



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE,  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**Tema:**

“Estudio del comportamiento del acero A36 mediante ensayos de tracción para determinar fallas en elementos estructurales, mediante la norma ASTM E-8”.

**Autor:**

Fernando Mesias Guzhñay Miranda

**Tutor:**

Ing. Gonzalo López

**Ambato – Ecuador**

**2012**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: **“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL ACERO A36 MEDIANTE ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA DETERMINAR FALLAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES, MEDIANTE LA NORMA ASTM E-8”**, desarrollado por el Sr. Fernando Mesias Guzhñay Miranda, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del jurado examinador designado por el Honorable Consejo Directivo.

**EL TUTOR**

.....

**Ing. Gonzalo López**

## **AUTORÍA**

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: **“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL ACERO A36 MEDIANTE ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA DETERMINAR FALLAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES, MEDIANTE LA NORMA ASTM E-8”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

## **AUTOR**

.....

**Egdo. Fernando Mesias Guzhñay Miranda**

**CI. 180350468-5**

## DEDICATORIA

*Dedico el siguiente trabajo de investigación a Dios por darme la sabiduría y guiarme por el camino del bien, a mi padre Reinaldo Guzhñay, a mi madre Juana Miranda por que con su perseverancia y ejemplo me ayudaron a forjarme por el camino de respeto y humildad, brindándome su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.*

*A mis abuelitos, hermanos y a toda mi familia por el apoyo incondicional y los consejos que con sabiduría me brindaban en el diario vivir para forjarme por el camino los buenos valores personales.*



## AGRADECIMIENTO

*A mi Dios por darme salud y sabiduría para lograr mis objetivos, a mis Padres, Hermanos que con sus consejos me supieron guiarme y motivarme para seguir siempre adelante, a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato por brindarme sus conocimientos para poder desenvolverme en el campo profesional, a mi tutor Ing. Gonzalo López por ser mi mentor y brindarme su apoyo durante la realización del presente trabajo de investigación.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>EL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.1 Contextualización .....	1
1.2.2 Análisis Crítico .....	2
1.2.3 Prognosis .....	2
1.2.4 Formulación del problema.....	2
1.2.5 Preguntas directrices.....	2
1.2.6 Delimitación del problema .....	2
1.2.6.1 De contenido .....	2
1.2.6.2 Espacial .....	3
1.2.6.3 Temporal .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	5
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	5
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	5
2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES .....	5
2.4.1 ASTM Innternacional .....	5
2.4.2 Propiedades de los aceros .....	6
2.4.3 Acero estructural.....	12
2.4.4 Tipos de aceros estructurales .....	13
2.4.5 Ventajas y desventajas del acero como material estructural .....	14
2.4.5.1 Ventajas.....	14

2.4.5.2 Desventajas .....	15
2.4.6 Acero estructural ASTM A -36 .....	16
2.4.6.1 Propiedades ASTM A-36.....	21
2.4.7 Estructuras metálicas .....	21
2.4.8 Análisis de fallas estructurales .....	24
2.4.9 Modos de falla frecuentes en elementos estructurales .....	26
2.4.10 Ensayo de tracción .....	29
2.4.10.1 Definiciones.....	30
2.4.10.2 Significado y uso ASTM E-8 .....	32
2.4.10.3 Deformación elástica y plástica.....	33
2.4.10.4 Tipos de probetas.....	40
2.4.11 Máquina para el ensayo de tracción .....	45
2.4.11.1 Elementos comunes que conforman la máquina .....	46
2.4.11.2 Tipos de máquinas .....	46
2.5 HIPÓTESIS.....	51
2.5.1 Unidades de observación de análisis .....	51
2.5.2 Señalamiento de variables .....	51
2.5.2.1 Variable independiente.....	51
2.5.2.2 Variable dependiente .....	51
2.5.2.3 Término de relación.....	51
2.6 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	52
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>53</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>53</b>
3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	53
3.2 NIVEL Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.2.1 Nivel .....	53
3.2.2 Tipo.....	53
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	55
3.3.1 Variable independiente .....	56
3.3.2 Variable dependiente .....	57
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	58
3.4.1 Ensayo de probetas planas .....	58
3.4.1.1 Precauciones .....	58

3.4.1.2 Procedimiento .....	58
3.4.2 Ensayo de probetas cilíndricas .....	60
3.4.2.1 Precauciones .....	60
3.4.2.2 Procedimiento .....	60
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	58
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>63</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	63
4.1.1 Ensayo de probetas cilíndricas .....	63
4.1.2 Ensayo de probetas rectangulares.....	80
4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	96
4.2.1 Interpretacion de las gráficas.....	96
4.2.2 Análisis metalográfico de las probetas ensayadas.....	112
4.3 ANÁLISIS ESTADISTICO .....	128
4.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	134
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>135</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>135</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	135
5.2 RECOMENDACIONES .....	136
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>138</b>
<b>PROPUESTA .....</b>	<b>138</b>
6.1 DATOS INFORMATIVOS .....	138
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	138
6.3 JUSTIFICACIÓN .....	139
6.4 OBJETIVOS.....	140
6.5ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	140
6.5.1 Técnico .....	140
6.5.2 Económico – Financiero .....	140
6.6 FUNDAMENTACIÓN.....	144
6.6.1 Cálculos mecánicos .....	144
6.6.1.1 Selección del cilindro.....	144

6.6.1.2 Selección de la placa lateral .....	147
6.6.1.3 Selección de la placa lateral móvil.....	152
6.6.1.4 Diseño de los pernos .....	155
6.6.1.5 Diseño del apoyo del cilindro .....	165
6.6.1.5.1 Esfuerzo cortante nominal sobre la garganta .....	166
6.6.1.5.2 Esfuerzo cortante en la garganta .....	166
6.6.1.5.3 Deflexión del elemento .....	168
6.6.1.6 Cálculo de la estructura.....	169
6.6.1.6.1 Peso que soporta la estructura .....	170
6.6.1.7 Determinación de los parámetros físicos del resorte .....	175
6.7 METODOLOGÍA .....	179
6.7.1 Construcción.....	179
6.7.2 Instrumentos y equipos utilizados .....	181
6.8 ADMINISTRACIÓN .....	183
6.8.1 Planificación .....	183
6.8.2 Organización.....	183
6.8.3 Dirección .....	184
6.8.4 Control.....	184
6.9 CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA .....	184

## **MATERIALES DE REFERENCIA**

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4-1</b>	Parámetros generales del ensayo. Probeta cilíndrica.....	63
<b>Tabla 4-2 a 4.17</b>	Ensayo de tensión .....	64-79
<b>Tabla 4-21</b>	Parámetros generales del ensayo. Probeta rectangular .....	80
<b>Tabla 4-22 a 4.33</b>	Ensayo de tensión .....	81-95
<b>Tabla 4-34</b>	Medidas de ductilidad del acero A-36 en diferentes ensayos.....	111
<b>Tabla 4-35</b>	Análisis metalográfico del acero A-36 en condiciones normales.....	112
<b>Tabla 4-36</b>	Análisis metalográfico en la zona de fractura .....	118
<b>Tabla 6-4</b>	Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino.....	Anexo
<b>Tabla 6-5</b>	Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero. ....	Anexo
<b>Tabla 6-6</b>	Tabla para la selección de cilindros.....	Anexo
<b>Tabla 6-7</b>	Propiedades de varios materiales.....	Anexo
<b>Tabla 6-8</b>	Propiedades mecánicas de algunos alambres para resortes.....	Anexo
<b>Tabla 6-9</b>	Constantes A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes.....	Anexo
<b>Tabla 6-10</b>	Datos de severidad para la evaluación de ensayos .....	Anexo
<b>Tabla 6-11</b>	Propiedades de productos adelca.....	Anexo
<b>Tabla 6-12</b>	Propiedades de productos adelca.....	Anexo

## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

<b>Figura 2-1</b>	Curva de esfuerzo-deformación de varios aceros estructurales .....	13
<b>Figura 2-2</b>	Tipos de carga .....	16
<b>Figura 2-3</b>	Tipos de perfiles estructurales.....	17
<b>Figura 2-4</b>	Curvas esfuerzo-deformación en aceros estructurales .....	18
<b>Figura 2-5</b>	Estructura .....	22
<b>Figura 2-6</b>	Estructura .....	22
<b>Figura 2-7</b>	Estructura .....	22
<b>Figura 2-8</b>	Pandeo del patín.....	24

<b>Figura 2-9</b> Fallas en celosías.....	25
<b>Figura 2-10</b> Caracterización de los daños típicos en conexiones viga-columna ..	26
<b>Figura 2-11</b> Falla de un barco por fractura .....	27
<b>Figura 2-12</b> Falla de un tanque por pandeo .....	28
<b>Figura 2-13</b> Falla por corrosión .....	29
<b>Figura 2-14</b> Curva de esfuerzo deformación .....	35
<b>Figura 2-15</b> Parámetros de tensión .....	35
<b>Figura 2-16</b> Curvas esfuerzo-deformación normal; Curvas esfuerzo-deformación real. .....	36
<b>Figura 2-17</b> Curvas esfuerzo-deformación normal.....	37
<b>Figura 2-18</b> Esfuerzo de cedencia de 0.2% para metales .....	38
<b>Figura 2-19</b> Especímenes de prueba de tensión rectangulares .....	42
<b>Figura 2-20</b> Especímen normalizado redondo.....	43
<b>Figura 2-21</b> Tipos de bordes finales para probetas cilíndricas .....	44
<b>Figura 2-22</b> Elementos de una máquina de tensión .....	46
<b>Figura 2-23</b> Máquina de ensayos horizontal.....	47
<b>Figura 2-24</b> Máquina de ensayos vertical.....	48
<b>Figura 6-1</b> Probeta cilíndrica .....	145
<b>Figura 6-2</b> Probeta rectangular .....	146
<b>Figura 6-3</b> Placa lateral .....	147
<b>Figura 6-4</b> Placa lateral perforada.....	148
<b>Figura 6-5</b> Placa lateral .....	150
<b>Figura 6-6</b> Placa lateral .....	151
<b>Figura 6-7</b> Placa lateral móvil.....	152
<b>Figura 6-8</b> Placa lateral móvil.....	153
<b>Figura 6-9</b> Parámetros para el diseño del perno .....	155
<b>Figura 6-10</b> Soporte del cilindro.....	165
<b>Figura 6-11</b> Esquema del relleno de soldadura.....	166
<b>Figura 6-12</b> Soporte del cilindro.....	168
<b>Figura 6-13</b> Estructura .....	170
<b>Figura 6-14</b> Peso aplicado a la estructura .....	171
<b>Figura 6-15</b> Parámetros de diseño del resorte.....	175
<b>Figura 6-16</b> Placa lateral maquinada .....	180
<b>Figura 6-17</b> Ensamble de elementos .....	180

<b>Figura 6-17</b> Máquina de ensayos .....	181
<b>Figura 6-18</b> Calibrador.....	181
<b>Figura 6-19</b> Manómetro .....	182
<b>Figura 6-20</b> Cronómetro .....	182
<b>Figura 6-21</b> Esquema de las funciones de la administración.....	183
<b>Gráfica 1</b> Microestructura del acero A36 .....	Anexo
<b>Gráfica 4.1- 4.29</b> Curva de esfuerzo-deformación verdadero .....	96-110



## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación está orientado en proporcionar a los estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, una idea acerca del tipo de fallas que pueden ocurrir en elementos sometidos a tensión y del comportamiento del acero estructural A36 en dicha condición. Para lo cual se tuvo que construir una máquina la que ayudará al estudiante a familiarizarse con las propiedades mecánicas de los diferentes tipos de acero, además podrán realizar ensayos de tensión que les permitirá tomar una mejor decisión al momento de seleccionar materiales, y dictaminar criterios razonables acerca del tipo de fallas que ocurren más frecuentemente en el acero antes mencionado. El estudio se basó en la realización de 34 ensayos de tensión en probetas normalizadas de tipo cilíndricas y de tipo rectangular, estipulado en la norma ASTM E-8, mediante los cuales se pudo ir observando el comportamiento del acero al ser sometido a fuerzas de tensión.

Para obtener una mejor visualización tanto de la deformación de las probetas, así como también de las tres zonas características de la curva esfuerzo-deformación, la velocidad a la que se debe realizar el ensayo debe ser baja.

Los resultados obtenidos tanto de ensayos de tensión así como de ensayos metalográfico fueron comparados con valores obtenidos en catálogos y gráficas obtenidos de empresas y los tabulados en libros, llegando a la conclusión, que los valores obtenidos prácticamente se encuentran en los rangos de valores aceptables.

**Autor:** Fernando Mesias Guzhñay Miranda

## **CAPÍTULO 1**

### **EL PROBLEMA**

**1.1 Tema:** Estudio del comportamiento del acero A36 mediante ensayos de tracción para determinar fallas en elementos estructurales, mediante la norma ASTM E-8.

#### **1.2 Planteamiento del problema**

##### **1.2.1 Contextualización**

La mayoría de las estructuras están diseñadas con varios elementos que están sometidos a tensión, y si llegare a fallar uno de estos elementos el conjunto llegaría a desestabilizarse, lo cual no es bueno para estructuras de gran dimensión. En la actualidad se cuenta con una variedad de modelos de prensas para realizar pruebas con distintos materiales, entre ellos el del acero, que permiten determinar el comportamiento del material para una determinada función.

En casi todas las universidades del Ecuador se cuenta con un sinnúmero de máquinas para realizar diferentes ensayos; entre ellos, el ensayo de tensión, el cual permite observar el comportamiento de los materiales que se someten a esfuerzos hasta que el elemento se llegue a romper.

En la carrera de mecánica específicamente el laboratorio de Ingeniería Mecánica no cuenta con un equipo para realizar dichos ensayos que son muy importantes para el correcto desenvolvimiento de los estudiantes de la carrera, debido a que cuenta con materias en las cuales es necesario observar y determinar el comportamiento del material del que está compuesto el elemento ante una determinada función que este pueda realizar, para que de esta manera pueda relacionar y comparar resultados obtenidos tanto práctica como teóricamente.

### **1.2.2 Análisis crítico**

La realización de este estudio contribuirá mucho en el desarrollo del estudiante al realizar comparaciones prácticas y teóricas, las cuales le permitirán un buen desenvolvimiento en su aprendizaje, puesto que también ayudará a tener idea de un control de calidad de los materiales a ensayar y un mejor conocimiento en el diseño de elementos. Además con la realización de este estudio se ampliará el conocimiento de los estudiantes de esta carrera de mecánica de la FICM.

### **1.2.3 Prognosis**

Al no ejecutarse el estudio, los estudiantes y diseñadores de la carrera de mecánica no contarán con un complemento esencial que le permitan tomar decisiones al momento de seleccionar materiales, provocando deficiencias académicas que no les guíen a una buena comprensión y un correcto desenvolvimiento.

### **1.2.4 Formulación del problema**

¿Mediante la realización del ensayo de tensión se podrá determinar fallas del acero A36 que permitan ser comparadas entre lo teórico y lo experimental?

### **1.2.5 Preguntas directrices**

- ✓ ¿Mediante la realización del estudio se podrá comparar resultados teóricos con los experimentales?
- ✓ ¿Existen normas que rigen el procedimiento para realizar el ensayo de tensión?
- ✓ ¿La prensa a utilizar para el ensayo de tensión será adecuada para realizar el estudio?
- ✓ ¿La variación de la microestructura del acero A36 será considerable, con la obtenida en el ensayo?

## **1.2.6 Delimitación del problema**

### **1.2.6.1 De contenido**

El presente estudio está dentro del área de materiales, para los ensayos de tensión mediante normas ASTM E-8 establecidas para el proceso.

### **1.2.6.2 Espacial**

Esta investigación se realizará en la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y los ensayos se los efectuará en el laboratorio de la carrera.

### **1.2.6.3 Temporal**

Este proyecto se lo realizará desde septiembre del 2010 hasta abril del 2011.

## **1.3 Justificación**

El motivo por el que se efectuará el estudio es porque el acero A36 es el más común y aplicable en la industria como en edificios; estructuras metálicas; cables para puentes colgantes, atirantados, varillas, etc., además de ser el más barato, y con el cual se puede realizar el ensayo de tensión para determinar aspectos importantes de la resistencia y alargamiento de los materiales, el cálculo de piezas sometidas a esfuerzos, que pueden servir para el control de calidad y para comparar los resultados obtenidos teóricamente así como los obtenidos prácticamente por parte de los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica.

Otra de las justificación de la realización del estudio es incrementar las prácticas en los laboratorios de la carrera de mecánica, ya que en mucho de los casos para la comprensión de los estudiantes solo se toman datos o valores teóricos que a menudo no son de mucha utilidad para dicha comprensión, además con este estudio permite ampliar fundamentos básicos acerca del acero estructural más utilizado a nivel nacional y mundial, además de su calidad.

Este estudio es de gran interés para industrias o mecánicas que hagan uso de materiales estructurales ya que les permitirá minimizar costos al reemplazar o utilizar el acero ASTM A36 que cumpliera sus expectativas tanto de seguridad como de producción.

Las muestras se obtendrán del acero estructural de la empresa “Adelca”, así como se podrá realizar comparaciones de los resultados obtenidos en la misma.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar el comportamiento del acero A36 mediante ensayos de tracción para determinar fallas en elementos estructurales sometidas a dicho esfuerzo, mediante la norma ASTM E-8.

### **1.4.2 Objetivo Específicos**

- ✓ Investigar sobre el ensayo de tracción para materiales metálicos.
- ✓ Analizar la norma ASTM que regule el ensayo de tracción.
- ✓ Comparar propiedades teóricas, con las calculadas en los ensayos.
- ✓ Comparar la microestructura del acero a ensayar, con la estipulada en libros.
- ✓ Proponer una alternativa de solución.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes investigativos**

En la actualidad casi todas las universidades del Ecuador cuentan con una máquina para realizar el ensayo de tensión, en la ciudad de Ambato, en la Universidad Técnica, la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica cuenta con una de estas máquinas para realizar dicho ensayo, los cuales es utilizado por los estudiantes de la carrera de ingeniería civil y en ciertas oportunidades por los estudiantes de la carrera de mecánica. Así, también el SECAP (Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional) cuenta con una de estas máquinas en la cual son realizadas las prácticas por los estudiantes de la institución, así como también estudiantes de otras universidades que tienen convenio con la misma.

