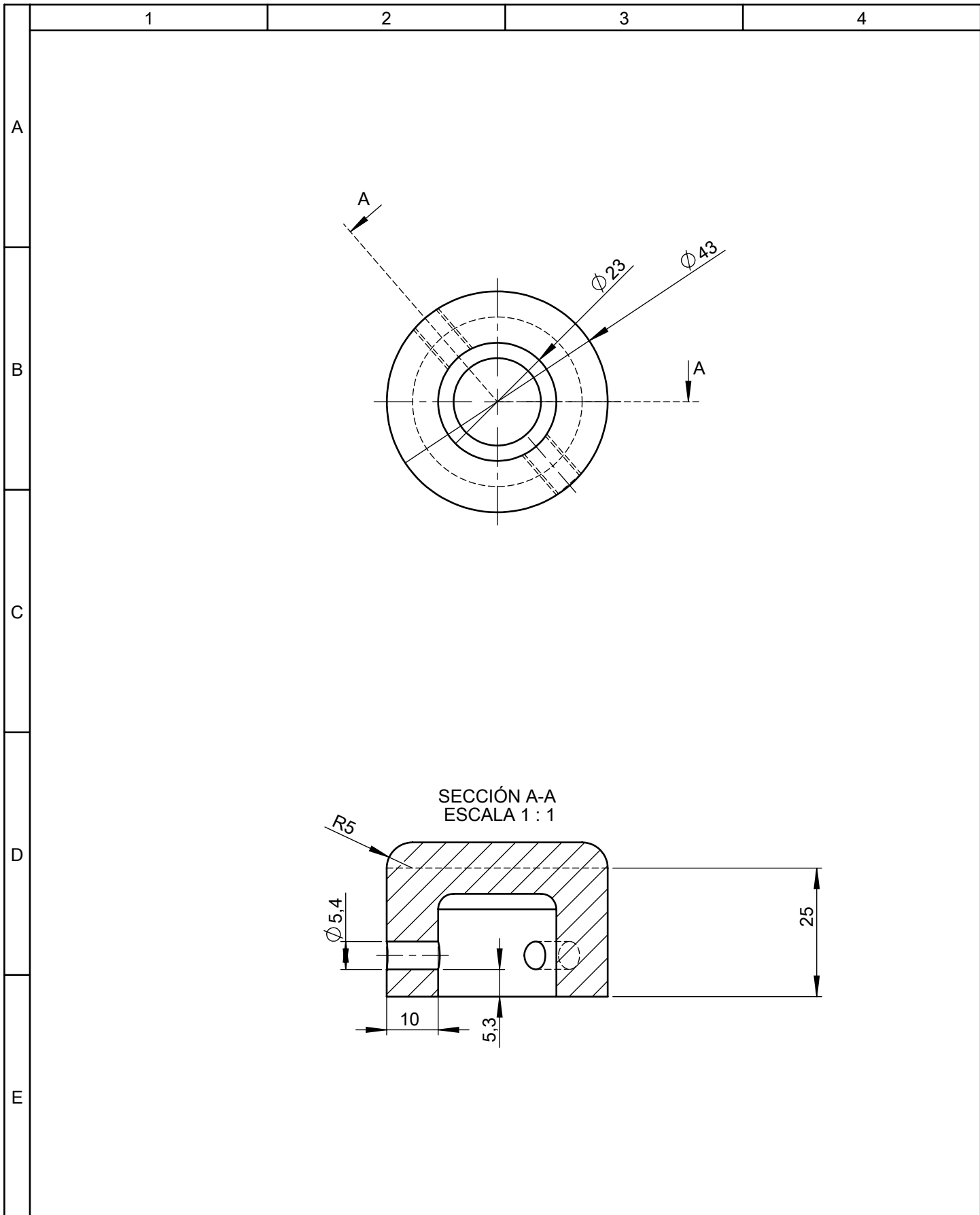


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	0.06		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PL BREQUER</b>	Escala: 1:1
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 13 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