#### **2.2 Fundamentación Filosófica**

La realización de este estudio está orientada a la mejor comprensión de los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica, para que de esta manera logren destrezas que le ayudarán a realizar de mejor manera trabajos profesionales.

#### **2.3 Fundamentación Legal**

Norma ASTM E-8

#### **2.4 Categorías Fundamentales**

##### **2.4.1 ASTM International**

La ASTM Internacional se inicio en 1898 y es una de las organizaciones de desarrollo de normas internacionales más grande del mundo. En esta organización

se reúnen productores, usuarios, consumidores, entre otros, para crear normas consensuales voluntarias, las cuales se crean usando un procedimiento que adopta los principios del World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement (Convenio de obstáculos técnicos al comercio de la Organización Mundial de Comercio). El proceso de creación es abierto y transparente; lo que permite que tanto a individuos como gobiernos participen directamente, y como iguales, en una decisión consensual global. Estas normas son utilizadas y aceptadas mundialmente para todo, desde el diseño y la creación de productos nuevos hasta el acceso a los mercados. La gran calidad de estos documentos los convierte en la selección principal para muchas industrias de todo el mundo, además abarcan áreas tales como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, el medio ambiente, productos para consumidores, dispositivos y servicios médicos así como también productos electrónicos. Otro de sus usos es en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales alrededor del mundo. Con el fin de facilitar las contribuciones a nivel mundial, ASTM International utiliza tecnologías en línea que fomentan la participación abierta y el interés por las necesidades de la industria. Además proporciona servicios que amplían los conocimientos y la aplicación de las normas. Las normas ASTM se encuentran disponibles por Internet las 24 horas del día, en ([www.astm.org](http://www.astm.org)).

#### **2.4.2 Propiedades de los aceros**

Podemos decir que los últimos cien años, se han caracterizado por la masiva utilización del acero.

Las propiedades físicas de varios tipos de acero y de cualquier aleación de acero dada a temperaturas variantes dependen principalmente de la cantidad del carbono presente y en cómo es distribuido en el hierro.

Para comprender el comportamiento de las estructuras de acero, es absolutamente esencial que el diseñador esté familiarizado con las propiedades del acero. Los diagramas esfuerzo-deformación presentan una parte valiosa de la información

necesaria para entender cómo será el comportamiento del acero en una situación dada. No pueden ser desarrollados métodos de diseño satisfactorios a menos que se cuente con información disponible correspondiente a las relaciones esfuerzo-deformación del material a utilizarse.

Si una pieza laminada de acero estructural se somete a una fuerza de tensión, comenzará a alargarse. Si la fuerza de tensión se incrementa en forma constante, el alargamiento aumentará constantemente, dentro de ciertos límites. En otras palabras, el alargamiento se duplicará si, por ejemplo, el esfuerzo aumenta de 6,000 a 12,000 psi (libras por pulgada cuadrada) (de 420 a 840 kg/cm<sup>2</sup>). Cuando el esfuerzo de tensión alcanza un valor aproximadamente igual a la mitad del esfuerzo en la ruptura, el alargamiento empezará a incrementarse en una proporción mayor que el correspondiente incremento de esfuerzo.

El mayor esfuerzo para el cual tiene aplicación la Ley de Hooke, o el punto más alto sobre la porción de línea recta del diagrama esfuerzo-deformación, es el llamado límite de proporcionalidad. El mayor esfuerzo que puede soportar el material sin ser deformado permanentemente es llamado límite elástico. En realidad, este valor es medido en muy pocas ocasiones y, para la mayor parte de los materiales de ingeniería, incluyendo el acero estructural, es sinónimo de límite de proporcionalidad. Por tal motivo, algunas veces se usa el término límite elástico de proporcionalidad.

Al esfuerzo que corresponde un decisivo incremento en el alargamiento o deformación, sin el correspondiente incremento en esfuerzo, se conoce por límite de fluencia. Este es también el primer punto, sobre el diagrama esfuerzo-deformación, donde la tangente a la curva es horizontal. Probablemente el punto de fluencia es para el proyectista la propiedad más importante del acero, ya que los procedimientos para diseñar elásticamente están basados en dicho valor (con excepción de miembros sujetos a compresión, donde el pandeo puede ser un factor). Los esfuerzos permisibles usados en estos métodos son tomados usualmente como una fracción (%) del límite de fluencia. Más allá de tal límite, existe una zona en la cual ocurre un considerable incremento en la deformación,



sin incremento en el esfuerzo. La deformación que ocurre antes del punto de fluencia, se conoce como deformación elástica; la deformación que ocurre después del punto de fluencia, sin incremento en el esfuerzo, se conoce como deformación plástica. El valor total de esta última, es usualmente de diez a quince veces el valor de la deformación elástica total.

Podría suponerse que la fluencia del acero, sin incremento de esfuerzo, es una seria desventaja, pero actualmente es considerada como una característica muy útil. A menudo ha desempeñado el admirable servicio de prevenir fallas debidas a omisiones o errores de diseño. Pudiera ser que un punto de la estructura de acero dúctil alcanzará el punto de fluencia, con lo que dicha parte de la estructura cedería localmente, sin incremento del esfuerzo, previniendo así una falla prematura. Esta ductilidad permite que los esfuerzos de la estructura de acero puedan reajustarse. Otro modo de describir este fenómeno es diciendo que los muy altos esfuerzos causados durante la fabricación, montaje o carga, tenderán a uniformarse y compensarse por sí mismos. También debe decirse que una estructura de acero tiene una reserva de deformación plástica que le permite resistir sobrecargas y choques súbitos.

Si no tuviera esa capacidad, podría romperse bruscamente, como sucede con el vidrio y otras sustancias semejantes.

Siguiendo a la deformación plástica, existe una zona donde es necesario un esfuerzo adicional para producir deformación adicional, que es llamada de endurecimiento por deformación (acritud). Esta porción del diagrama no es muy importante para el diseñador actual. Un diagrama esfuerzo-deformación para acero dulce estructural, que es bien conocido, sólo se muestra la parte inicial de la curva por la gran deformación que ocurre antes de la falla. En la falla de los aceros dulces, las deformaciones totales son del orden de 150 a 200 veces las deformaciones elásticas. En realidad, la curva continuará hasta el esfuerzo correspondiente a la resistencia final y luego descenderá, “le saldrá cola”, antes de la ruptura. Se presenta una aguda reducción (llamada “estrangulamiento”, cuello o extricción), en la sección transversal del miembro, seguida de la ruptura.

La curva esfuerzo-deformación es una curva típica de un acero usual dúctil de grado estructural y se supone que es la misma para miembros en tensión o en compresión. (Los miembros en compresión deben ser cortos, ya que si son largos la compresión tiende a pandearlos lateralmente, y sus propiedades se ven afectadas grandemente por los momentos flexionantes.) La forma del diagrama varía con la velocidad de carga, el tipo de acero y la temperatura. Se muestra, con línea interrumpida, una variación del tipo mencionado, indicándose el límite superior de fluencia. Esta forma de la curva esfuerzo-deformación, es el resultado de aplicar rápidamente la carga al acero estructural laminado, en tanto que el límite inferior de fluencia corresponde a carga aplicada lentamente.

Una propiedad muy importante de una estructura que no haya sido cargada más allá de su punto de fluencia, es que recuperará su longitud original cuando se le retire la carga. Si se hubiere llevado más allá de este punto, sólo alcanzaría a recuperar parte de su dimensión original. Este conocimiento conduce a la posibilidad de probar una estructura existente mediante carga, descarga y medición de deflexiones. Sí después de que las cargas se han retirado, la estructura no recobra sus dimensiones originales, es porque se ha visto sometida a esfuerzos mayores que su punto de fluencia.

El acero es un compuesto que consiste casi totalmente de hierro (normalmente más de 98%). Contiene también pequeñas cantidades de carbono, sílice, manganeso, azufre, fósforo y otros elementos. El carbono es el material que tiene mayor efecto en las propiedades del acero. La dureza y resistencia aumentan a medida que el porcentaje de carbono se eleva, pero desgraciadamente el acero resultante es más quebradizo y su soldabilidad disminuye considerablemente. Una menor cantidad de carbono hace al acero más suave y más dúctil pero también menos resistente. La adición de elementos tales como cromo, sílice y níquel produce aceros considerablemente más resistentes. Estos aceros, por lo tanto, son apreciablemente más costosos y a menudo no son fáciles de elaborar.

Desgraciadamente, la baja ductibilidad o fragilidad es una propiedad asociada comúnmente con las altas resistencias de los aceros (aunque no necesariamente

limitada a aceros de alta resistencia). Es de desearse el tener tanta resistencia, como ductibilidad en el acero, pero al momento de diseñar habrá de decidir entre estos dos extremos o por un término medio conveniente. Un acero frágil puede fallar repentinamente por sobrecarga, o durante el montaje es posible la falla debido al impacto por golpes durante el proceso de montaje.

En las estructuras de acero diseñadas en el pasado, y en la mayoría de las que actualmente se diseñan, se han usado y usan los llamados métodos de diseño elástico. El diseñador estima la “carga de trabajo”, o cargas que la estructura posiblemente deba soportar, y dimensiona los miembros, sobre la base de ciertos esfuerzos permisibles. Estos esfuerzos permisibles son usualmente una fracción del esfuerzo en el límite de fluencia del acero. Aunque el término “diseño elástico” es utilizado comúnmente para describir este procedimiento, los términos diseño por esfuerzo permisible o diseño por esfuerzo de trabajo son en definitiva más apropiados. Muchas de las estipulaciones de las especificaciones para este método se basan realmente en el comportamiento plástico o en la capacidad última, más que en el comportamiento elástico.

La ductibilidad del acero ha sido usada como una reserva de resistencia, y la utilización de este hecho constituye la base de la teoría conocida como el diseño plástico. En este método las cargas de trabajo se estiman y multiplican por ciertos factores y los miembros se diseñan basándose en las resistencias a la falla o al colapso. Se usan también otros nombres para este método como son: diseño al límite o diseño a la falta o a la ruptura. Aunque sólo unos cuantos centenares de estructuras se han diseñado en el mundo por los métodos del diseño plástico, los profesionales se están moviendo decididamente en ese sentido.

El ingeniero diseñador está bien enterado de que la mayor porción de la curva esfuerzo-deformación queda más allá del límite elástico del acero. Además, las pruebas realizadas durante años, han puesto en claro que los aceros dúctiles pueden resistir esfuerzos apreciablemente mayores que los correspondientes a su límite de fluencia, y que en casos de sobrecargas, las estructuras hiperestáticas tienen la propiedad, feliz de redistribuir las cargas debido a la ductilidad del acero.

Teniendo en cuenta esta información, se han hecho recientemente muchas proposiciones de diseño plástico. Es indudable que en algunos tipos de estructuras, el diseño por plasticidad conduce a la utilización más económica del acero, que la que se logra con el diseño por elasticidad.

El acero estructural puede laminarse económicamente en una variedad de formas y tamaños sin un cambio apreciable de sus propiedades físicas. Normalmente los miembros más ventajosos son aquellos que tienen grandes módulos de sección en proporción con sus áreas de sus secciones transversales. Las formas I, T, y canal, tan comúnmente usadas pertenecen a esta clase.

Los perfiles de acero se identifican por la forma de su sección transversal, como ejemplos están los ángulos, tes, zetas y placas.

El motivo principal está centrado en la enormidad de usos que se le puede dar, y la versatilidad de sus propiedades mecánicas. Otra ventaja, es que algunas de estas propiedades pueden ser modificadas para ajustarse al destino final que se le quiera dar al producto.

Dentro de las propiedades podemos mencionar las siguientes:

- ✓ Ductilidad
- ✓ Dureza
- ✓ Resistencia
- ✓ Maleabilidad
- ✓ Tenacidad

La forma en que se determinan con qué propiedades cuenta un material, es mediante la realización de diferentes pruebas o ensayos. En base a ellos es posible determinar qué material es el que emplearemos, por ejemplo, en levantar determinada estructura o edificio.

Dentro de los ensayos a que se someten los aceros, destacaremos los más utilizados:

- ✓ Ensayo de tracción
- ✓ Ensayo de dureza
- ✓ Ensayo de impacto
- ✓ Ensayo de doblado

### **2.4.3 Acero estructural**

Entre los materiales de construcción, como es de conocimiento general, el acero tiene una posición relevante; combina la resistencia mecánica, su capacidad de ser trabajado, disponibilidad y su bajo costo. Siendo así, es fácil comprender la importancia y el amplio uso de los aceros en todos los campos de la ingeniería, en las estructuras, sean éstas fijas, como los edificios, puentes, etc. o sean móviles, en la industria ferroviaria, automotriz, naval, aeronáutica, etc.

Para la mayoría de las aplicaciones consideradas, la importancia de la resistencia mecánica es, en cierto modo, relativamente pequeña, del mismo modo que el factor peso no es primordial.

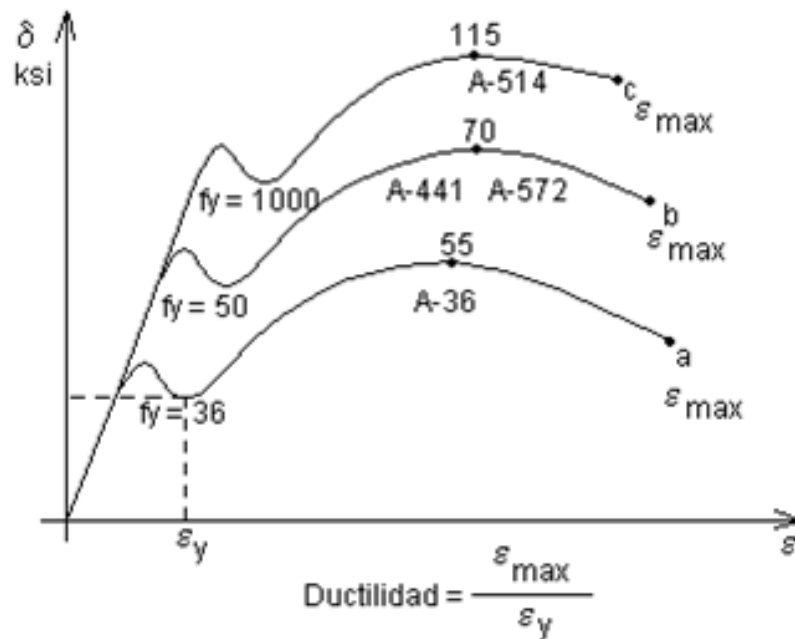
De esta forma, los aceros al Carbono comunes, simplemente laminados y sin ningún tratamiento térmico, son plenamente satisfactorios y constituyen un porcentaje considerable dentro de los aceros estructurales.

Los requisitos fundamentales que deben cumplir estos aceros, son los siguientes:

- ✓ Ductilidad y homogeneidad.
- ✓ Valor elevado de la relación resistencia mecánica/límite de fluencia.
- ✓ Soldabilidad.
- ✓ Apto para ser cortado por llama, sin endurecimiento.
- ✓ Resistencia a la corrosión, razonable.

A más resistencia de acero menor soldabilidad y más frágil, debido a su alto contenido de carbono.

Figura 2.1: Curva de esfuerzo-deformación de varios aceros estructurales



Fuente: [www.costruaprende.com](http://www.costruaprende.com)

#### 2.4.4 Tipos de aceros estructurales

De acuerdo a la American Society of Testing Materials (ASMT)

- ✓ Aceros generales (A-36)
- ✓ Aceros estructurales de carbono (A-529)
- ✓ -b.1 Bajo contenido de carbono (<0.15 %)
- ✓ -b.2 Dulce al carbono (0.15 – 0.29 %)
- ✓ -b.3 Medio al carbono (0.30 – 0.59 %)
- ✓ -b.4 Alto contenido de carbono (0.6 – 1.7 %)
- ✓ Aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación (Mo, V y Cr), (A-441 y A-572) aleación al 5 %.
- ✓ Aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación, resistentes a la corrosión atmosférica (A-242, A-588).

Las características de cada uno de estos aceros se citan en el anexo A-1

## **2.4.5 Ventajas y desventajas del acero como material estructural**

### **2.4.5.1 Ventajas**

**Alta resistencia.**- La alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en la construcción de puentes, edificios altos y estructuras cimentadas en suelos blandos.

**Homogeneidad.**- Las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.

**Elasticidad.**- El acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico hasta alcanzar esfuerzos considerables.

**Precisión dimensional.**- Los perfiles laminados están fabricados bajo estándares que permiten establecer de manera muy precisa las propiedades geométricas de la sección.

**Ductilidad.**- Permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.

**Tenacidad.**- El acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).

**Facilidad de unión con otros miembros.**- El acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.

**Rapidez de montaje.**- La velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.

**Disponibilidad de secciones y tamaños.**- Se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.

**Costo de recuperación.**- Las estructuras de acero de desecho, tienen un costo de recuperación en el peor de los casos como chatarra de acero.

**Reciclable.**- Es un material 100 % reciclable además de ser degradable por lo que no contamina.

**Permite ampliaciones fácilmente.**- Permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla.

**Se pueden prefabricar estructuras.**- Permite realizar la mayor parte posible de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud.

#### **2.4.5.2 Desventajas**

**Corrosión.**- Expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes alquidálicos (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.

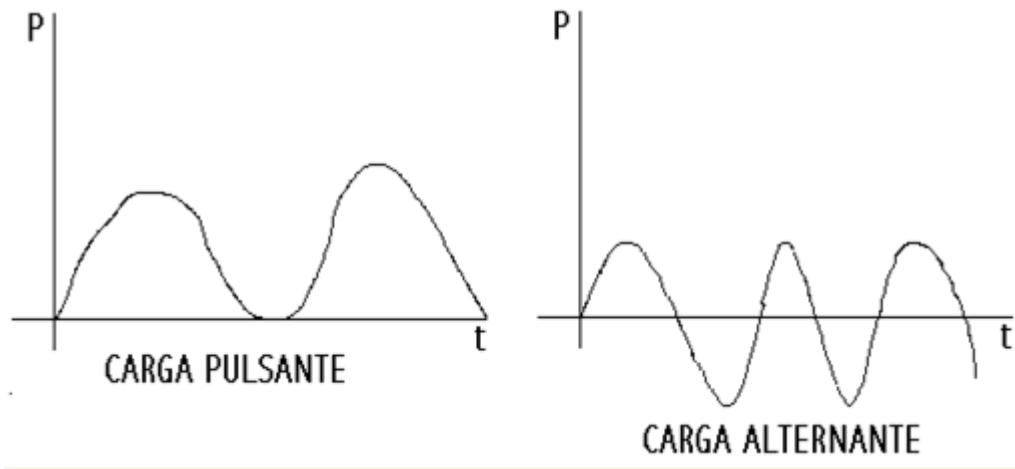
**Calor, fuego.**- En el caso de incendios, el calor se propaga rápidamente por las estructuras haciendo disminuir su resistencia hasta alcanzar temperaturas donde el acero se comporta plásticamente, debiendo protegerse con recubrimientos aislantes del calor y del fuego (retardantes) como mortero, concreto, asbesto, etc.

**Pandeo elástico.**- Debido a su alta resistencia/peso el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico, por lo que en ocasiones no son económicas las columnas de acero.

**Fatiga.**- La resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).



**Figura 2.2: Tipos de cargas**



Fuente: [www.costruaprende.com](http://www.costruaprende.com)

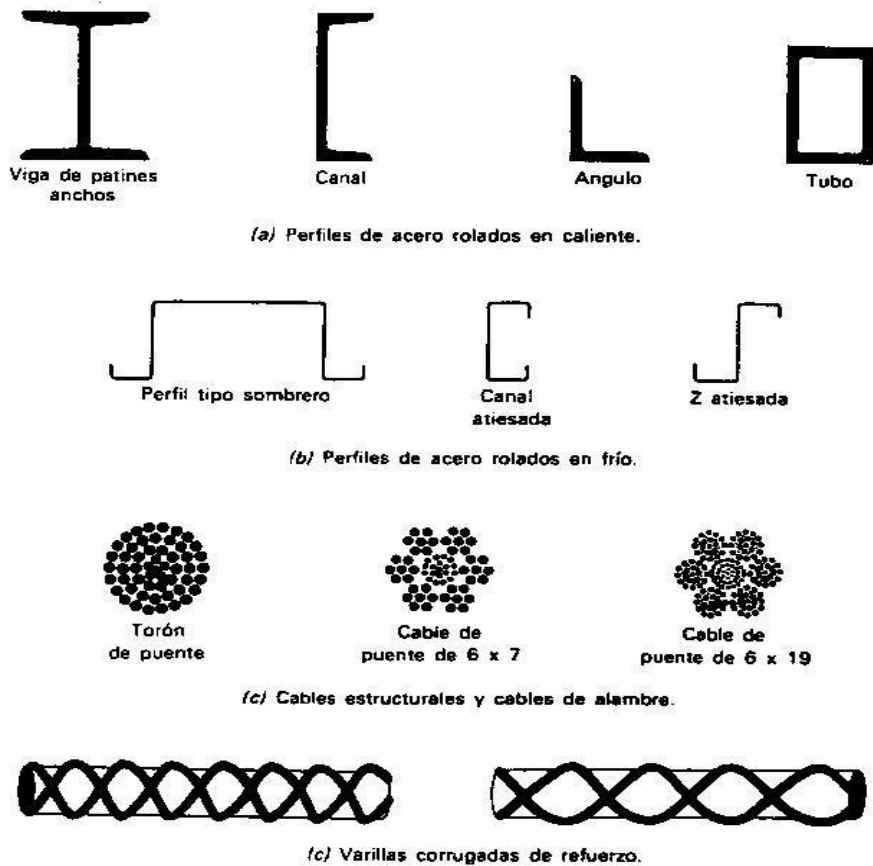
#### **2.4.6 Acero estructural ASTM A-36**

La denominación A36 fue establecida por la ASTM. Es el material estructural más usado para construcción de estructuras en el mundo. Es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98 %), con contenidos de carbono menores del 1 % y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso, para mejorar su resistencia, y fósforo, azufre, sílice y vanadio para mejorar su soldabilidad y resistencia a la intemperie. Es un material usado para la construcción de estructuras, de gran resistencia, producido a partir de materiales muy abundantes en la naturaleza. Entre sus ventajas está la gran resistencia a tensión y compresión y el costo razonable. A pesar de la susceptibilidad al fuego y a la intemperie es el material estructural más usado, por su abundancia, facilidad de ensamblaje y costo razonable. Las aplicaciones comunes del acero estructural en la construcción incluyen perfiles estructurales de secciones: I, H, L, T, [ (figura 2.3) usadas en edificios e instalaciones para industrias; cables para puentes colgantes, atirantados y concreto preesforzado; varillas y mallas electrosoldadas para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos.

Como el acero tiene propiedades prácticamente idénticas a tensión y compresión, por ello su resistencia se controla mediante el ensayo de probetas pequeñas a

tensión. Los elementos de acero pueden unirse fácilmente, mediante soldadura, pernos o remaches.

Figura 2.3: Tipos de perfiles estructurales

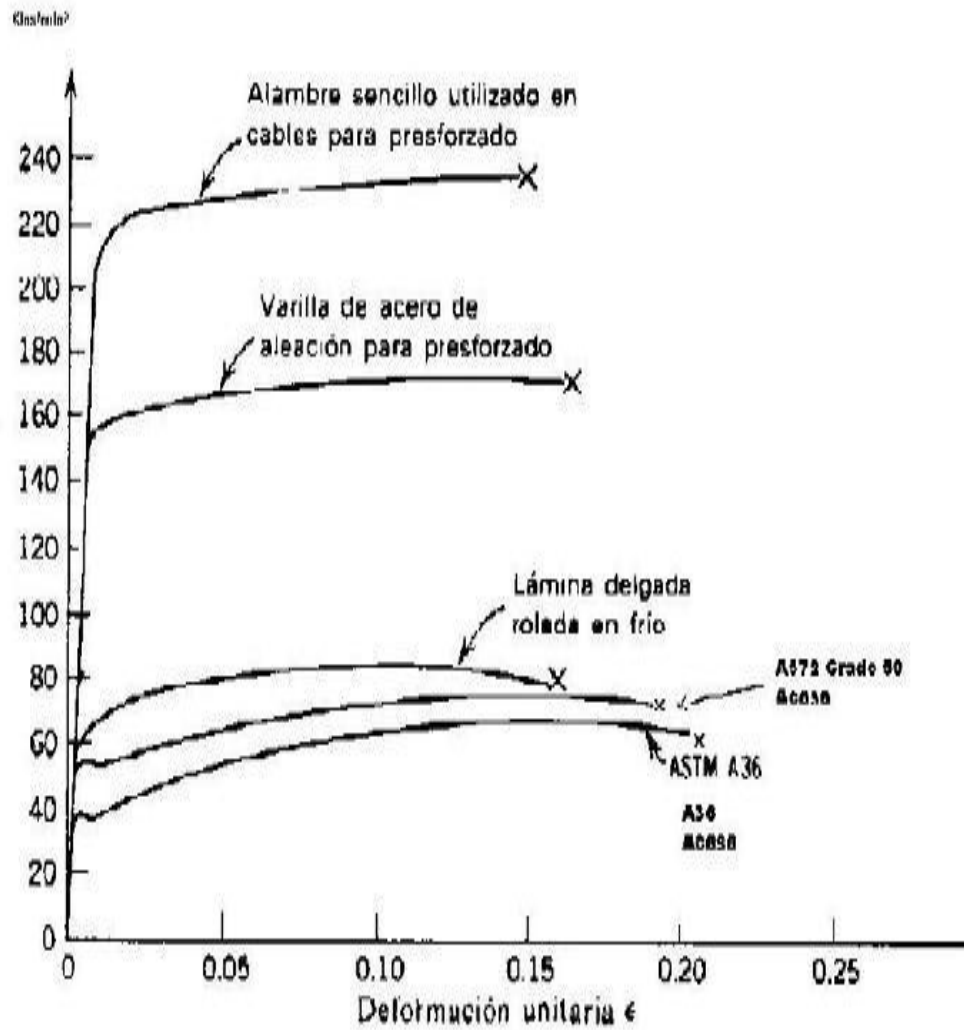


Fuente: [www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/A-CERO%20ESTRUCTURAL.HTM](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/A-CERO%20ESTRUCTURAL.HTM)

La “fatiga” puede reducir la resistencia del acero a largo plazo, cuando se lo somete a gran número de cambios de esfuerzos y aún fallarlo frágilmente, por lo que en estos casos deben limitarse los esfuerzos máximos. El acero más comúnmente usado es el denominado A-36, que tiene un punto fluencia de 36000 psi (2530 kgf/cm<sup>2</sup>).

Las características estructurales del acero estructural tipo A-36 se pueden apreciar en las curvas “esfuerzo-deformación unitaria” a tensión, mostradas.

Figura 2.4: Curvas esfuerzo-deformación en aceros estructurales



Fuente: [www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/ACERO%20ESTRUCTURAL.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/ACERO%20ESTRUCTURAL.htm)

**Tabla 2.1: Especificación ASTM-A 36**

Grado de Acero	Composición Química (% en peso)											Espesor		Requerimientos Físicos					
	C Máx.	Mn	P Máx.	S Máx.	Si Máx.	Cu	Cb	V	Ni	Cr	N2			Límite de Fluencia Mín.		Resistencia a la Tensión		Elongación % Mín	
												Pulg.	mm	KSI	MPA	KSI	MPA	EN 8"	EN 2"
ASTM A-36	0.25	0.80 - 1.20	0.040	0.050	0.40	---	---	---	---	---	---	0.180 - 0.500	4.6 - 12.7	36	250	58 - 80	400 - 550	20	21

Fuente: [http://www.tarsa.biz/pagina\\_nueva\\_27.htm](http://www.tarsa.biz/pagina_nueva_27.htm)

Tabla 2.2: Componentes químicos ASTM A36

COMPONENTES	FORMAS <sup>A</sup>	PLACAS					BARRAS			
		PARA ¾ [20], incl	MAS DE ¾ a 1½ [20 a 40], incl	Over 1½ a 2½ [40 a 65], incl	MAS DE 2½ a 4 [65 a 100], incl	MAS DE 4 [100]	PARA ¾ [20], incl	MAS DE ¾ a 1½ [20 a 40], incl	MAS DE 1½ a 4 [100], incl	MAS DE 4 [100]
ESPESOR, in. [mm]	TODAS									
CARBONO max,%	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
MANGANESO %	...	...	0.80-1.20	0.80-1.20	0.85-1.20	0.85-1.20	...	0.60-0.90	0.60-0.90	0.60-0.90
FOSFORO max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
AZUFRE max,%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
SILICIO, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.40 max
COBRE, min, % cuando se especifique en el acero	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Fuente: Normas ASTM A36

### 2.4.6.1 Propiedades ASTM A36

**Tabla 2.3: Propiedades del acero estructural ASTM A36**

Acero estructural ASTM A36	
Fluencia - $S_y$ - MPa ( ksi)	250 (36)
Resistencia última a la tracción - $S_u$ - MPa ( ksi)	400 (58 )
Módulo de Young (módulo elasticidad) - $E$ - GPa	200
Densidad kg/m <sup>3</sup> ( lb/in <sup>3</sup> )	7850 (28)

Fuente: [www.EngineeringToolBox.com](http://www.EngineeringToolBox.com)

### 2.4.7 Estructuras Metálicas

Las Estructuras Metálicas constituyen un sistema constructivo muy difundido en varios países, cuyo empleo suele crecer en función de la industrialización alcanzada en la región o país donde se utiliza.

Se lo elige por sus ventajas en plazos de obra, relación coste de mano de obra , coste de materiales, financiación, etc.

Las estructuras metálicas poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero. Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura, como cubrir grandes luces, cargas importantes.

Al ser sus piezas prefabricadas, y con medios de unión de gran flexibilidad, se acortan los plazos de obra significativamente.

La estructura característica es la de entramados con nudos articulados, con vigas simplemente apoyadas o continuas, con complementos singulares de celosía para arriostrar el conjunto.

En algunos casos particulares se emplean esquemas de nudos rígidos, pues la reducción de material conlleva un mayor coste unitario y plazos y controles de ejecución más amplios. Las soluciones de nudos rígidos cada vez van empleándose más conforme la tecnificación avanza, y el empleo de tornillería para uniones, combinados a veces con resinas.

**Figura 2.5: Estructura**



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

**Figura 2.6: Estructura**



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

**Figura 2.7: Estructura**



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

### **Ventajas de las estructuras metálicas**

- ✓ Construcciones a realizar en tiempos reducidos de ejecución.
- ✓ Construcciones en zonas muy congestionadas como centros urbanos o industriales en los que se prevean accesos y acopios dificultosos.
- ✓ Edificios con probabilidad de crecimiento y cambios de función o de cargas.
- ✓ Edificios en terrenos deficientes donde son previsibles asentamientos diferenciales apreciables; en estos casos se prefiere los entramados con nudos articulados.
- ✓ Construcciones donde existen grandes espacios libres, por ejemplo: locales públicos, salones.

### **Donde no construir estructuras metálicas**

No está recomendado el uso de estructuras metálicas en los siguientes casos:

- ✓ Edificaciones con grandes acciones dinámicas.
- ✓ Edificios ubicados en zonas de atmósfera agresiva, como marinas, o centros industriales, donde no resulta favorable su construcción.
- ✓ Edificios donde existe gran preponderancia de la carga del fuego, por ejemplo almacenes, laboratorios, etc.



## **Comportamiento Estructural**

Estas estructuras cumplen con los mismos condicionantes que las estructuras de hormigón, es decir, que deben estar diseñadas para resistir acciones verticales y horizontales.

En el caso de estructuras de nudos rígidos, situación no muy frecuente, las soluciones generales a fin de resistir las cargas horizontales, serán las mismas que para Estructuras de Hormigón Armado.

Las estructuras metálicas se realizan con la utilización de barras, elaboradas industrialmente y cuyos perfiles responden a diferentes tipos, por ejemplo: perfil T, de sección redonda, o cuadrada, etc.

Existen piezas metálicas especiales, de diferentes tipos que sirven como medios de unión de los perfiles. Con estos elementos mencionados, combinados y en disposiciones determinadas de acuerdo al caso específico, existe una variada gama de posibilidades de diseño para estructuras metálicas.

### **2.4.8 Análisis de fallas estructurales**

Falla es una condición no deseada que hace que el elemento estructural no desempeñe una función para la cual existe. Una falla no necesariamente produce colapso o catástrofe.

**Figura 2.8 Pandeo del patín**



**Figura 2.9 Fallas en celosías**



[www.esrtuctura.com](http://www.esrtuctura.com)

- **Mecanismo de falla.**- Es el proceso o secuencia que ocurre en el elemento estructural cuando falla. Puede haber un mecanismo de falla o varios que se acoplan. Ejemplos: mecanismo de pandeo, mecanismo de fractura.
- **Modo de falla.**- Es la configuración (geométrica) que adopta el elemento estructural cuando falla. Ejemplo: modo local de pandeo.
- **Parámetro crítico.**- Es un indicador asociado a la falla. Se usan indicadores, como tensión, deformación, desplazamiento, carga, número de ciclos de carga, energía, etc. Ejemplo: carga crítica de pandeo, número de ciclos de fatiga.
- **Criterios de falla.**- Permiten predecir el modo de falla. Ejemplos: criterio de plasticidad de von Mises.

La falla de un objeto estructural puede significar la falla del sistema al que pertenece. Ejemplo: La falla de una tubería que pertenece al circuito primario de refrigeración de una central nuclear puede detener la central, hacerla fallar. Importancia de contar con redundancia en el desempeño de funciones.

### **Metodología de trabajo para tratar fallas:**

¿Cuáles son las funciones a preservar?

¿Cuáles son las fallas funcionales?

¿Cuáles son los modos de falla?

¿Cuáles son los efectos de esos modos?

¿Cuáles son las consecuencias de los efectos?

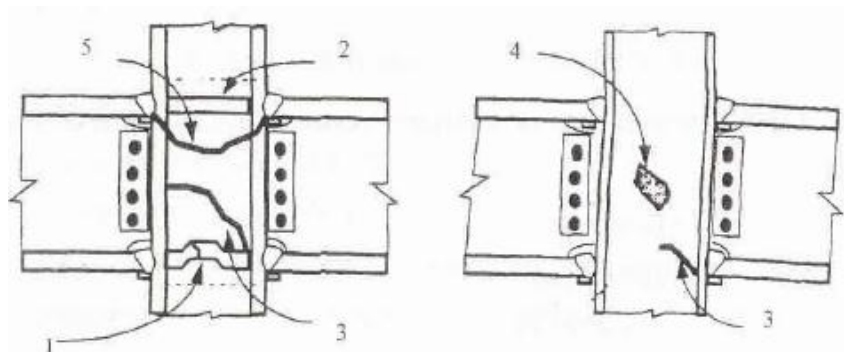
¿Cuáles son las tareas que hay que aplicar para minimizar las consecuencias?

¿Cuáles son las frecuencias de esas tareas?

#### 2.4.9 Modos de falla frecuentes en elementos estructurales

Los modos de falla más frecuentes son plasticidad, fractura, fatiga, desplazamientos y corrosión.

**Figura 2.10 Caracterización de los daños típicos en conexiones viga-columna**



**Fuente: SAC,1994, En Sociedad Mexicana De Ingeniería Sísmica,1998.**

#### **Plasticidad**

- ✓ Manifestación: mecanismos, grandes deformaciones son posibles.
- ✓ Origen: estructura microscópica (deslizamiento de cristales).
- ✓ Plasticidad local: redistribución de tensiones a zonas con menores tensiones.  
Materiales dúctiles, capaces de desarrollar deformaciones grandes.
- ✓ Propagación de plasticidad: Fluencia de una parte considerable del objeto estructural.

- ✓ Caracterización: Límite de fluencia, superficies de fluencia.
- ✓ Factores que influyen: Procesos de carga/descarga, ritmo de carga, temperaturas altas.
- ✓ Falla de una probeta por plasticidad.