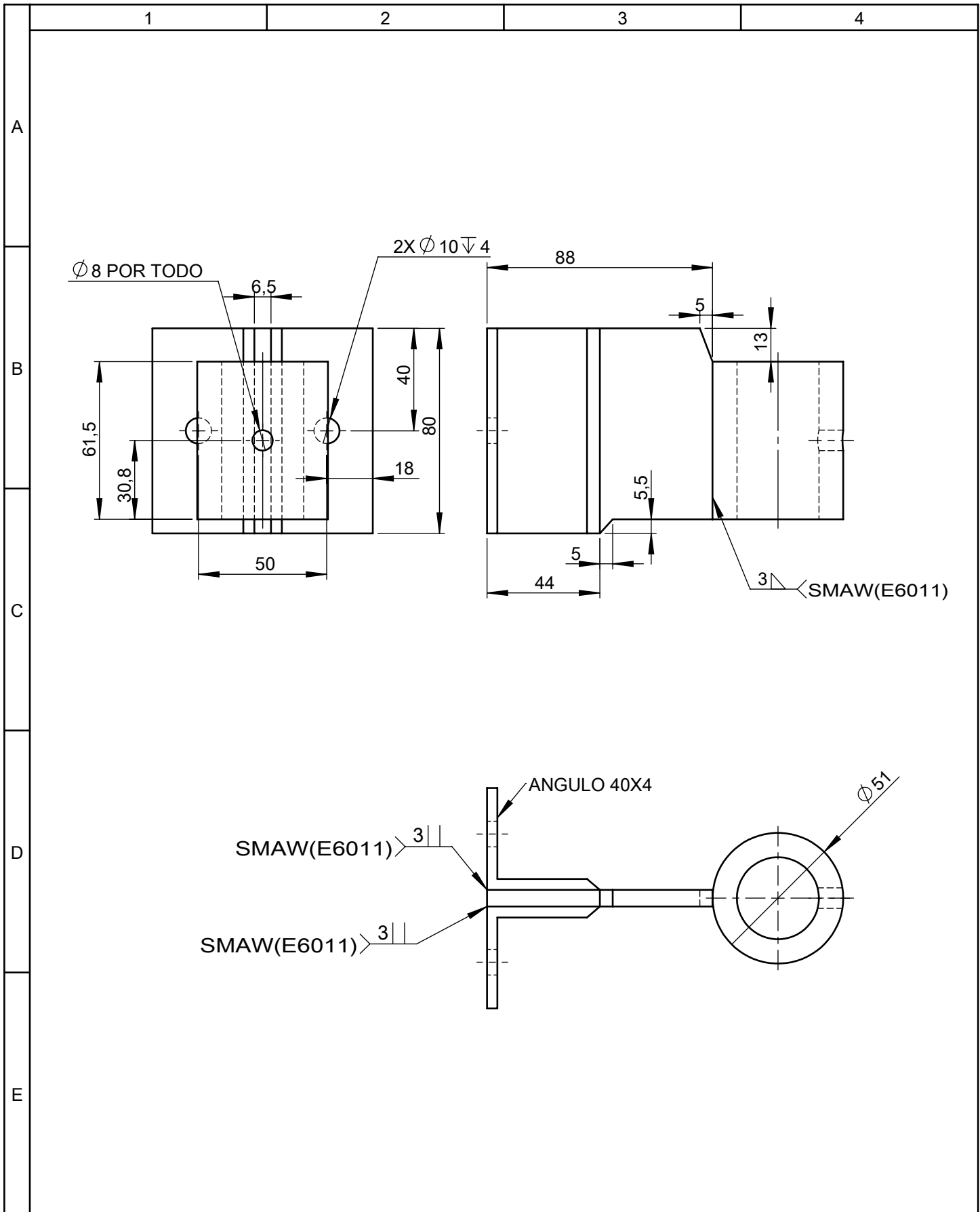


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1020	
				$\pm 0,1$	2.95		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>EJE DISCO PORTA M.</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
			Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 14 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

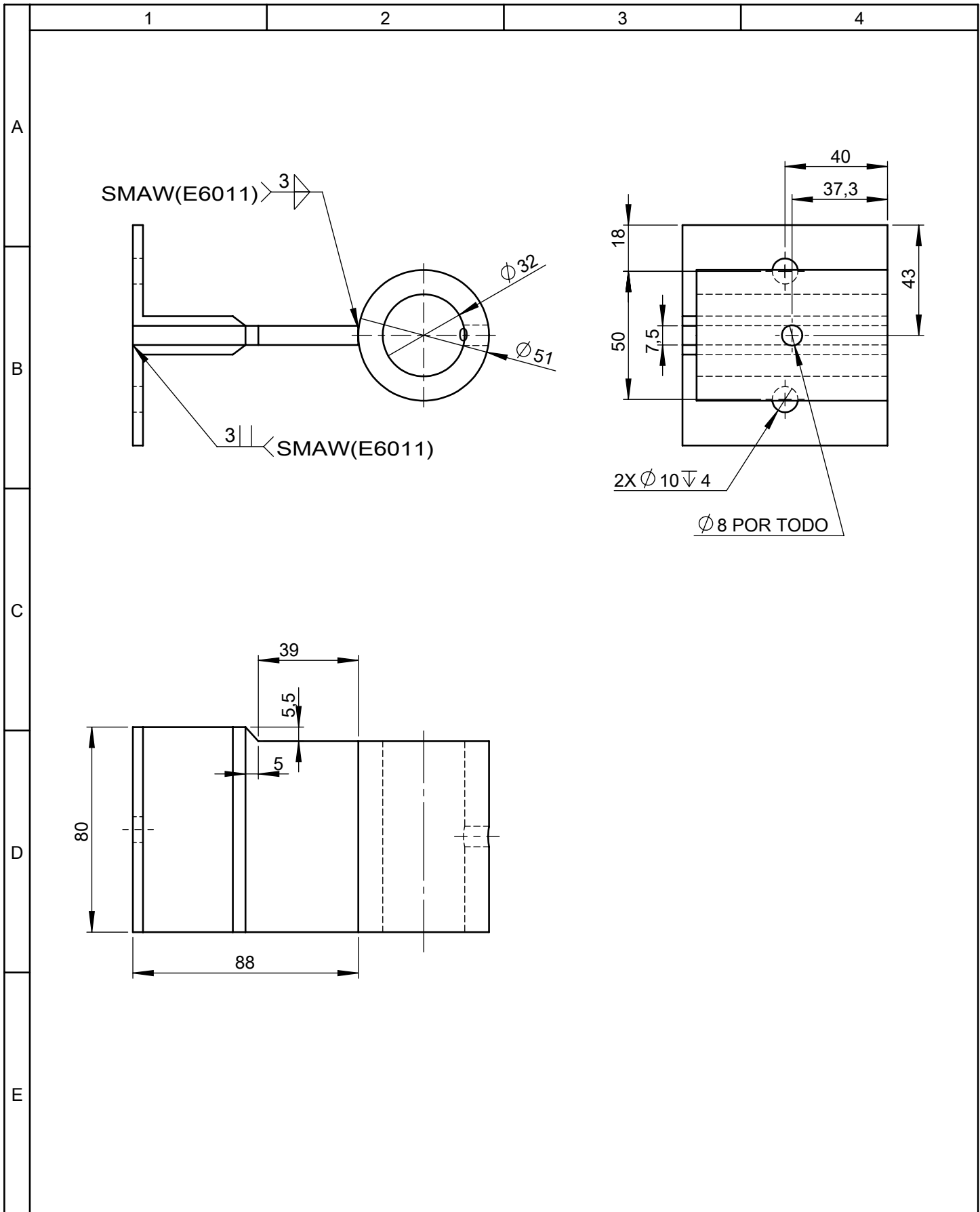




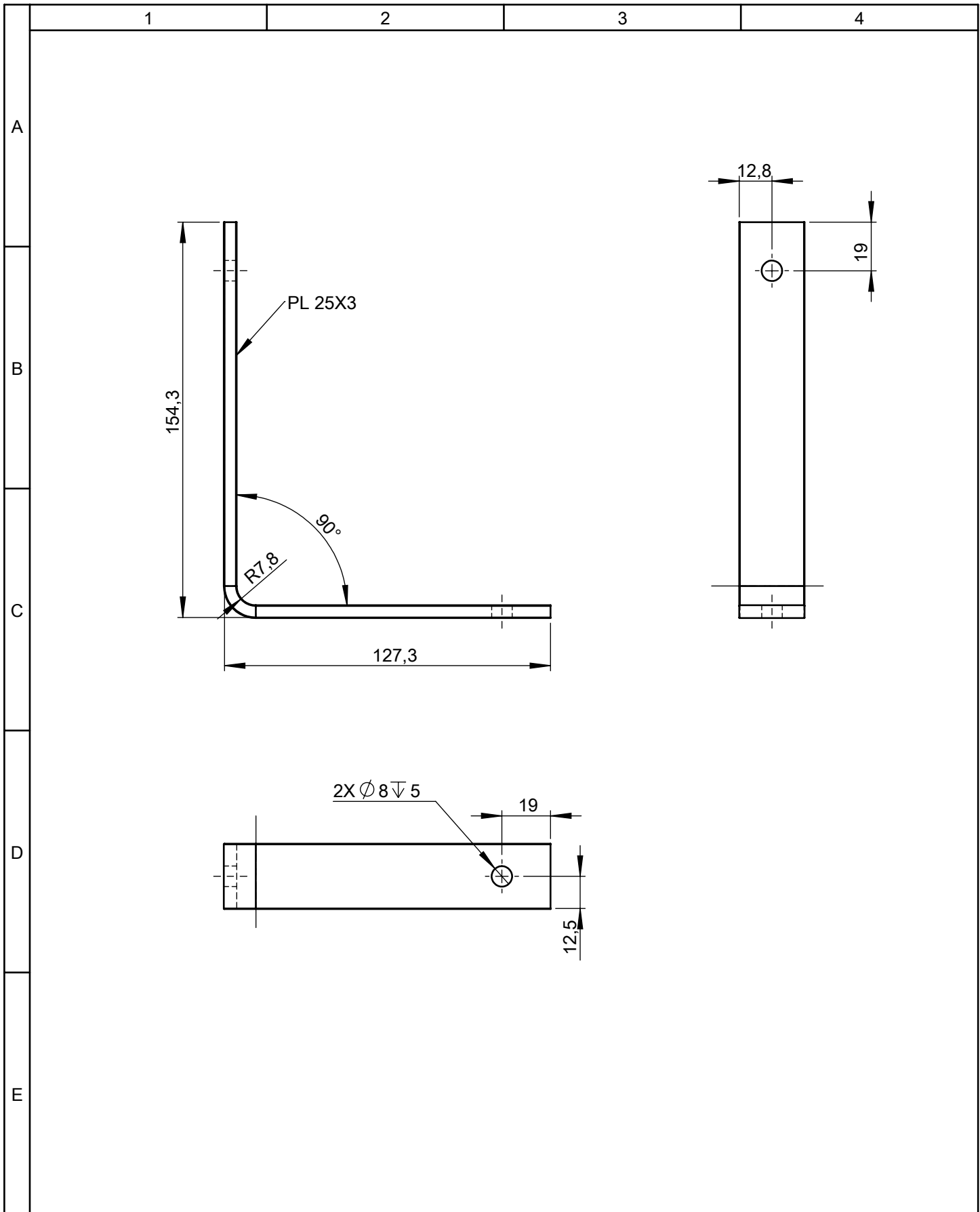
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				±0,1	0.03		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TAPA SUPERIOR</b>	Escala: 1:2.5
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 15 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



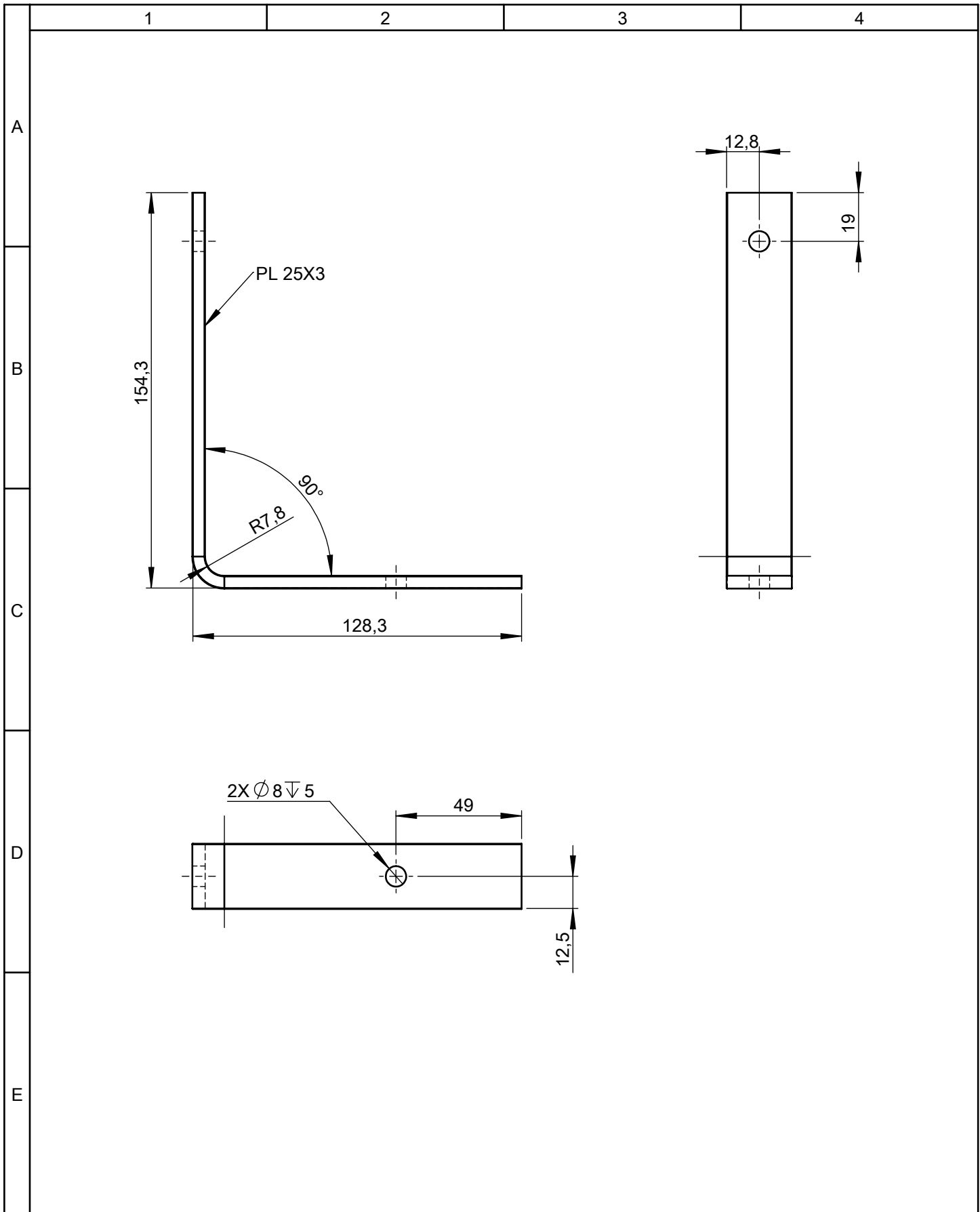
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	1.34		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASE DE SUJECIÓN 1</b>	Escala: 1:2
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
			Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 16 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