## **Fractura**

- ✓ Manifestación: Se rompe el material antes de tener deformaciones grandes.
- ✓ Origen: Defectos locales en el material a nivel microestructural.
- ✓ Fractura repentina en materiales “frágiles”: rocas, fundición, etc.
- ✓ Fractura de materiales "dúctiles" con defectos (fisuras, concentración de tensiones, ranuras, etc.). En materiales dúctiles puede haber rotura frágil.
- ✓ Propagación de fisuras: extensión de una fisura de manera continuada.
- ✓ Modo de falla: Iniciación de superficies interiores. Separación de la estructura en partes.
- ✓ Factores que influyen: bajas temperaturas, cargas dinámicas, habilidad del material para absorber energía.
- ✓ Caracterización: Resistencia a fractura, longitud crítica.

**Figura 2.11 Falla de un barco por fractura**



**Fuente: SAC,1994, En Sociedad Mexicana De Ingeniería Sísmica,1998.**

## **Fatiga**

- ✓ Manifestación: Fractura progresiva.

- ✓ Causa: Estados tensionales repetidos o cíclicos.
- ✓ Falla sin aviso previo visual.
- ✓ Factores que influyen: concentración de tensiones, cambios abruptos de sección, fisuras, etc.
- ✓ Caracterización: Número de ciclos límite, resistencia a la fatiga.

### **Desplazamientos instantáneos**

- ✓ Origen: esbeltez del objeto estructural.
- ✓ Modo 1: Desplazamientos grandes con equilibrio estable.
- ✓ Modo 2: Pandeo (equilibrio inestable), falla en la forma estructural. No se consideran aquí fallas por modos de pandeo, que están dominados por la geometría y no por el material.
- ✓ Modo 3: Vibraciones. Consecuencias: ruido, golpes entre partes que se mueven, grandes desplazamientos transitorios.
- ✓ Modelos: constitutivas elásticas.
- ✓ Reducción de desplazamientos: modificación de la forma, redimensionar secciones. No influye tanto cambiar el material.
- ✓ Factores que influyen: relaciones geométricas.
- ✓ Consecuencias: problemas operativos, colapso, inseguridad del usuario.

**Figura 2.12 Falla de un tanque por pandeo**



**Fuente: SAC,1994, En Sociedad Mexicana De Ingeniería Sísmica,1998.**

## Corrosión

- ✓ Manifestación: Pérdida de material en el espesor de un elemento.
- ✓ Reducción de dimensiones de una sección.
- ✓ Origen: acción química o ambiental.
- ✓ Factores que influyen: agresividad del medio.
- ✓ Cambios en el material pueden modificar el modo de falla. Ejemplo: reforzar un puente con material compuesto reforzado con fibras puede cambiar un modo de falla flexional por uno en compresión, que es más frágil.

**Figura 2.13 Falla por corrosión**



**Fuente: SAC,1994, En Sociedad Mexicana De Ingeniería Sísmica,1998.**

### 2.4.10 ENSAYO DE TRACCIÓN

Debido a la gran cantidad de información que puede obtenerse a partir de este ensayo, es sin duda alguna, uno de los test mecánicos más empleados para el acero. La versatilidad del ensayo de tracción radica en el hecho de que permite medir al mismo tiempo, tanto la ductilidad, como la resistencia. El valor de resistencia es directamente utilizado en todo lo que se refiere al diseño. Los datos relativos a la ductilidad, proveen una buena medida de los límites hasta los cuales se puede llegar a deformar el acero en cuestión, sin llegar a la rotura del mismo.

Los resultados obtenidos en la determinación de propiedades mecánicas del material en un ensayo de tracción específico o individual dependen de:

- ✓ Los tratamientos térmicos a los que se hayan sometido el material.
- ✓ Las manipulaciones mecánicas que hubiera sufrido
- ✓ La razón o velocidad de deformación a la que se efectúa el ensayo, la que a su vez dependerá de la velocidad de aplicación de las cargas, la geometría de la probeta, las características de la máquina de ensayo y el sistema de mordaza.
- ✓ El trabajo en frío con producción de acritud sobre la probeta, puede alterar o destruir el fenómeno de fluencia. En estos casos podrá medirse el límite de fluencia convencional o bajo carga, considerando que no corresponde exactamente al anterior para determinado material.

#### 2.4.10.1 Definiciones

**Alargamiento.-** Incremento de longitud que ha sufrido la probeta. Se mide entre dos puntos cuya posición está normalizada y se expresa con la letra griega delta  $\delta$ .

**Deformaciones elásticas.-** En esta zona las deformaciones se reparten a lo largo de la probeta, son de pequeña magnitud y, si se retirara la carga aplicada, la probeta recuperaría su forma inicial.

**Deformaciones plásticas.-** Si se retira la carga aplicada en dicha zona, la probeta recupera sólo parcialmente su forma quedando deformada permanentemente. Las deformaciones en esta región son más acusadas que en la zona elástica.

**Estricción  $AR(\%)$ .-** Es la reducción de la sección que se produce antes y después de la zona de la rotura, para aceros dúctiles esta reducción es aproximadamente el 50%.

**Fuerza axial (P).-** Es la carga dirigida a lo largo del eje del miembro que se somete a tracción.

**La deformación ( $\epsilon$ ).-** Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica, a veces, la deformación se expresa como porcentaje.

**La ductilidad.-** Es una propiedad del material que le permite deformarse sin romperse, ó bien, es medida del grado de deformación plástica que puede ser soportada hasta la fractura.

**La tenacidad.-** Capacidad de un material de absorber energía antes de la fractura.

**Ley de Hooke.-** Es la relación lineal entre la tensión y la deformación lineal en una barra sometida a tracción.

**Límite de fluencia o límite elástico.-** Valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse el fenómeno de la cedencia o fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido incremento de la deformación sin aumento apreciable de la carga aplicada. Se expresa en fuerza por unidad de área, generalmente MPa.

**Módulo de elasticidad o Módulo de Young (E).-** Es la relación entre la tensión realizada y la deformación adquirida en el tramo lineal de la curva tensión-deformación (región elástica). Su valor es de 30000 Ksi (210 GPa), para aceros.

**Porcentaje de alargamiento.-** Es el incremento en longitud producido por la tensión de tracción, para aceros estructurales varían entre 20-30%.

**Resistencia a la tracción.-** Máxima tensión nominal que soporta la probeta a tracción por unidad de área

**Resistencia de rotura.-** Tensión que soporta el material en el punto de rotura.

Generalmente se da la deformación en el límite elástico convencional o en el punto de fluencia convencional que corresponde al 0.2% de elongación.

**Tensión.-** Es la intensidad de la fuerza (o sea la fuerza por unidad de área) y se denota con la letra griega sigma  $\sigma$ .



#### **2.4.10.2 Significado y uso ASTM E-8**

El ensayo de tensión provee información sobre la resistencia y ductilidad de los materiales sometidos a fuerzas de tensión, esta información puede ser utilizada para comparar propiedades entre metales de diferentes denominaciones, desarrollo de nuevas aleaciones, control de calidad y designar materiales bajo ciertas circunstancias.

Uno de los ensayos destructivos más común es el ensayo de tensión, este puede ser utilizado para determinar varias características de materiales como barras de acero sometidas a un esfuerzo de tracción para establecer las tensiones admisibles de trabajo, así como su resistencia y ductilidad. Normalmente se deforma una probeta hasta rotura, con una carga de tracción que aumenta gradualmente y que es aplicada a lo largo del eje de la probeta normalizada, estos ensayos de tracción se realizan en materiales metálicos, cerámicas y polímeros, en este caso se realizarán con probetas de acero (metálicas).

Para iniciar el ensayo se sujeta la muestra o probeta a ensayar en ambos extremos con las mordazas del equipo para el ensayo. A la sección de calibre o trabajo se acopla un extensómetro. Cuando se pone en funcionamiento el equipo de ensayo la mordaza móvil es la que deforma la muestra hasta la ruptura. La curva de esfuerzo-deformación ingenieril se obtiene a partir de los datos de carga-elongación.

Antes de utilizarse una máquina de ensayos por primera vez, el operador debe familiarizarse con esta. Antes de poner una probeta en uno de estos equipos debe comprobarse que el dispositivo de carga este en cero o realizar los ajustes necesarios, así mismo se debe revisar que el dispositivo de sujeción funcione correctamente.

Con los resultados de la elongación de la probeta, se puede graficar una curva de carga contra alargamiento, que generalmente se registran como valores de esfuerzo y deformación unitarios, y son independientes de la geometría de la probeta.

### 2.4.10.3 Deformación elástica y plástica

Tanto para la deformación unitaria como para el tensor deformación se puede descomponer el valor de la deformación en:

✓ **Deformación plástica o irreversible.-** Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.

✓ **Deformación elástica o reversible** el cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación.- En este tipo de deformación, el sólido, al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de energía potencial elástica, solo pasa por cambios termodinámicos reversibles.

✓ **Fluencia o cedencia.-** Es la deformación brusca de la probeta sin incremento de la carga aplicada. El fenómeno de fluencia se da cuando las impurezas o los elementos de aleación bloquean las dislocaciones de la red cristalina impidiendo su deslizamiento, mecanismo mediante el cual el material se deforma plásticamente. Alcanzado el límite de fluencia se logra liberar las dislocaciones produciéndose la deformación bruscamente. La deformación en este caso también se distribuye uniformemente a lo largo de la probeta pero concentrándose en las zonas en las que se ha logrado liberar las dislocaciones. No todos los materiales presentan este fenómeno, en cuyo caso la transición entre la deformación elástica y plástica del material no se aprecia de forma clara.

✓ **Estricción.-** Llegado un punto del ensayo, las deformaciones se concentran en la parte central de la probeta apreciándose una acusada reducción de la sección de la probeta, momento a partir del cual las deformaciones continuarán acumulándose hasta la rotura de la probeta por esa zona. La estricción es la responsable del descenso de la curva tensión-deformación; realmente las tensiones no disminuyen hasta la rotura, sucede que lo que se representa es el cociente de la fuerza aplicada (creciente) entre la sección inicial y cuando se

produce la estricción la sección disminuye, efecto que no se tiene en cuenta en la representación gráfica. Los materiales frágiles no sufren estricción ni deformaciones plásticas significativas, rompiéndose la probeta de forma brusca. Terminado el ensayo se determina la carga de rotura, carga última o resistencia a la tracción: la máxima resistida por la probeta dividida por su sección inicial, el alargamiento en (%) y la estricción en la zona de la rotura.

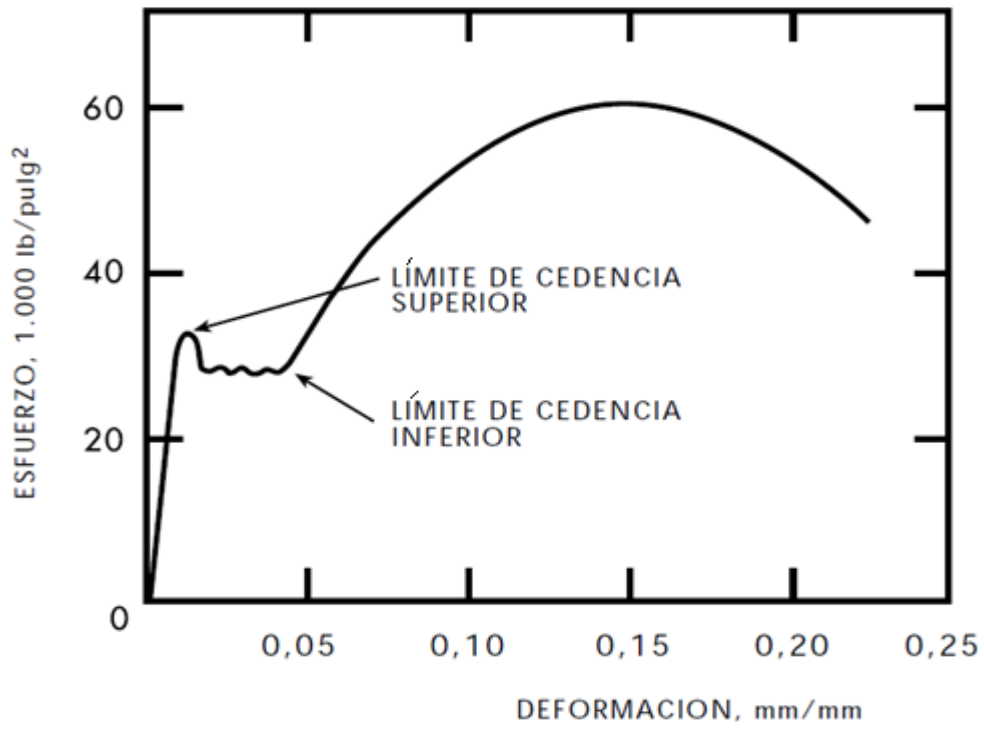
Comúnmente se entiende por materiales elásticos, aquellos que sufren grandes elongaciones cuando se les aplica una fuerza, como la goma elástica que puede estirarse sin dificultad recuperando su longitud original una vez que desaparece la carga. Este comportamiento, sin embargo, no es exclusivo de estos materiales, de modo que los metales y aleaciones de aplicación técnica, piedras, hormigones y maderas empleados en construcción y, en general, cualquier material, presenta este comportamiento hasta un cierto valor de la fuerza aplicada; si bien en los casos apuntados las deformaciones son pequeñas, al retirar la carga desaparecen.

Al valor máximo de la fuerza aplicada sobre un objeto para que su deformación sea elástica se le denomina límite elástico y es de gran importancia en el diseño mecánico, ya que en la mayoría de aplicaciones es éste y no el de la rotura, el que se adopta como variable de diseño (particularmente en mecanismos). Una vez superado el límite elástico aparecen deformaciones plásticas (remanentes tras retirar la carga) comprometiendo la funcionalidad de ciertos elementos mecánicos.

### **Energía de deformación**

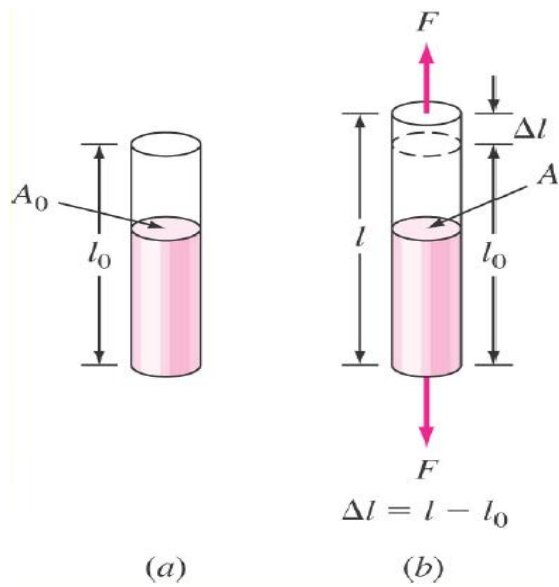
La deformación es un proceso termodinámico en el que la energía interna del cuerpo acumula energía potencial elástica. A partir de unos ciertos valores de la deformación se pueden producir transformaciones del material y parte de la energía se disipa en forma de plastificado, endurecimiento, fractura o fatiga del material.

Figura 2.14: Curva de esfuerzo deformación



Fuente: [www.aza.cl](http://www.aza.cl)

Figura 2.15: Parámetros de tensión



Fuente: [http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/tracci3n/ensayo\\_de\\_tracci3n1.htm](http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/tracci3n/ensayo_de_tracci3n1.htm)

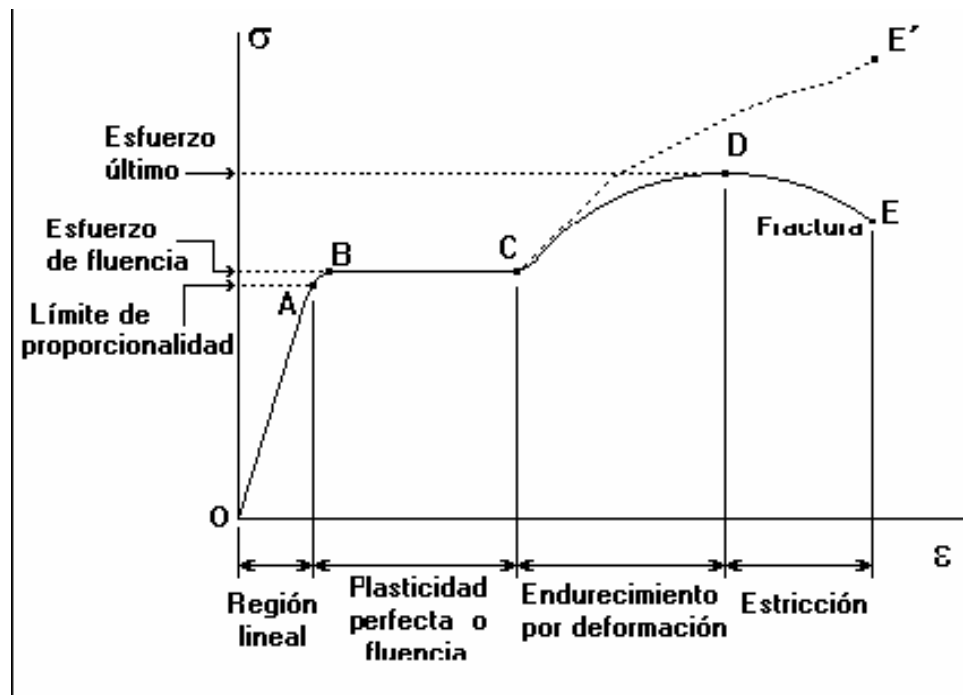
## Esfuerzo normal

$$\sigma_n = \frac{F}{A_o} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

## Deformación normal

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_o} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Figura2.16: Curvas esfuerzo-deformación normal; Curvas esfuerzo-deformación real.



Fuente: [http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/tracción/ensayo\\_de\\_traccion1.htm](http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/tracción/ensayo_de_traccion1.htm)

La medida del grado de deformación plástica que puede ser soportada por un material antes de la rotura puede ser:

### ✓ Porcentaje de alargamiento ó Deformación porcentual total:

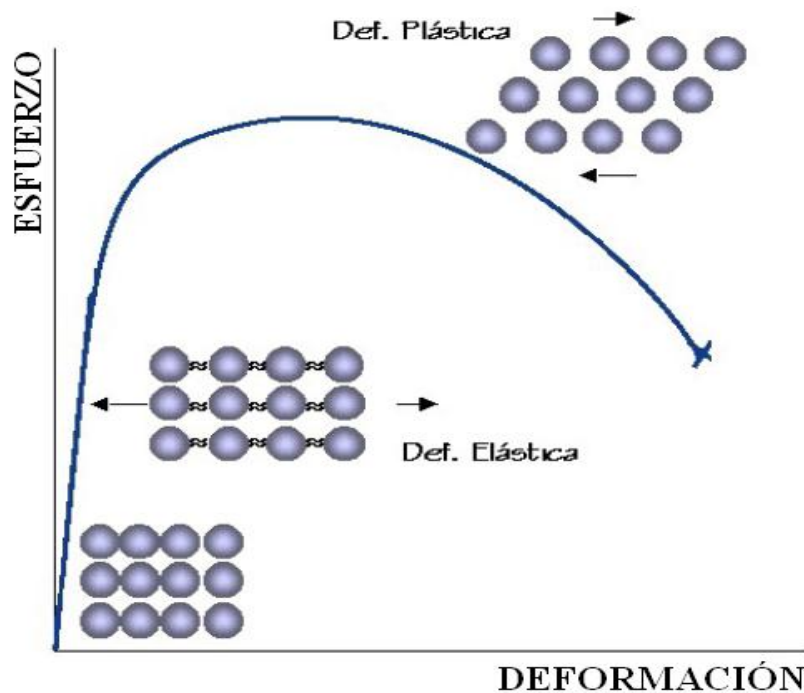
Para una longitud calibrada de 2 in, para aceros, el alargamiento puede ser del 3 a 40%, para aceros estructurales esta entre el 20 o 30%

$$\% \epsilon = \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100 \quad \text{Ecuación 2.3}$$

✓ % Reducción área (estricción):

$$\% AR = \frac{A_o - A_f}{A_o} * 100 \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Figura 2.17: Curvas esfuerzo-deformación normal



Fuente: [http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/tracción/ensayo\\_de\\_tracción1.htm](http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/tracción/ensayo_de_tracción1.htm)

Las probetas para ensayos de tensión se fabrican en una variedad de formas. La sección transversal de la probeta puede ser redonda, cuadrada o rectangular. Para la mayoría de los casos, en metales, se utiliza comúnmente una probeta de sección redonda (fig. 2.20), para láminas y placas usualmente se emplea una probeta plana (fig. 2.19), estos dos especímenes lo recomienda la ASTM, y la elección de su geometría y el tamaño del espécimen dependen con frecuencia de la forma del producto en que se va a usar el material, o de la cantidad del material disponible para la muestra.

Las curvas de los materiales dúctiles muestran tres partes características: la región elástica, región de endurecimiento por deformación y una región en donde el esfuerzo se reduce y la deformación no es uniforme hasta que se rompe.

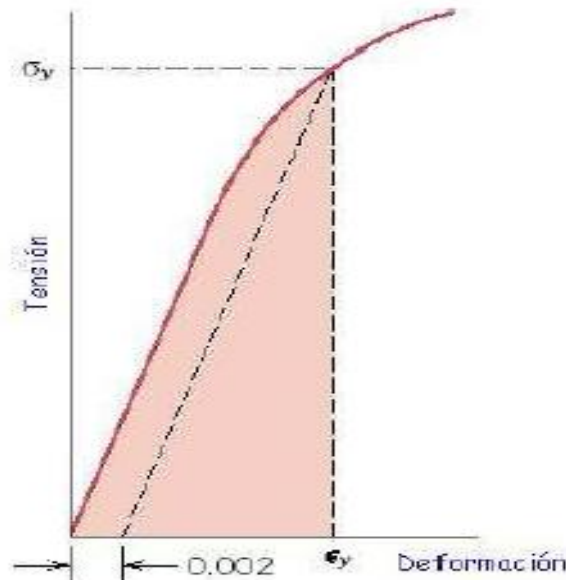
Para deformaciones pequeñas se refleja la ley de Hooke:

$$\sigma = E\epsilon \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Por tanto, si se incrementa la sensibilidad a la deformación en la región de elástica el módulo de Young del material es la pendiente.

Para determinar el esfuerzo de fluencia se desplaza una cantidad de 0.2% en la lineal de deformación y luego se traza una línea paralela a la línea de la región elástica y, el punto de intersección se denomina **esfuerzo de fluencia**, este método se usa comúnmente para fines de diseño y especificación, y es aplicable solo cuando existe una región lineal en la curva de esfuerzo-deformación.

**Figura 2.18: Esfuerzo de cedencia de 0.2% para metales**



**Fuente: Donald R. Askeland, Pradeep P. Phulé, (2004). Ciencia e ingeniería de los materiales. Cuarta edición. Mc Graw-Hill.**

## Curva de esfuerzo verdadero-deformación verdadera

Si bien la curva de esfuerzo-deformación ingenieril es suficiente para el diseño porque subestima la capacidad real del material, esta no proporciona una indicación precisa del esfuerzo y deformación verdadera que presenta el material durante el ensayo, puesto que los valores cambian continuamente y son mucho mayores. El esfuerzo verdadero-deformación verdadera es la propiedad mas importante en las operaciones de formado o manufactura por que describe la necesidad de carga real del material. El esfuerzo verdadero se define como la carga dividida entre el área real o instantánea:

$$\sigma = \frac{F}{A_{\text{inst}}} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

y la deformación verdadera como:

$$d\epsilon = \frac{dl}{l_{\text{inst}}} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

$$\epsilon = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} \quad \text{Ecuación 2.8}$$

La deformación verdadera debe basarse en mediciones reales de área o diámetros, para deformaciones pequeñas el esfuerzo verdadero y deformación verdadera son aproximadamente iguales.

## Determinación del número de granos de la microestructura

Para determinar el número de grano de la microestructura se ha elegido el método más utilizado, método planimétrico (Norma ASTM E 112)

**Método planimétrico:** Es el más utilizado para medir el tamaño de grano, este método consiste en realizar un circulo de 79.8 mm para una área de 5000 mm<sup>2</sup> en la microfotografía, una vez realizado el circulo de la medida estipulada se procede a contar el número de granos en el interior del circulo y el número de granos que interceptan con la circunferencia. Para que el conteo se a preciso hay que ir



marcando los números de granos al momento de contarlos, lo que hace que este método sea lento. La fórmula que se presenta a continuación se utiliza para determinar el tamaño de grano de la microestructura.

$$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Donde:

$Ni$  = número de granos en el interior

$Nint$  = número de granos que interceptan

$f$  = multiplicador Jeffries (2 para 100 x)

$$G = 3,321918 * \log(NA) - 2954 \quad \text{Ecuación 2.10}$$

#### **2.4.10.4 Tipos de probetas**

En la medida de lo posible, se preparan probetas de tamaño estándar, sin embargo, si el tamaño original del producto o muestra es pequeño, o si solo se dispone de una cantidad limitada del material, existen especificaciones equivalentes de tamaño inferior al estándar que se puede maquinarse y someterse al ensayo. Las probetas maquinadas tienen secciones mayores en los extremos y una sección reducida en el medio la cual es la que realmente se somete a la carga y al alargamiento

Al menos que de otro modo se especifique el eje de la probeta estará localizado dentro de un patrón de material como sigue:

En el centro para productos de 1 ½ plg. o de menor espesor, diámetro o distancia entre bordes.

Al centro de las caras para productos sobre 1 ½ plg. de espesor, diámetro o distancia entre bordes.

Es importante preparar la probeta con el fin de no obtener resultados erróneos en el ensayo. Esto es importante por eso, hay que manipular cuidadosamente la preparación de la probeta, particularmente el mecanizado debe ser preciso para minimizar errores en el ensayo.

La sección preparada debe estar libre de imperfecciones como ranuras, marcas, superficies ásperas, picaduras y otras condiciones que puedan afectar sus propiedades.

Las probetas de ensayo para materiales metálicos se obtienen, generalmente por mecanizado de una muestra del producto objeto de ensayo, o de una muestra moldeada. En el caso de tratarse de productos que tengan una sección constante (perfiles, barras, etc.) o de barras obtenidas por moldeo, se pueden utilizar como probetas las muestras sin mecanizar. La sección de la probeta puede ser circular, cuadrada o rectangular.

## **RECTANGULARES**

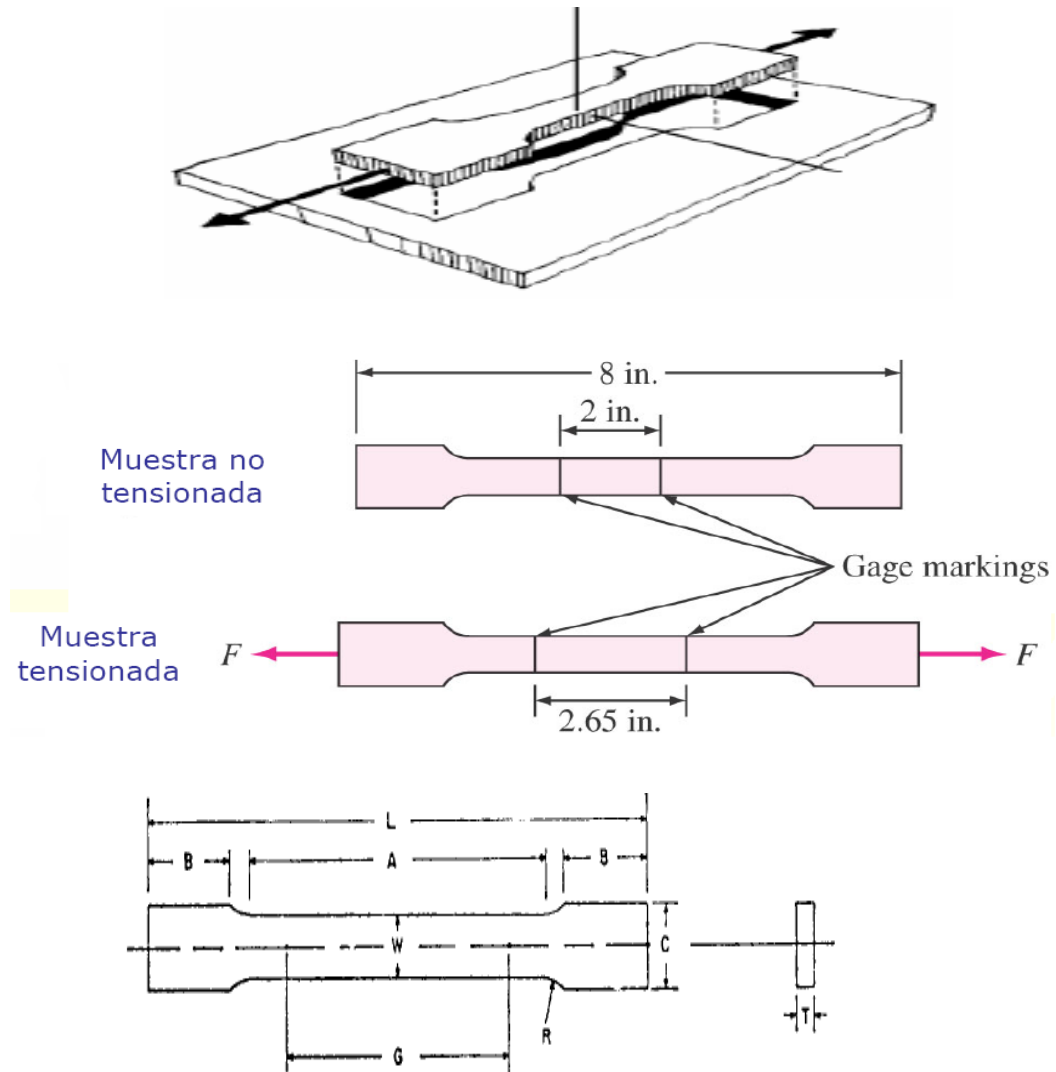
### **Especímenes tipo-hoja:**

El espécimen de prueba normalizado tipo-hoja se muestra en el Fig.2.19. Este espécimen se usa por probar los materiales metálicos en el formulario de hoja, chape, el alambre llano, tira, la venda, los rectángulos, y formas que van en el espesor nominal de 0.13 a 19 mm.

Cuando las especificaciones del producto así lo permitan.

**Los Especímenes del tipo-plato:** El espécimen normalizado tipo-plato se muestra en Fig. 2.19. Este espécimen se usa por probar los materiales metálicos en el formulario de plato, formas, y el material llano teniendo un espesor nominal de 5 mm o encima de este. Cuando las especificaciones del producto así lo permitan.

Figura 2.19: Especímenes de prueba de tensión rectangulares



Dimensiones

	probetas normalizadas		Subsize Specimen
	Tipo placa, 1 1/2 in. ancho	Tipo lamina, 1/2 in. ancho	1/4-in. ancho
	in.	in.	in.
G—longitud de calibre	8.00 ± 0.01	2.000 ± 0.005	1.000 ± 0.003
W—ancho	1½ + 1/8, - 1/4	0.500 ± 0.010	0.250 ± 0.005
T—espesor		espesor del material	
R— radio de filete mínimo	1	½	¼
L— longitud total	18	8	4
A—longitud de la seccion reducida	9	2¼	1¼
B—longitud de agarre	3	2	1¼
C—ancho de la seccion de agarre	2	¾	¾

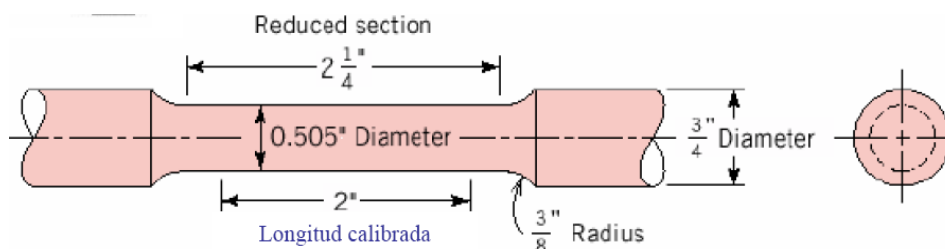
Fuente: Norma ASTM E-8

## CILÍNDRICAS

El espécimen redondo normalizado de  $\frac{1}{2}$  in de diámetro, se usa generalmente para ensayos de materiales metálicos, los dos moldeados y forjado. En la figura 2.20 también se muestran de pequeño tamaño proporcional al normalizado, estos pueden ser utilizados cuando sea necesario ensayar el material del espécimen normalizado o especímenes mostrado en la figura 2.20 que no puedan prepararse. Otras tallas pequeñas de especímenes redondos pueden ser usadas. En estos especímenes de talla pequeña es importante que la longitud de calibre para medir la elongación sea cinco veces el diámetro de la probeta.

Para los bordes finales de las probetas que estén fuera de la longitud de calibre es necesario que se preparen para que encajen en las mordazas o agarraderas de la máquina de ensayo para que las fuerzas se puedan aplicar axialmente, en la figura 2.21 se muestran varios tipos de bordes finales.

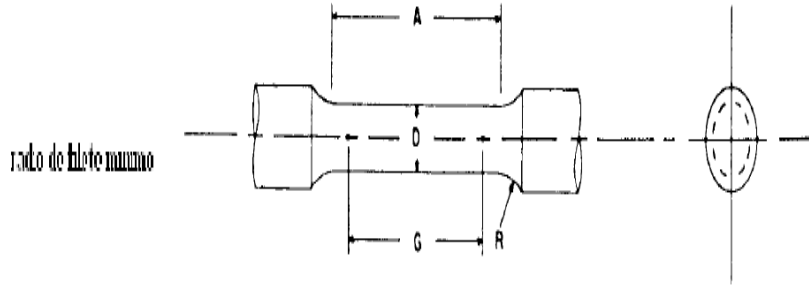
**Figura 2.20: Especímen normalizado redondo**



**Fuente: William F. Smith, Javad Hashemi, (2004). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. Cuarta edición. Mc Graw-Hill (pag. 219).**

Continuación

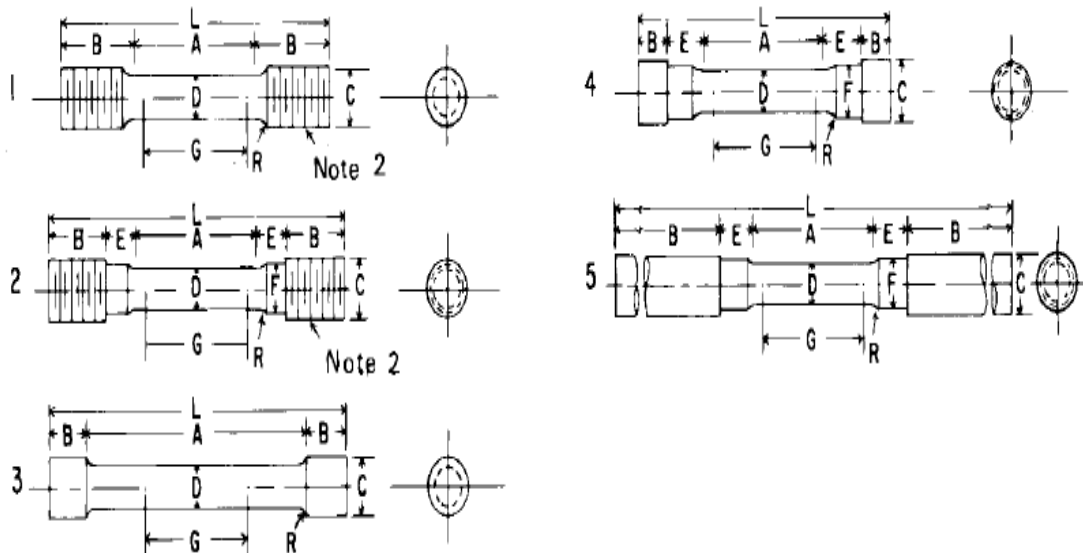
**Figura 2.20: Espécimen normalizado redondo**



	Dimensiones				
	probetas normalizadas		pequeñas tallas de probetas proporcionales a las normalizadas		
	in.	in.	in.	in.	in.
diametro nominal	0.500	0.350	0.250	0.160	0.113
$G$ —longitud de calibre	$2.000 \pm 0.005$	$1.400 \pm 0.005$	$1.000 \pm 0.005$	$0.640 \pm 0.005$	$0.450 \pm 0.005$
$D$ —diametro	$0.500 \pm 0.010$	$0.350 \pm 0.007$	$0.250 \pm 0.005$	$0.160 \pm 0.003$	$0.113 \pm 0.002$
$R$ —radio mínimo de filete	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{3}{32}$
$A$ —longitud de la seccion reducida	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$