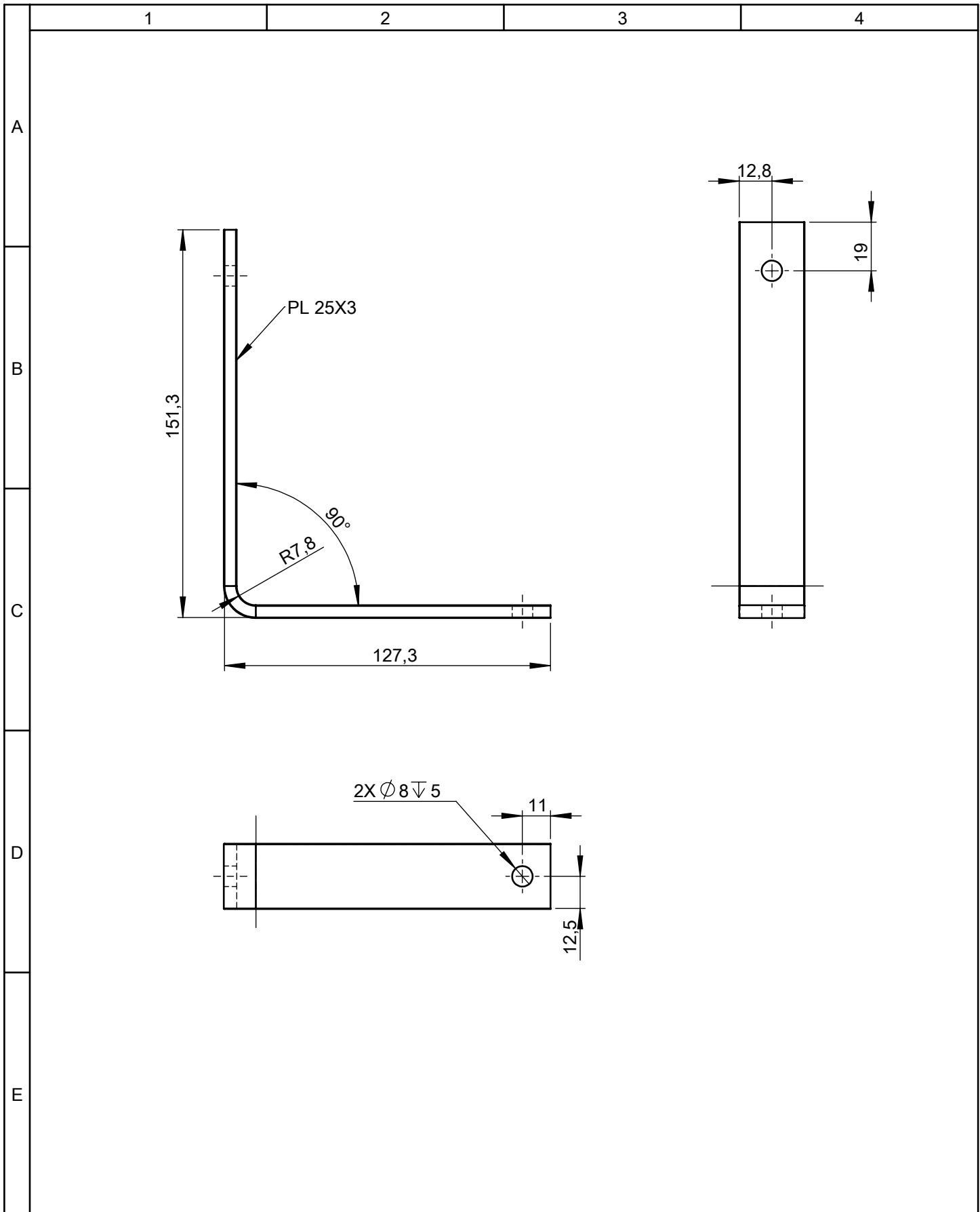
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				$\pm 0,1$	1.49		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASE DE SUJECIÓN 2</b>	Escala: 1:2
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 17 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



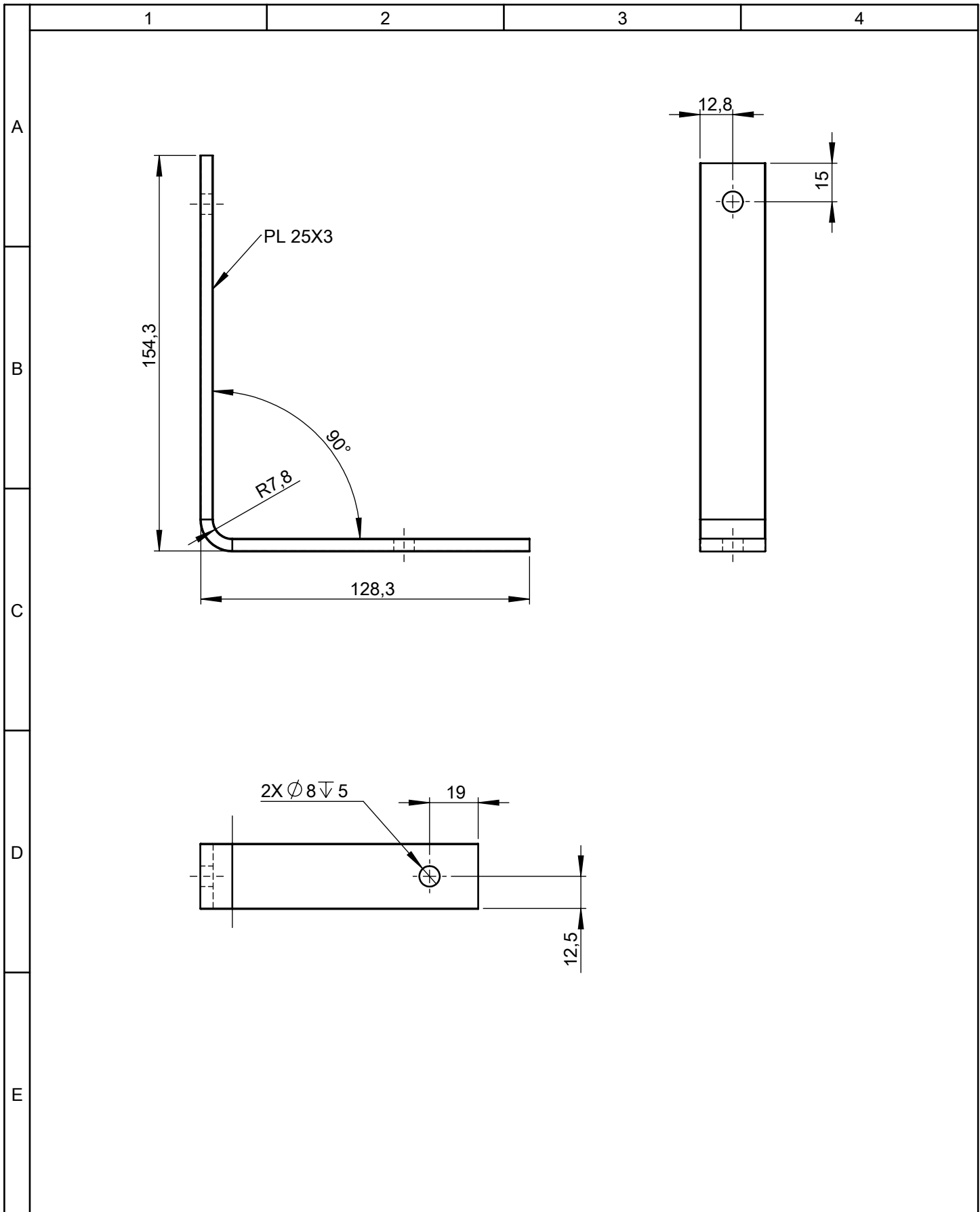
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	0.27		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>ÁNGULO 1</b>	Escala: 1:2
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 18 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	0.27		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>ÁNGULO 2</b>	Escala: 1:2
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 19 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	0.27		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>ÁNGULO 3</b>	Escala: 1:2
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
			Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 20 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	0.27		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>ÁNGULO 4</b>	Escala: 1:2
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 21 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