Fuente: Norma ASTM E-8

**Figura 2.21: Tipos de bordes finales para probetas cilíndricas**



Continuación

	Dimensiones				
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
	in.	in.	in.	in.	in.
G—longitud de calibre	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005
D—diámetro	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010
R—radio del filete	3/8	3/8	1/8	3/8	3/8
A—longitud de la sección reducida	2 1/4, min	2 1/4, min	4, approximately	2 1/4, min	2 1/4, min
L—longitud total	5	5 1/2	5 1/2	4 3/4	9 1/2
B—longitud de la sección final	1 3/8, approximately	1, approximately	3/4, approximately	1/2, approximately	3, min
C—diámetro de la sección final	3/4	3/4	23/32	7/8	3/4
E—longitud del borde saliente y filete de la sección	...	5/8	...	3/4	5/8
F—diámetro del borde saliente	...	5/8	...	5/8	1 1/32

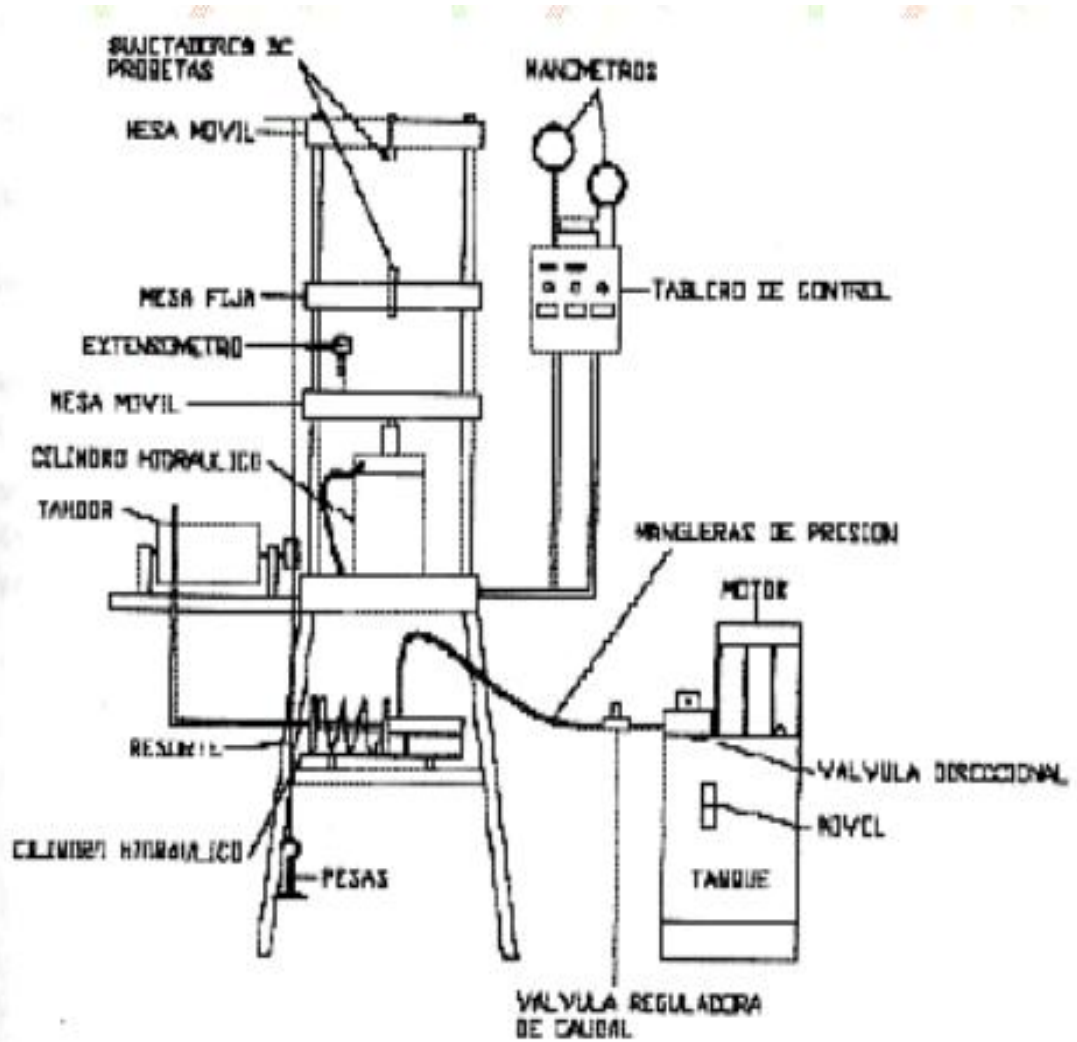
Fuente: Norma ASTM E-8

#### 2.4.11 MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE TENSIÓN

Para conocer las fuerzas que pueden soportar los materiales, se efectúan ensayos para medir su comportamiento en distintas situaciones. El ensayo destructivo más importante es el ensayo de tracción, en donde se coloca una probeta en una máquina de ensayo de dos mordazas, una fija y otra móvil, las mordazas deben sujetar correctamente a la probeta con el fin de que no exista deslizamientos de la probeta durante el ensayo y así obtener resultados confiables. Existen un sin número de diseños de máquinas para realizar este tipo de ensayos, muchas con capacidades diferentes para un trabajo determinado. Dependiendo de su capacidad estas máquinas realizan ensayos en diferentes tipos de materiales tales como: plásticos de diferente tipo, metales como el aluminio, acero y materiales compuestos reforzados.

### 2.4.11.1 Elementos comunes que conforman la máquina

Figura 2.22: Elementos de una máquina de tensión



Fuente: [www.ensayodetraccion.8m.com/](http://www.ensayodetraccion.8m.com/)

### 2.4.11.2 Tipos de máquina

- Máquina horizontal de ensayos de tracción MHT-5000

**Tabla 2.4: Especificaciones técnicas**

<b>Modelo</b>		<b>MHT-1000</b>	<b>MHT-5000</b>	<b>MHT-30000</b>	<b>MHT-60000</b>
<b>Capacidad</b>	lb.	1000	5000	30000	60000
	KN	5	25	150	300
	Kg.	500	2500	15000	30000
<b>Recorrido máximo</b>	in	17	17	20	20
	mm	430	430	500	500
<b>Rango de velocidad de ensayo</b>	in/min.	0.002-20	0.002-20	0.002-10	0.002-10
	mm/min.	0.05-500	0.05-500	0.05-250	0.05-250
<b>Pesos</b>	lb.	2000	2000	2700	2700
	Kg	910	910	1225	1225

Fuente: [www.metrotecgrou.com](http://www.metrotecgrou.com)

**Figura 2.23 Máquina de ensayos horizontal**



Fuente: [www.metrotecgrou.com](http://www.metrotecgrou.com)

**Potencia:** 110/240 VAC, 50-60Hz, monofásico para máquinas pequeñas y trifásico para máquinas de gran capacidad



- TVL (la Tensión Vertical W/la Célula de la Carga)

**Tabla 2.5: Especificaciones técnicas**

<b>Modelo</b>		<b>TVL</b>
<b>Capacidad</b>	lb.	11000-220000
	KN	500-1000
	Kg.	500

Fuente: [expodime.cucei.udg.mx/vexpo/Oct2002/pdf/EXPODIME\\_16.PDF](http://expodime.cucei.udg.mx/vexpo/Oct2002/pdf/EXPODIME_16.PDF)

**Figura 2.24: Máquina de ensayos vertical**



Continuación



Fuente: [expodime.cucei.udg.mx/vexpo/Oct2002/pdf/EXPODIME\\_16.PDF](http://expodime.cucei.udg.mx/vexpo/Oct2002/pdf/EXPODIME_16.PDF)

## REPORTE

**Preparación de la máquina de prueba.-** Si existe una prolongada inactividad de la máquina, esta debe ser calentada o puesta en marcha unos minutos antes de realizar la prueba con el fin de que alcance una temperatura de operación adecuada para minimizar errores que afecten al resultado.

**Tamaño de las dimensiones del espécimen de prueba.-** Para determinar el área de la sección transversal del espécimen, se mide la sección transversal en el centro de la sección reducida. Para comparar pruebas de especímenes con dimensiones menos que  $3/16$ , se tomará la medida en donde se encuentre la menor área en la sección transversal. La medida y el registro de las dimensiones de la sección transversal de especímenes de prueba de tensión es de 2.00 in y sobre o cercanos a 0.001 in.

**Marcar la longitud de calibre en el espécimen de prueba.-** La longitud de calibre para determinar la elongación debe estar en conformidad con la especificación del producto del material que será ensayado. Las marcas se realizarán ligeramente con un punzón o preferentemente con tinta.

Nota: todos los instrumentos de medida de la máquina estarán calibrados o puestos en cero para evitar que existan errores durante la prueba si es que existiere alguna carga adicional antes de la prueba.

**Sujeción del espécimen de prueba.-** En los especímenes en los que se han reducidos los bordes finales, se restringirá la sección de agarre debido a que si las agarraderas del equipo se coloca en el filete significará que puede afectar a los resultados de prueba.

**Velocidad de prueba.-** La velocidad de prueba puede estar definido en términos de: porcentaje del esfuerzo máximo del espécimen, porcentaje de fuerza del espécimen, porcentaje de la separación de los dos cabezales de la máquina durante la prueba, en el lapso de tiempo en que se completa parte o toda la prueba y por último dejando correr libremente la máquina de ensayo (sin aplicar ninguna carga).

Los límites establecidos para la velocidad de prueba deben ser especificados para materiales en los cuales, la diferencia de resultados del uso de diferentes velocidades son semejantes en magnitud, a aquel resultado de la prueba es insatisfactoria para determinar la aceptabilidad del material.

La velocidad de ensayo no debe ser mayor para que las lecturas de carga y otras puedan tomarse con el grado de exactitud deseado.

Seleccionar la velocidad de ensayo de acuerdo con la norma ASTM E-8 sección 7.6. Ha de ser siempre aquella que provoque rotura de la probeta en un tiempo comprendido entre 0.5 y 5 minutos.

Para realizar nuestro estudio se opta por elegir el literal 7.6.2.4 de la norma ASTM E-8, el nos indica que será tomada desde los límites permisibles en que transcurre el tiempo desde el comienzo de la aplicación de la fuerza al instante de la fractura, de la fuerza máxima o de cualquier condición de esfuerzo, esta estará especificada en minutos o segundos. El transcurso del tiempo puede ser tomado o medido con cualquier instrumento de toma de tiempo (cronómetro por ejemplo).

## **2.5 Hipótesis**

Mediante el estudio del comportamiento del acero A36 en ensayos de tracción, se determinarán fallas en elementos estructurales sometidos a tensión.

### **2.5.1 Unidades de observación de análisis**

✓ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

### **2.5.2 Señalamiento de variables**

#### **2.5.2.1 Variable independiente**

Ensayos de tracción del acero A36.

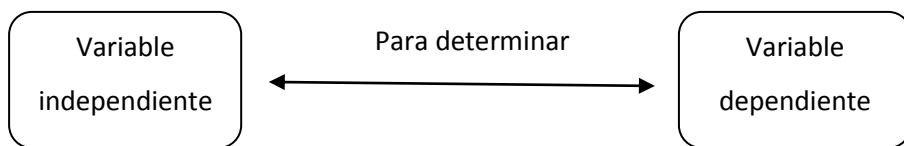
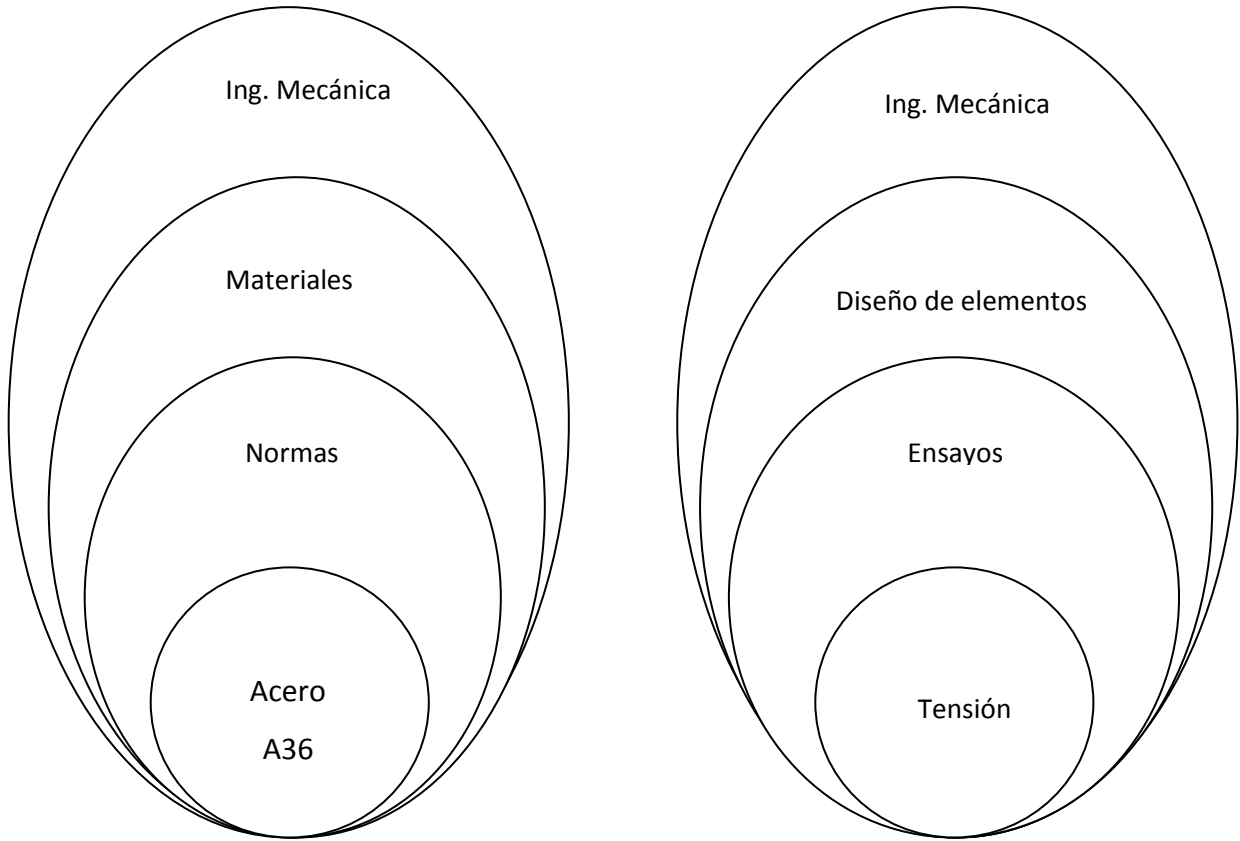
#### **2.5.2.2 Variable dependiente**

Fallas en elementos estructurales sometidos a tensión.

#### **2.5.2.3 Término de relación**

Determinar.

## 2.6 Red de categorías fundamentales



## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Modalidad básica de la investigación**

En siguiente estudio predominan las variables cuantitativas de tipo continuas debido a que los resultados pueden tomar cualquier valor dentro de un rango especificado, al igual que las variables cualitativas puesto que se evaluarán cualidades de los ensayos realizados.

#### **3.2 Nivel y tipo de investigación**

##### **3.2.1 Nivel**

En el siguiente estudio se utilizaron los niveles documental bibliográfico y experimental.

La modalidad bibliográfica, puesto que de estos se obtuvo conceptos claros referentes al tema e información que fue útil para el desarrollo del tema, en lo que concierne a los ensayos.

La modalidad experimental nos ayuda a sacar conclusiones y comparar los resultados experimentales con resultados bibliográficos.

##### **3.2.2 Tipo**

En el siguiente estudio se utilizará el tipo correlacional, descriptiva y explicativa.

- ✓ Descriptiva porque se compara entre varios resultados, características obtenidas durante en estudio.

- ✓ Explicativa porque la hipótesis planteada se comprobará en base a los distintos ensayos experimentales desarrollados.
- ✓ Correlacional, porque dentro de la investigación se observó el efecto que tienen determinadas propiedades cuando se produce la variación de ciertos parámetros.

### 3.3 Población y muestra

#### Población

Puesto que se trata de un estudio experimental y lo que se realizará son ensayos de tensión, en el cual se determinarán propiedades de acuerdo a ciertas características, la población será indefinida.

#### Muestra

Tamaño de la muestra

$$n = \frac{z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

p = proporción (probabilidad)

q = 1- p

$z_{\alpha}$  = esta definido por el intervalo de confianza  $\alpha$ , en nuestro caso trabajaremos con el valor mínimo de p\*q de la tabla siguiente:

<b>p</b>	<b>q</b>	<b>p*q</b>
0.2	0.8	0.16
0.1	0.9	0.09
0.05	0.95	0.0475
0.01	0.99	0.0099

p = 0.01, q = 0.99 y d= 0.05; por lo tanto:

$z_{\alpha} = 2.58$

$$n = \frac{2.58^2 * 0.01 * 0.99}{0.05^2}$$

$$n = 26.36 = 26$$

Las muestras totales a ensayar serán 27 las cuales se dividirán entre probetas cilíndricas y probetas planas.

### **3.4 Operacionalización de variables**



**V.I.:** Estudio del acero A36 mediante ensayos de tracción.

Conceptualización	Dimensiones	Ítems	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
<p>La denominación A36 fue establecida por la ASTM. A pesar de la susceptibilidad al fuego y a la intemperie es el material estructural más usado, por su abundancia, facilidad de ensamblaje y costo razonable.</p> <p>El ensayo de tensión normalmente se deforma una probeta hasta rotura, con una carga de tracción que aumenta gradualmente a lo largo del eje de la probeta normalizada, este provee información sobre la resistencia y ductilidad que puede ser utilizada para comparar metales, desarrollo de nuevas aleaciones, control de calidad y designar materiales bajo ciertas circunstancias.</p>	<p>Acero A36</p> <p>Ensayo de tensión</p>	<p>¿Qué porcentaje de variación existe entre los resultados tabulados en libros con los experimentales?</p> <p>¿Qué características debe tener un ensayo de tensión?</p>	<p>Resistencia última a la tensión.</p> <p>Esfuerzo máximo de tensión.</p> <p>El ensayo debe estar regido por una normativa y proporcionar resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Claros</li> <li>- Confiables</li> <li>- Precisos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Catálogos</li> <li>-Tablas</li> <li>-Normas</li> <li>- Tablas</li> <li>- Libros</li> <li>-Normas</li> </ul>

**V.D.:** Fallas en elementos estructurales sometidos a tensión.

Conceptualización	Dimensiones	Ítems	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
<p>La falla de un elemento estructural a cualquier situación que impida que el elemento cumpla su función de transmisión de esfuerzos como se encuentra previsto en el diseño del elemento, es decir, la falla se produce cuando el elemento se torna incapaz de resistir los esfuerzos previstos en el diseño</p>	<p>Fallas en elementos</p> <p>Esfuerzos</p>	<p>¿Qué tipo de fallas ocurren en elementos estructurales?</p> <p>¿Cuál sería el esfuerzo último a la tensión óptimo para evitar fallas a tensión?</p>	<p>Deformación elástica</p> <p>Deformación plástica (estricción)</p> <p>Fractura rápida (frágil, dúctil).</p> <p>Límite de fluencia</p> <p>Resistencia última a la tensión</p>	<p>-Libros</p> <p>-Observación</p> <p>-Medición</p> <p>-Normas</p> <p>-Libros</p> <p>-Medición</p> <p>-Normas</p>

### **3.5 Plan de recolección de la información**

Para la recolección de datos se aplicará la observación directa, ya que en cada uno de los ensayos se determinarán características que influyen mucho sobre el material.

Los ensayos realizados son de dos probetas diferentes: probeta plana y probeta cilíndrica.

#### **3.5.1 Ensayo de probetas planas**

El ensayo consiste en colocar la probeta en las mordazas e irle aplicando fuerzas a una velocidad adecuada para que la probeta se vaya deformando hasta llegar a la rotura, la carga de tracción debe irse aumentando gradualmente y ser aplicada a lo largo del eje de la probeta normalizada.

##### **3.5.1.1 Precauciones**

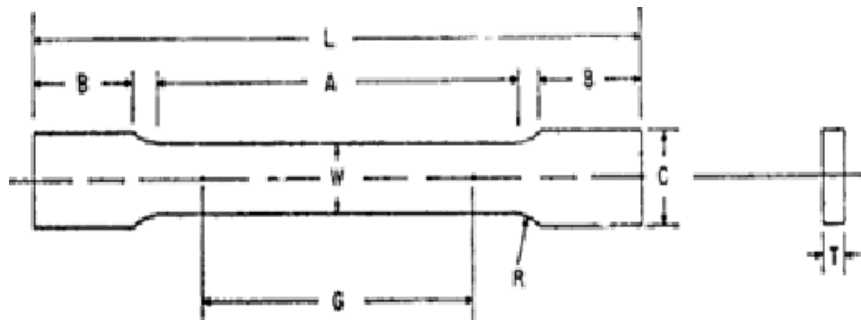
- 1) Antes de realizar el ensayo, se debe contar con todos los instrumentos adecuados para dicha prueba.
- 2) Observar que la perilla de la bomba esté cerrada.
- 3) Ver que la máquina este en su posición inicial.
- 4) Limpiar la superficie de la máquina si el caso lo amerita.
- 5) Marcar la longitud de calibre de la probeta.

##### **3.5.1.2 Procedimiento**

- 1) Colocar la probeta en el centro de las mordazas.
- 2) Ajustar fuertemente la probeta para que esta no se deslice durante el ensayo.
- 3) Tomar la medida precisa de fuerza y desplazamiento durante el proceso.
- 4) Al momento de la rotura unir las partes rotas y tomar la medida final.
- 5) Como último paso se deben determinar las propiedades del acero.

Par el cálculo de las propiedades se utilizarán las siguientes fórmulas basadas en las dimensiones de la probeta plana:

Figura 3.1: Probeta rectangular



Fuente: Normas ASTM

$$G = 2 \text{ in}$$

$$W = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$T = \frac{1}{8} \text{ in}$$

**Donde:**

**G** = longitud de calibre

**W** = ancho de calibre

**T** = espesor

$A_o$  = área inicial

$A_f$  = área final

$$A_o = W * T$$

Ecuación 3.2

**Wf** = ancho de calibre final

**Tf** = espesor final

$$A_f = Wf * Tf$$

Ecuación 3.3

**Esfuerzo normal:**

$$\sigma_n = \frac{F}{A_o}$$

**Deformación normal:**

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_o}$$

**Porcentaje de alargamiento ó Deformación porcentual total:**

$$\% \epsilon = \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

**% Reducción área (estricción):**

$$\% AR = \frac{A_o - A_f}{A_o} * 100$$

### **3.5.2 Ensayo de probetas cilíndricas**

El ensayo es similar al anterior.

#### **3.5.2.1 Precauciones**

- 1) Antes de realizar el ensayo, se debe contar con todos los instrumentos adecuados para dicha prueba.
- 2) Observar que la perilla de la bomba este cerrada.
- 3) Ver que la máquina este en su posición inicial.
- 4) Limpiar la superficie de la máquina si el caso lo amerita.
- 5) Marcar la longitud de calibre de la probeta.

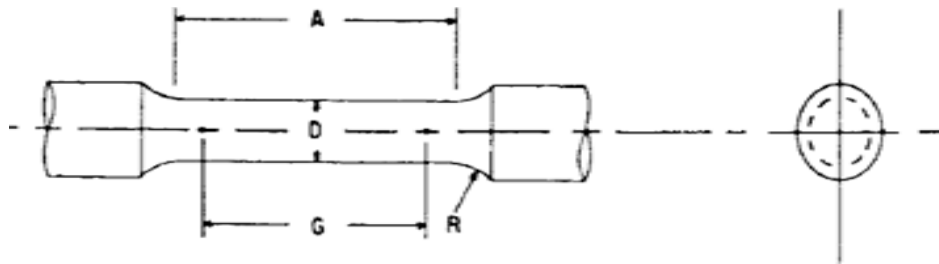
#### **3.5.2.2 Procedimiento**

- 1) Colocar la probeta en el centro de las mordazas.
- 2) Ajustar fuertemente la probeta para que esta no se deslice durante el ensayo.
- 3) Tomar la medida precisa de fuerza y desplazamiento durante el proceso.

- 4) Al momento de la rotura unir las partes rotas y tomar la medida final.
- 5) Como último paso se deben determinar las propiedades del acero.

Par el cálculo de las propiedades se utilizara las siguientes fórmulas basadas en las dimensiones de la probeta cilíndrica:

**Figura 3.2: Probeta redonda**



**Fuente: Normas ASTM**

$$G = 2 \text{ in}$$

$$D = \frac{1}{2} \text{ in}$$

**Donde:**

**G** = longitud de calibre

**D** = diámetro de calibre

$A_o$  = área inicial

$$A = \pi r^2 \quad \text{Ecuación 3.4}$$

$A_f$  = área final

**Df** = diámetro final

$$A_f = \pi r_f^2 \quad \text{Ecuación 3.5}$$

**Esfuerzo normal:**

$$\sigma_n = \frac{F}{A_o}$$

**Deformación normal:**

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_o}$$

**Porcentaje de alargamiento ó Deformación porcentual total:**

$$\% \epsilon = \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100$$

**% Reducción área (estricción):**

$$\% \text{AR} = \frac{A_o - A_f}{A_o} * 100$$

### **3.6 Plan de procesamiento de la información**

- ✓ Análisis de la velocidad a la que se realiza el ensayo.
- ✓ Análisis del tipo de fractura que ocurren en las probetas.
- ✓ Una vez realizados todos los ensayos de tensión, se procedió a realizar los cuadros de las propiedades del acero y las gráficas de esfuerzo-deformación correspondientes.

## CAPÍTULO 4

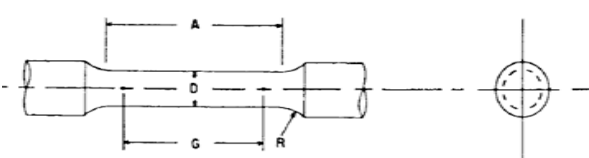
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de los resultados

Los valores que se presenta a continuación, son los resultados obtenidos mediante varios ensayos de tensión. Con el fin de llevar una buena organización de los resultados obtenidos, estos se tomarán en hojas de registro, las cuales permitirán conocer de mejor manera las características del acero antes mencionado, como también del ensayo.

##### 4.1.1 Ensayo de probetas cilíndricas

**Tabla 4.1: Parámetros generales del ensayo. Probeta cilíndrica**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
Carrera de Ingeniería Mecánica			
Registro de datos informativos			
<b>Probeta:</b>	normalizada	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Acero fabricado por :</b>	Adelca	<b>Tipo de ensayo:</b>	Tensión
<b>Tipo de probeta:</b>	Cilíndrica	<b>Detalle referencial:</b>	
<b>Espec. del material:</b>	Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>	ASTM A-36		
<b>Longitud total:</b>	8 in		
<b>Diámetro de calibre (D):</b>	½ in		
<b>Longitud de calibre (G):</b>	2 in		



**Tabla 4.2: Ensayo de tensión # 1**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	23/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	18 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	55 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	1				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2800	2,264
2	200	2,000	12	2810	2,319
3	600	2,000	13	2820	2,354
4	1780	2,028	14	2840	2,409
5	1900	2,063	15	2870	2,457
6	2200	2,087	16	2870	2,555
7	2400	2,114	17	2910	2,567
8	2500	2,134	18	2950	2,630
9	2600	2,177	19	2960	2,650
10	2700	2,217	20		

**Tabla 4.3: Ensayo de tensión # 2**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 2	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	23/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	18 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	56 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	2				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2820	2,295
2	200	2,000	12	2860	2,350
3	700	2,000	13	2900	2,402
4	1700	2,000	14	2910	2,445
5	1900	2,043	15	2920	2,504
6	2200	2,075	16	2930	2,559
7	2400	2,114	17	2940	2,610
8	2600	2,150	18	2800	2,661
9	2700	2,193	19	2850	2,689
10	2800	2,240	20		

**Tabla 4.4: Ensayo de tensión # 3**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 3	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	23/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	18 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	54 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	3				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2800	2,244
2	200	2,000	12	2820	2,280
3	1000	2,000	13	2930	2,323
4	1500	2,000	14	2900	2,370
5	1800	2,020	15	2900	2,425
6	2000	2,055	16	2900	2,469
7	2300	2,087	17	2900	2,520
8	2500	2,122	18	2900	2,571
9	2600	2,157	19	2920	2,606
10	2700	2,193	20		

**Tabla 4.5: Ensayo de tensión # 4**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 4	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	24/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	20 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	50 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	4				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2780	2,283
2	200	2,000	12	2810	2,335
3	800	2,016	13	2880	2,386
4	1300	2,020	14	2900	2,449
5	1800	2,031	15	2900	2,504
6	2000	2,075	16	2900	2,567
7	2200	2,102	17	2900	2,626
8	2500	2,146	18	2920	2,697
9	2600	2,181	19	2920	2,713
10	2700	2,228	20		

**Tabla 4.6: Ensayo de tensión # 5**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 5	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	24/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	20 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	50 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	5				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2800	2,299
2	200	2,000	12	2820	2,350
3	500	2,000	13	2850	2,406
4	1200	2,000	14	2870	2,449
5	1800	2,012	15	2870	2,555
6	2000	2,059	16	2900	2,575
7	2300	2,098	17	2930	2,634
8	2500	2,142	18	2950	2,673
9	2700	2,189	19		
10	2780	2,244	20		

**Tabla 4.7: Ensayo de tensión # 6**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 6	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	25/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	48 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	6				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2820	2,343
2	200	2,000	12	2860	2,398
3	900	2,012	13	2860	2,453
4	1700	2,024	14	2860	2,516
5	1800	2,063	15	2890	2,575
6	2200	2,098	16	2900	2,638
7	2400	2,134	17		
8	2600	2,181	18		
9	2700	2,232	19		
10	2800	2,280	20		

**Tabla 4.8: Ensayo de tensión # 7**

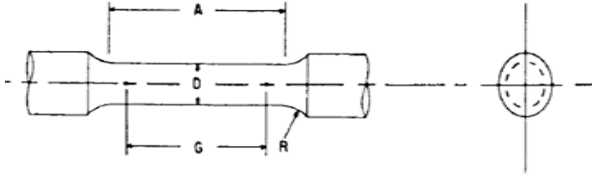
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 7	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	25/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	52 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	7				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2820	2,272
2	200	2,000	12	2850	2,319
3	900	2,000	13	2900	2,366
4	1400	2,000	14	2920	2,417
5	1900	2,024	15	2920	2,469
6	2300	2,063	16	2920	2,528
7	2400	2,106	17	2920	2,591
8	2600	2,150	18	2950	2,654
9	2700	2,193	19	2960	2,717
10	2800	2,228	20	2970	2,724

**Tabla 4.9: Ensayo de tensión # 8**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 8	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	25/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	47 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	8				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2800	2,299
2	200	2,000	12	2800	2,354
3	1000	2,000	13	2800	2,409
4	1700	2,000	14	2800	2,476
5	1800	2,043	15	2800	2,528
6	2100	2,083	16	2800	2,587
7	2300	2,122	17	2850	2,650
8	2500	2,157	18		
9	2600	2,205	19		
10	2700	2,250	20		



**Tabla 4.10: Ensayo de tensión**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Registro de datos informativos</b>			
<b>Probeta:</b>	normalizada	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Acero fabricado por :</b>	Novacero	<b>Tipo de ensayo:</b>	Tensión
<b>Tipo de probeta:</b>	Cilíndrica	<b>Detalle referencial:</b>	
<b>Espec. del material:</b>	Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>	ASTM A-36		
<b>Longitud total:</b>	8 in		
<b>Diámetro de calibre (D):</b>	½ in		
<b>Longitud de calibre (G):</b>	2 in		

**Tabla 4.11: Ensayo de tensión # 1**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSION					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular		<b>Fecha del ensayo:</b>	15/08/2011	
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C		<b>Supervisado por:</b>		
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	50 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	1				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,201	11	2800	2,614
2	1200	2,201	12	2800	2,665
3	1800	2,224	13	2900	2,732
4	2000	2,268	14	2900	2,783
5	2200	2,311	15	2907,69	2,843
6	2400	2,358	16	2909,23	2,906
7	2600	2,406	17	2911,54	2,91
8	2600	2,453	18		
9	2800	2,508	19		
10	2800	2,563	20		

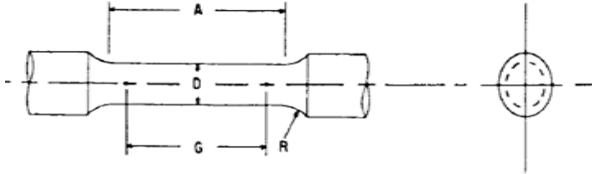
**Tabla 4.12: Ensayo de tensión # 2**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 2	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular		<b>Fecha del ensayo:</b>	25/05/2011	
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C		<b>Supervisado por:</b>		
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	50 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	2				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2840	2,370
2	200	2,000	12	2860	2,441
3	1000	2,008	13	2900	2,512
4	1700	2,012	14	2920	2,587
5	1900	2,059	15	2850	2,594
6	2300	2,098	16		
7	2500	2,150	17		
8	2600	2,193	18		
9	2700	2,252	19		
10	2800	2,311	20		

**Tabla 4.13: Ensayo de tensión # 3**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 3	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	25/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	50 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	3				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2850	2,382
2	400	2,000	12	2900	2,441
3	1100	2,000	13	2900	2,508
4	1800	2,024	14	2900	2,587
5	1900	2,067	15	2900	2,665
6	2200	2,106	16	2950	2,681
7	2400	2,154	17		
8	2600	2,201	18		
9	2700	2,256	19		
10	2800	2,319	20		

**Tabla 4.14: Ensayo de tensión**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Registro de datos informativos</b>			
<b>Probeta:</b>	normalizada	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Acero fabricado por :</b>	Dipac	<b>Tipo de ensayo:</b>	Tensión
<b>Tipo de probeta:</b>	Cilíndrica	<b>Detalle referencial:</b>	
<b>Espec. del material:</b>	Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>	ASTM A-36		
<b>Longitud total:</b>	8 in		
<b>Diámetro de calibre (D):</b>	½ in		
<b>Longitud de calibre (G):</b>	2 in		

**Tabla 4.15: Ensayo de tensión # 1**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular		<b>Fecha del ensayo:</b>	15/08/2011	
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C		<b>Supervisado por:</b>		
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	50 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	1				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,217	11	2600	2,602
2	600	2,217	12	2600	2,650
3	1500	2,217	13	2700	2,724
4	1900	2,268	14	2500	2,772
5	2000	2,303	15	2300	2,819
6	2200	2,343	16	2100	2,882
7	2400	2,382	17		
8	2550	2,429	18		
9	2600	2,484	19		
10	2600	2,547	20		

**Tabla 4.16: Ensayo de tensión # 2**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 2	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	25/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	50 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	2				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2900	2,295
2	200	2,000	12	3000	2,362
3	600	2,000	13	3100	2,421
4	1000	2,008	14	3100	2,484
5	1700	2,020	15	3100	2,547
6	1900	2,055	16	3200	2,622
7	2300	2,087	17	3200	2,673
8	2500	2,130	18		
9	2650	2,177	19		
10	2800	2,236	20		

**Tabla 4.17: Ensayo de tensión # 3**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 3	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	25/05/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	50 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	3				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2900	2,343
2	200	2,000	12	2910	2,402
3	900	2,000	13	2920	2,472
4	1600	2,016	14	2930	2,539
5	1800	2,047	15	2950	2,610
6	2200	2,091	16	2950	2,642
7	2400	2,134	17		
8	2600	2,181	18		
9	2700	2,232	19		
10	2800	2,283	20		



#### 4.1.2 Ensayo de probetas rectangulares (Tipo de acero ASTM A36 de Adelca)

**Tabla 4.18: Parámetros generales del ensayo. Probeta rectangular**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Registro de datos informativos</b>			
<b>Probeta:</b>	Normalizada	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Tipo de ensayo:</b>	Tensión
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Detalla referencial:</b>	
<b>Espec. del material:</b>	Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>	ASTM A-36		
<b>Longitud total:</b>	8 in		
<b>Espesor:</b>	1/8 in		
<b>Ancho de calibre (W):</b>	1/2 in		
<b>Longitud de calibre (G):</b>	2 in		