N4 TORNEADO

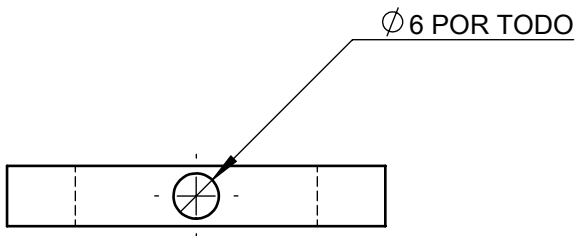
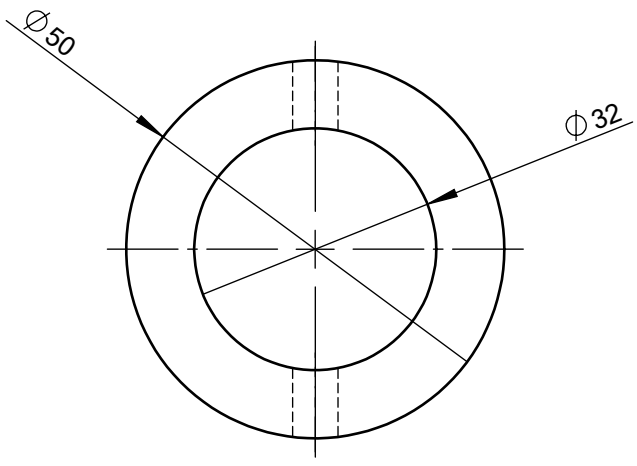
A

B

C

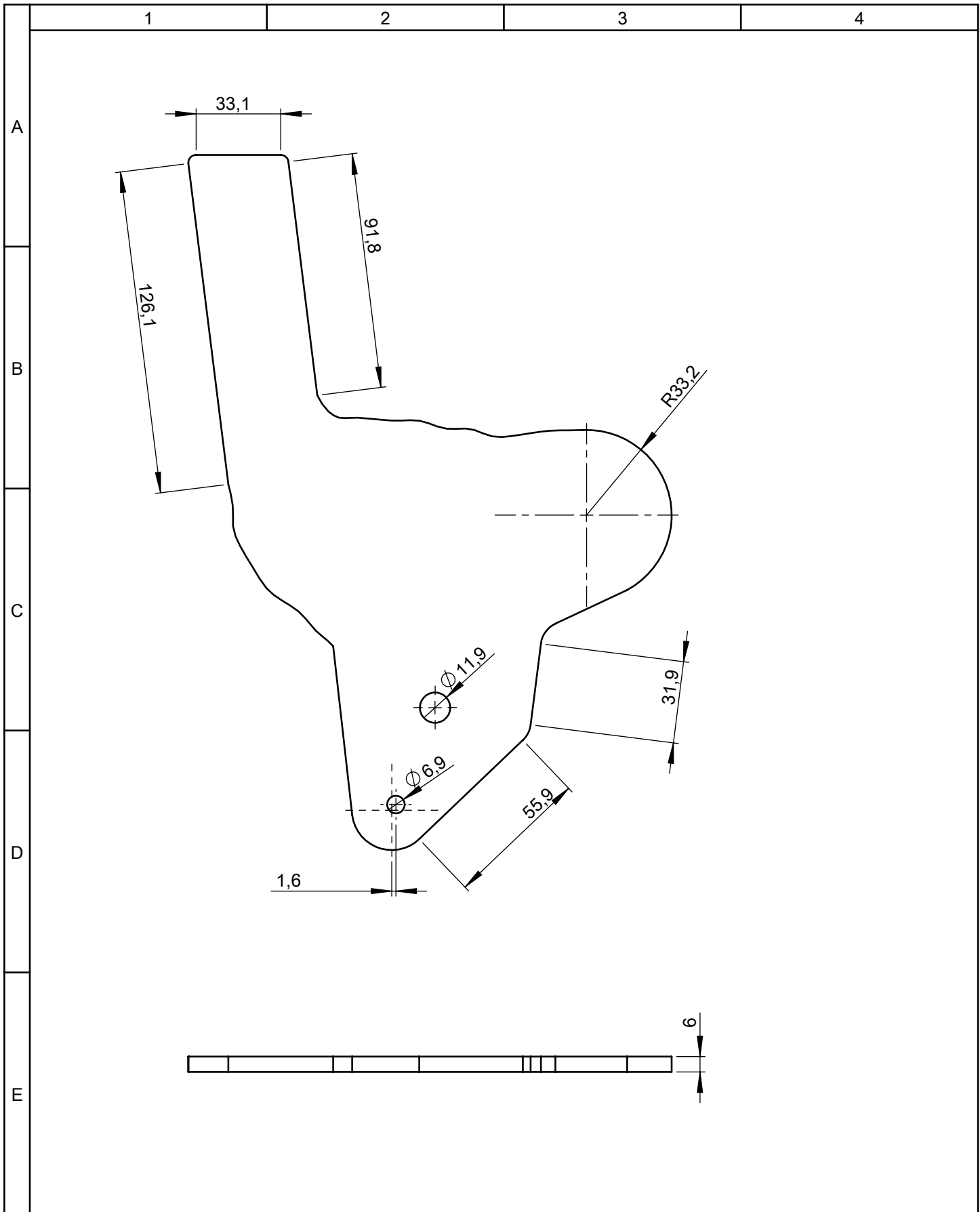
D

E

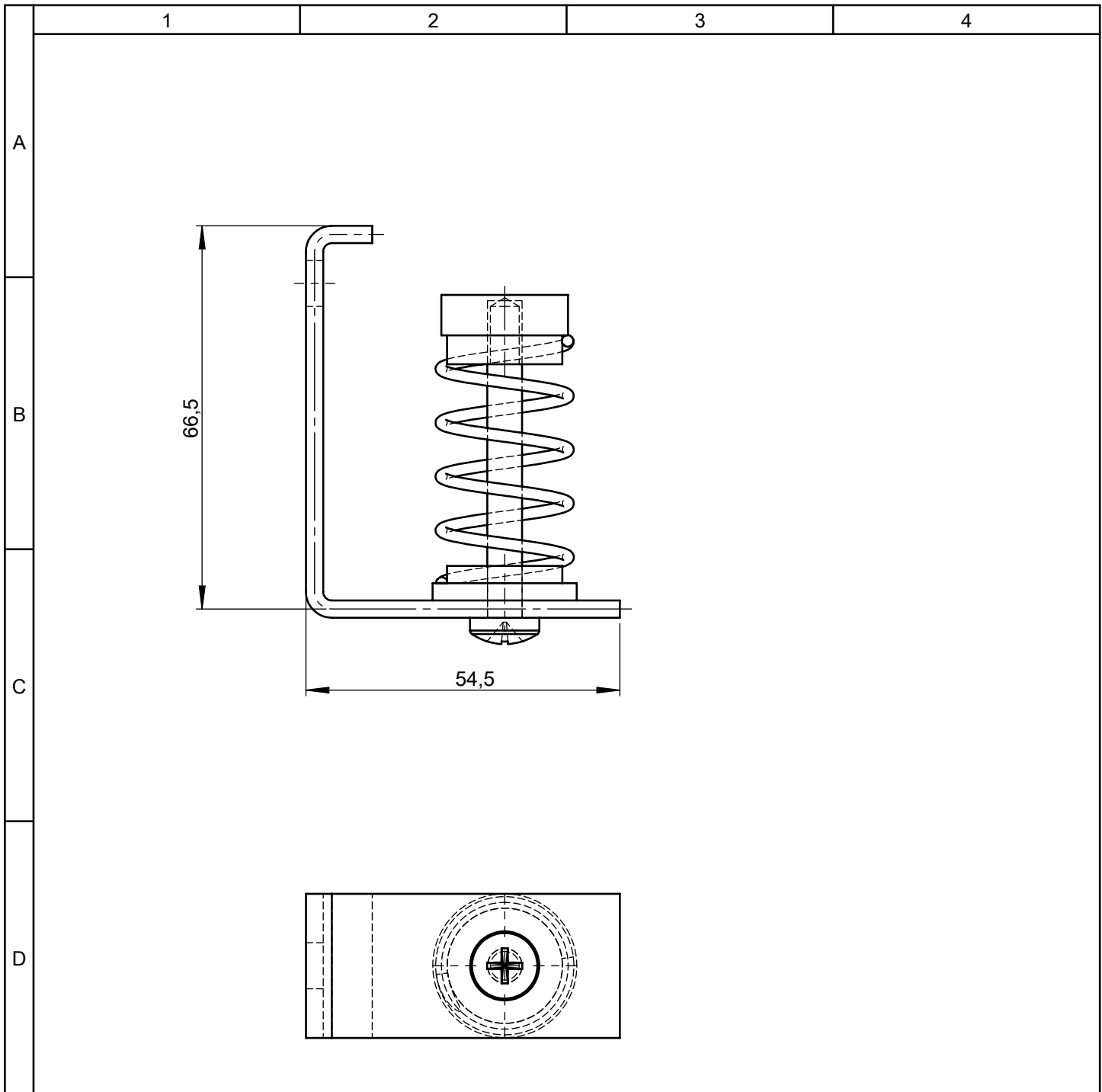


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ALEACIÓN 1060	
				$\pm 0,1$	0.02		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODELA RESORTE</b>	Escala: 1:1
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 22 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1			
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>LEVA DE REGULACIÓN</b>	Escala: 1:2
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 23 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



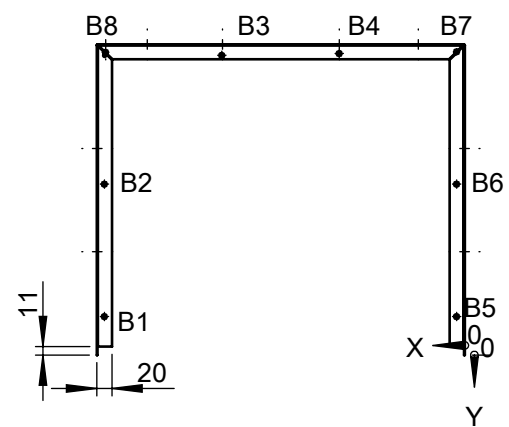
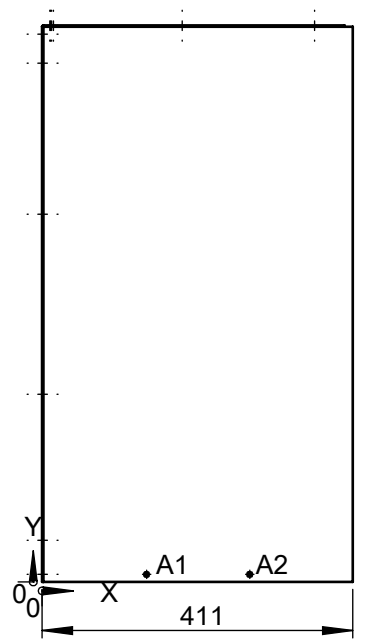
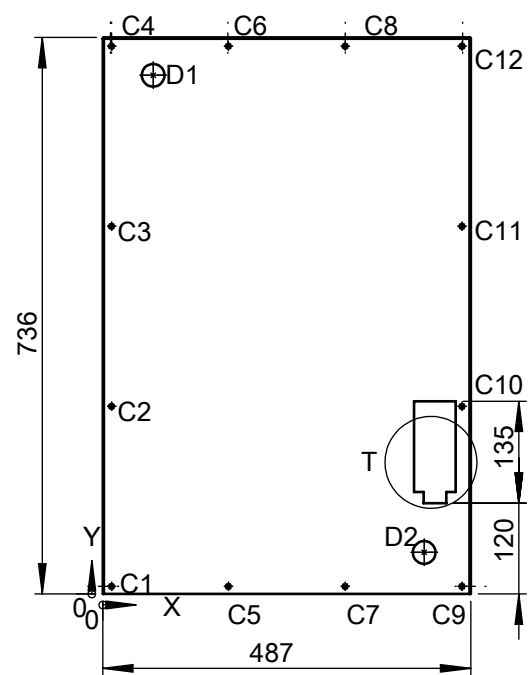
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE TENSOR		1
2	TENOR PROBETA SUPERIOR		1
3	TENOR PROBETA INFERIOR		1
4	RESORTE		1
5	B18.6.7M - M6 x 1.0 x 55 Type I Cross Recessed PHMS -38N		1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1		Denominación: <b>TENSOR DE PROBETAS</b>	Escala: 1:1
				Fecha	Nombre		
				Dib. 08/10/2014	C. MERINO		
				Rev. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	Número del dibujo: 24 DE 28	
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

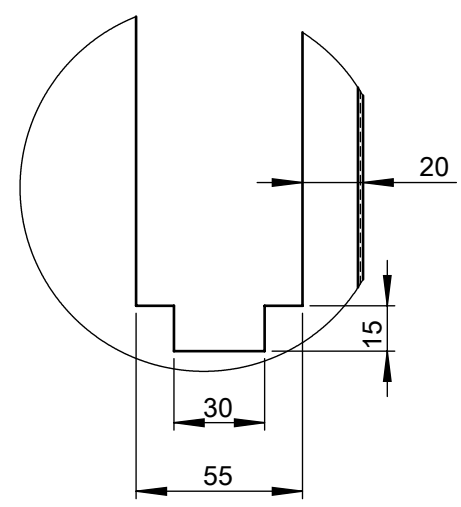


1 2 3 4 5 6 7 8

A  
B  
C  
D  
E  
F



DETALLE T  
ESCALA 1 : 2.5



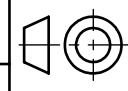
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
C1	11,64	10	Ø 6 ∇ 486.8
C2	11,64	248,09	Ø 6 ∇ 486.8
C3	11,64	486,18	Ø 6 ∇ 486.8
C4	11,64	724,26	Ø 6 ∇ 486.8
C5	166,15	10	Ø 6 ∇ 486.8
C6	166,15	724,26	Ø 6 ∇ 486.8
C7	320,65	10	Ø 6 ∇ 486.8
C8	320,65	724,26	Ø 6 ∇ 486.8
C9	475,16	10	Ø 6 ∇ 486.8
C10	475,16	248,09	Ø 6 ∇ 486.8
C11	475,16	486,18	Ø 6 ∇ 486.8
C12	475,16	724,26	Ø 6 ∇ 486.8
D1	66,64	685,90	Ø 30 POR TODO
D2	425,16	55	Ø 30 POR TODO

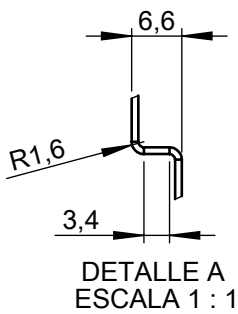
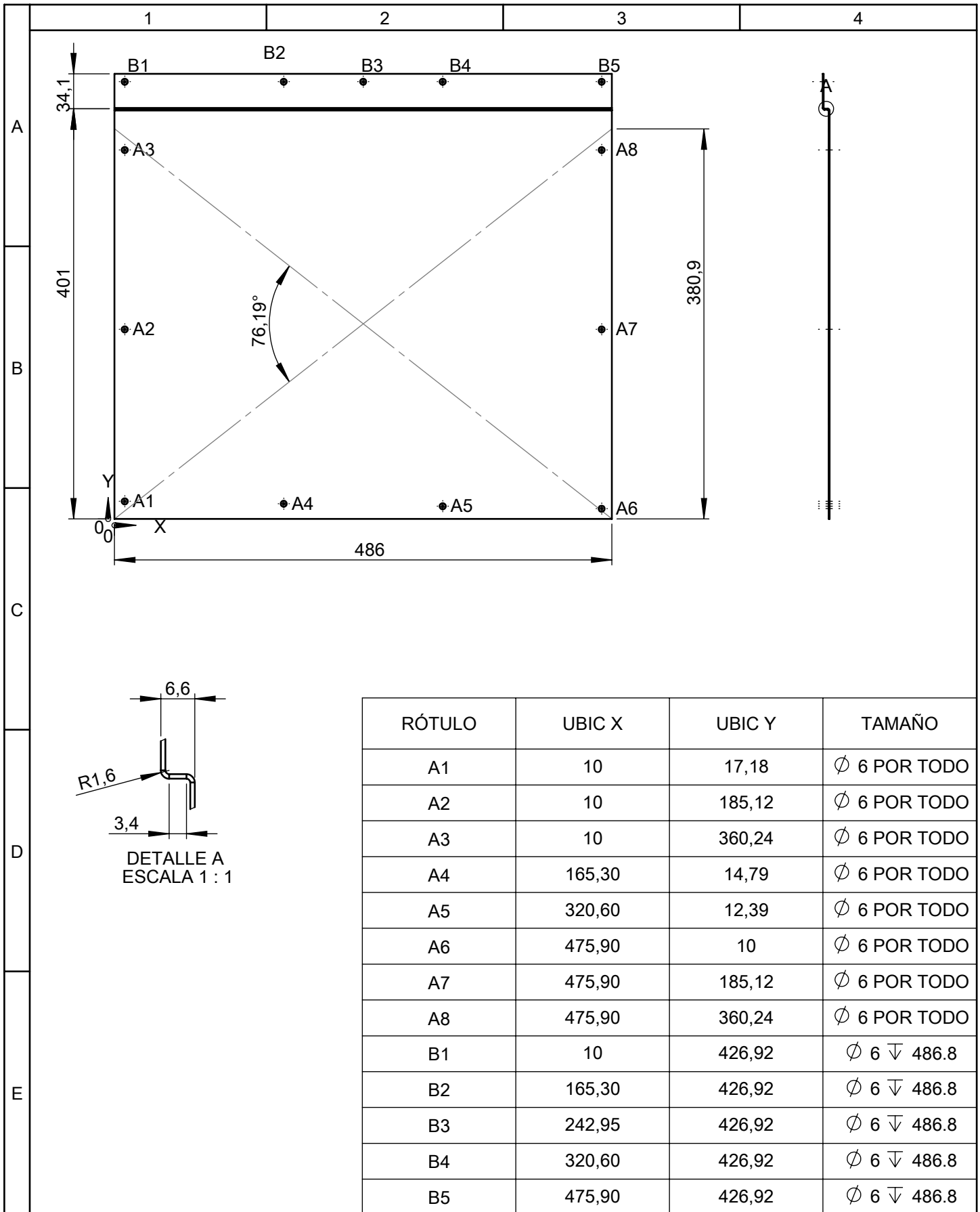
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
B1	476,80	-50,76	Ø 6 POR TODO
B2	476,80	-225,88	Ø 6 POR TODO
B3	321,50	-396,21	Ø 6 POR TODO
B4	166,20	-398,61	Ø 6 POR TODO
B5	10,90	-50,76	Ø 6 POR TODO
B6	10,90	-225,88	Ø 6 POR TODO
B7	10,90	-396,21	Ø 6 POR TODO
B8	476,80	-396,21	Ø 6 POR TODO

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	138,09	10	Ø 6 POR TODO
A2	274,55	10	Ø 6 POR TODO

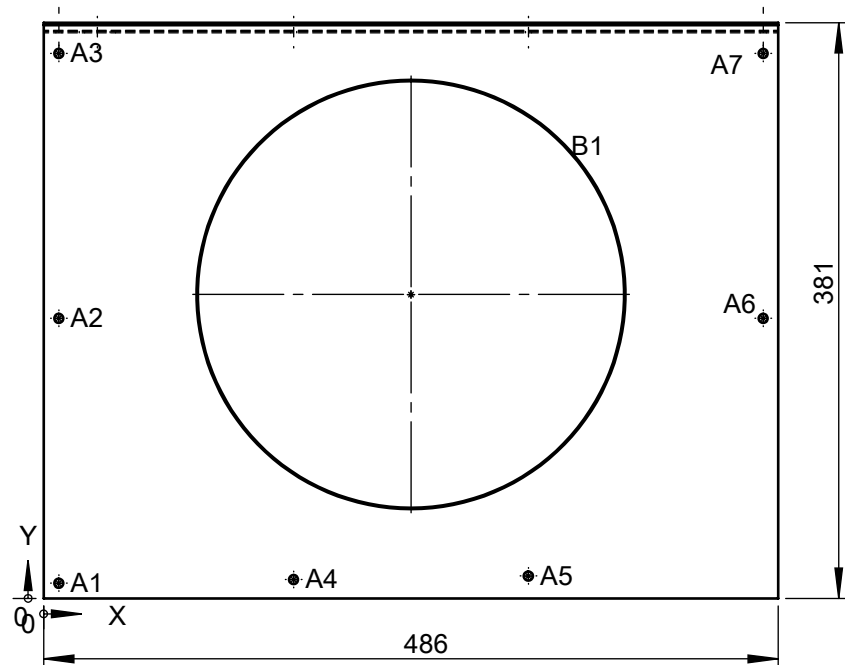
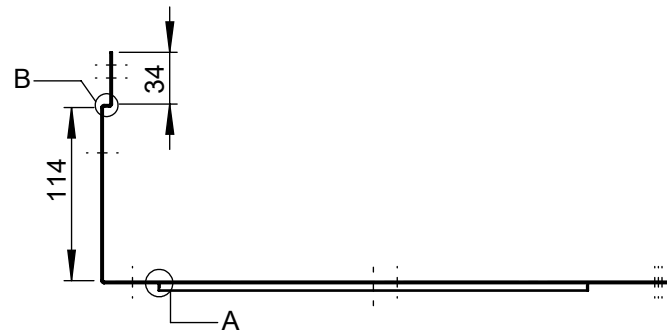
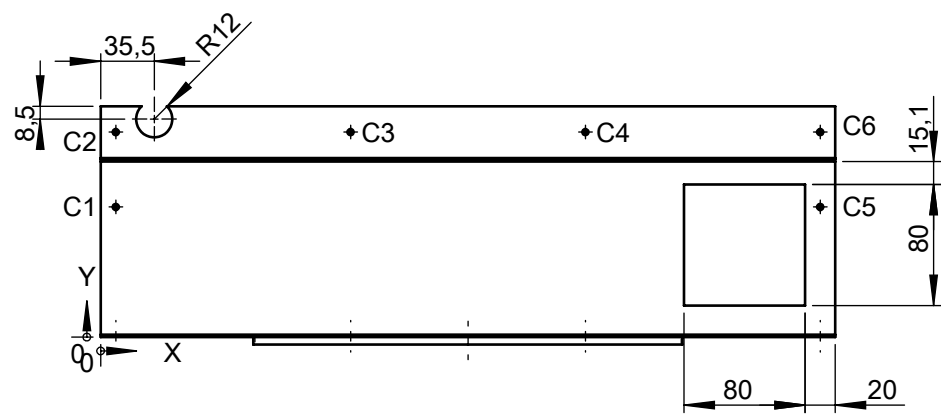
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO GALVANIZADO	
				±0,1			
				Fecha	Nombre	Denominación: TAPA 2	
				Dib. 08/10/2014	C. MERINO	Escala: 1:10	
				Rev. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro. 08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 26 DE 28	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1 2 3 4 5

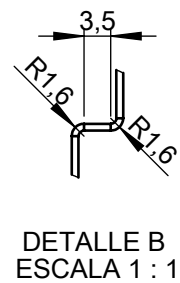
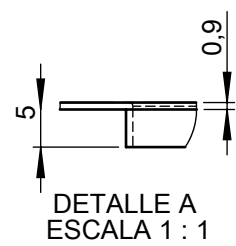




				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO GALVANIZADO	
				±0,1	1.51		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TAPA 3</b>	Escala: 1:5
			Dib.	08/10/2014	C. MERINO		
			Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN		
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 27 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
C1	10	86	Ø 4 POR TODO
C2	10	135,50	Ø 4 POR TODO
C3	165,30	135,50	Ø 4 POR TODO
C4	320,60	135,50	Ø 4 POR TODO
C5	475,90	86	Ø 4 POR TODO
C6	475,90	135,50	Ø 4 POR TODO
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	10	10	Ø 6 POR TODO
A2	10	185,12	Ø 6 POR TODO
A3	10	360,24	Ø 6 POR TODO
A4	165,30	12,39	Ø 6 POR TODO
A5	320,60	14,79	Ø 6 POR TODO
A6	475,90	185,12	Ø 6 POR TODO
A7	475,90	360,24	Ø 6 POR TODO
B1	242,95	200,90	Ø 283,8 ∇ 5



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO GALVANIZADO	
				±0,1	1.51		
					Fecha	Nombre	Denominación: <b>TAPA 4</b>
				Dib.	08/10/2014	C. MERINO	
				Rev.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	
				Apro.	08/10/2014	Ing. Mg. S. ESPIN	Escala: 1:5
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 28 DE 28	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	