**Tabla 4.19: Ensayo de tensión # 1**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	03/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	24 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	37 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	1				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	X	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	9	2500	2,283
2	200	2,000	10	2500	2,323
3	900	2,016	11	2800	2,382
4	1000	2,083	12	2860	2,449
5	1200	2,126	13	2900	2,531
6	1600	2,165	14	2900	2,574
7	1800	2,209	15		
8	2300	2,236	16		

**Tabla 4.20: Ensayo de tensión # 2**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 2	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	03/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	24 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	33 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	2				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	9	2000	2,244
2	300	2,000	10	2300	2,295
3	600	2,016	11	2300	2,327
4	700	2,056	12	2500	2,376
5	900	2,087	13	2700	2,427
6	1200	2,126	14	2700	2,480
7	1500	2,157	15	2920	2,531
8	1800	2,205	16	2900	2,543

**Tabla 4.21: Ensayo de tensión # 3**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 3	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	03/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	24 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	38 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	3				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2400	2,279
2	800	2,000	12	2500	2,319
3	900	2,008	13	2750	2,343
4	1300	2,020	14	2820	2,394
5	1500	2,047	15	2830	2,437
6	1600	2,087	16	2800	2,461
7	1700	2,120	17	2800	2,508
8	1920	2,150	18	2800	2,542
9	2000	2,197	19	2850	2,606
10	2100	2,236	20	2880	2,634

**Tabla 4.22: Ensayo de tensión # 4**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 4	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	03/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	24 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	42 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	4				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	1600	2,224
2	400	2,000	12	1800	2,260
3	600	2,012	13	2000	2,294
4	750	2,035	14	2400	2,323
5	820	2,087	15	2400	2,378
6	900	2,106	16	2600	2,406
7	940	2,138	17	2800	2,441
8	1000	2,157	18	2850	2,492
9	1300	2,177	19	2860	2,547
10	1600	2,205	20	2980	2,610

**Tabla 4.23: Ensayo de tensión # 5**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 5	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	03/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	24 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	40 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	5				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2850	2,398
2	400	2,000	12	2850	2,433
3	1500	2,028	13	2850	2,480
4	1800	2,079	14	2840	2,508
5	1900	2,118	15	2850	2,555
6	2000	2,158	16		
7	2200	2,193	17		
8	2400	2,244	18		
9	2600	2,288	19		
10	2800	2,339	20		

**Tabla 4.24: Ensayo de tensión #6**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 6	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	03/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	24 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	35 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	6				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	3400	2,343
2	400	2,000	12	3400	2,370
3	1500	2,047	13	3400	2,409
4	2000	2,091	14	3600	2,449
5	2100	2,130	15	3600	2,484
6	2500	2,169	16	3600	2,520
7	2800	2,209	17	3600	2,559
8	3000	2,232	18	3600	2,598
9	3050	2,264	19	3600	2,610
10	3150	2,261	20		

**Tabla 4.25: Ensayo de tensión # 7**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 7	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	03/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	24 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	36 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	7				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2750	2,346
2	400	2,016	12	2750	2,402
3	600	2,028	13	2800	2,449
4	900	2,067	14	2850	2,496
5	1200	2,102	15	2900	2,531
6	1600	2,142	16	2920	2,567
7	1800	2,185	17		
8	1900	2,224	18		
9	2200	2,268	19		
10	2500	2,311	20		



**Tabla 4.26: Ensayo de tensión # 8**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 8	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	03/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	24 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	39 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	8				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2800	2,339
2	600	2,000	12	2800	2,402
3	900	2,012	13	2850	2,449
4	1400	2,055	14	2850	2,504
5	1600	2,102	15	2900	2,559
6	1800	2,142	16	2870	2,618
7	1950	2,173	17		
8	2300	2,217	18		
9	2500	2,260	19		
10	2750	2,299	20		

**Tabla 4.27: Ensayo de tensión # 9**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 9	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	03/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	24 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	37 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	9				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	11	2750	2,331
2	500	2,020	12	2770	2,378
3	1200	2,043	13	2770	2,413
4	1450	2,083	14	2770	2,472
5	1620	2,126	15	2820	2,535
6	1840	2,165	16	2850	2,591
7	2250	2,197	17	2870	2,650
8	2400	2,220	18		
9	2500	2,260	19		
10	2600	2,299	20		

**Tabla 4.28: Ensayo de tensión # 10**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 10	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	04/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	41 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	10				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	9	2300	2,295
2	400	2,000	10	2500	2,335
3	750	2,043	11	2650	2,378
4	1200	2,083	12	2720	2,421
5	1460	2,142	13	2820	2,476
6	1520	2,189	14	2820	2,520
7	1700	2,224	15	2850	2,571
8	1860	2,260	16		

**Tabla 4.29: Ensayo de tensión # 11**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 11	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	04/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	38 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	11				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	9	2740	2,323
2	800	2,035	10	2740	2,370
3	1420	2,067	11	2740	2,421
4	1640	2,126	12	2860	2,496
5	1800	2,161	13	2880	2,555
6	2350	2,213	14	2900	2,598
7	2520	2,244	15		
8	2600	2,283	16		

**Tabla 4.30: Ensayo de tensión # 12**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 12	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	04/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	32 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	12				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	9	2370	2,280
2	700	2,016	10	2460	2,331
3	1520	2,043	11	2520	2,370
4	1620	2,110	12	2630	2,409
5	1640	2,146	13	2710	2,441
6	1790	2,185	14	2840	2,476
7	2000	2,205	15	2900	2,524
8	2350	2,240	16	2920	2,567

**Tabla 4.31: Ensayo de tensión # 13**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 13	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	04/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	34 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	13				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	9	2400	2,295
2	600	2,000	10	2650	2,354
3	980	2,024	11	2800	2,413
4	1350	2,087	12	2860	2,476
5	1580	2,126	13	2930	2,535
6	1698	2,173	14	2930	2,587
7	1750	2,205	15		
8	2100	2,252	16		

**Tabla 4.32: Ensayo de tensión # 14**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 14	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	04/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	38 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	14				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	9	2740	2,295
2	400	2,000	10	2820	2,339
3	1020	2,020	11	2820	2,394
4	1400	2,071	12	2820	2,449
5	1630	2,130	13	2860	2,492
6	1910	2,173	14	2900	2,543
7	2350	2,205	15	2900	2,591
8	2590	2,252	16		

**Tabla 4.33: Ensayo de tensión # 15**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	N° 15	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Taller particular	<b>Fecha del ensayo:</b>	04/06/2011		
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>			
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Pulido	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	40 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	15				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
RESULTADO					
#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)	#	$\sigma$ (psi)	Longitud (in)
1	0	2,000	9	2890	2,268
2	800	2,000	10	2870	2,311
3	1575	2,035	11	2885	2,362
4	1730	2,075	12	2900	2,394
5	1960	2,130	13	2920	2,441
6	2600	2,161	14	2900	2,500
7	2710	2,189	15	2900	2,547
8	2820	2,232	16	2920	2,610

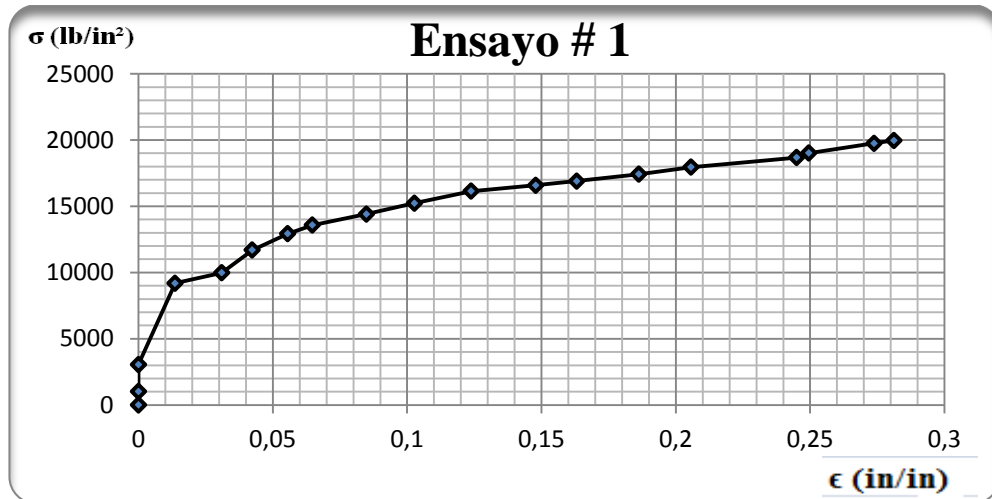


## 4.2 Interpretación de los resultados

### 4.2.1 Interpretación de gráficas

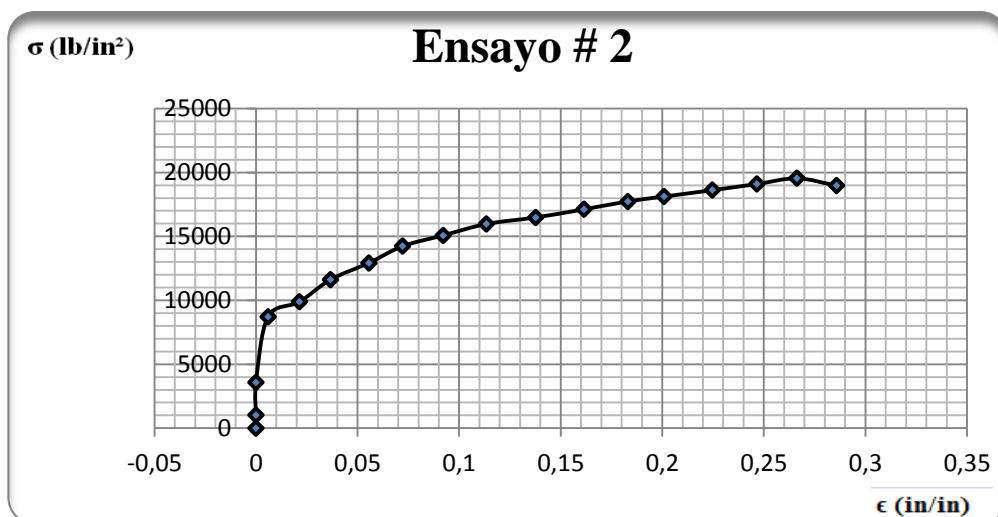
#### ENSAYO DE PROBETAS CILÍNDRICAS

Gráfica 4.1: Curva de esfuerzo-deformación verdadero (ADELCA)



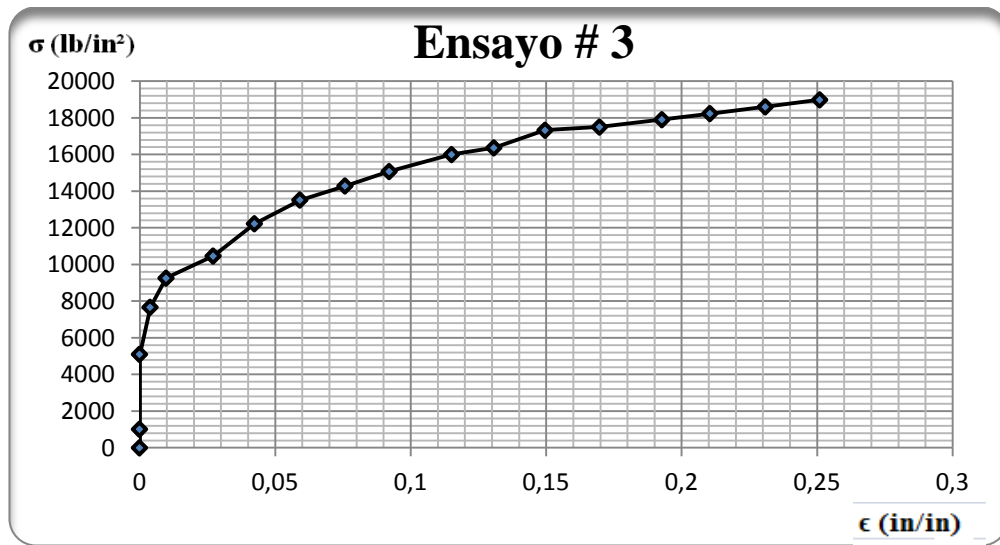
Al principio la gráfica presenta un gran desplazamiento debido a que el acero no presenta una gran elasticidad y pasa a la zona plástica con un esfuerzo menor al establecido para este.

Gráfica 4.2: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



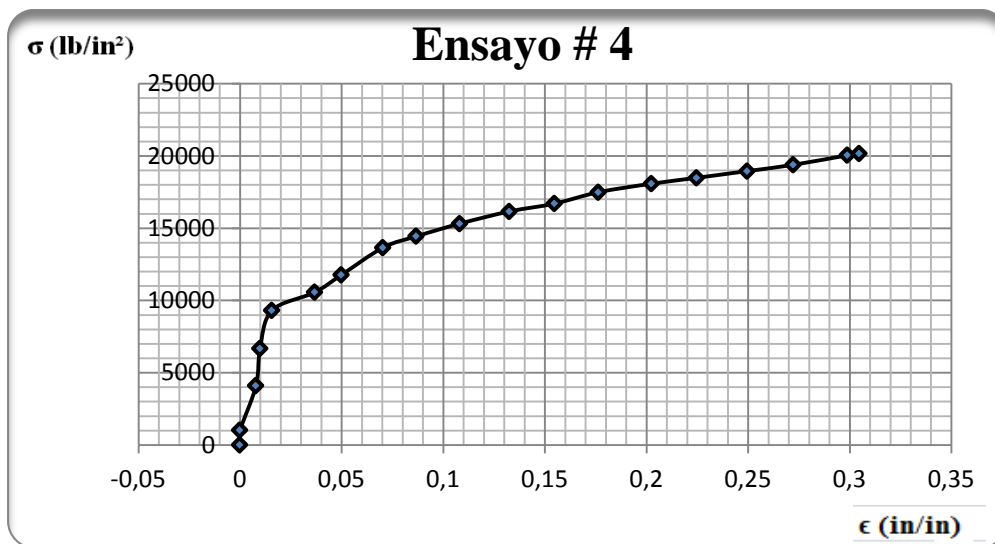
Al principio del gráfico no existe ningún desplazamiento debido a que el esfuerzo aplicado no es suficiente para provocar la deformación, el esfuerzo de fluencia correspondiente al 0,2 % (0.00056) es 4200 psi.

Gráfica 4 .3: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



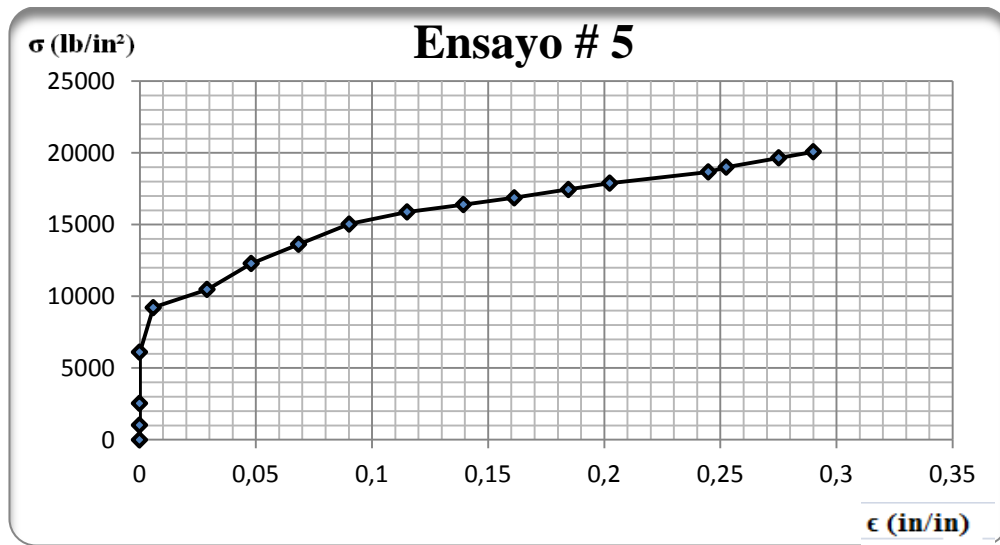
La deformación de esta probeta es considerada uniforme hasta la carga máxima de 18985,26 psi, una vez superada esa carga y al comenzar el adelgazamiento no tiende a ser uniforme y se nota una disminución en el esfuerzo al instante de la rotura.

Gráfica 4 .4: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



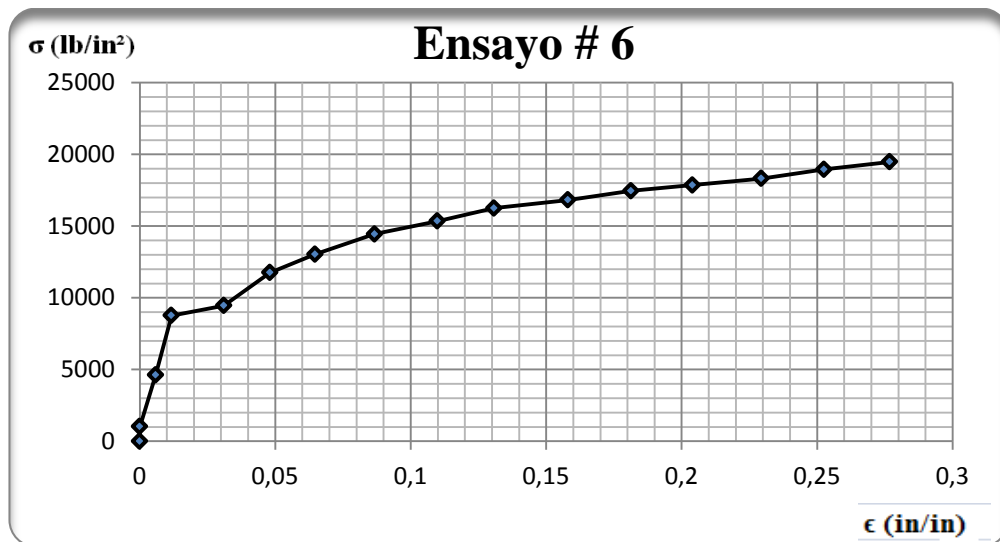
En la gráfica se puede notar que la deformación ocurre a un esfuerzo pequeño y el esfuerzo de fluencia correspondiente a una deformación del 0,2% (0,0005) es de 1200 psi.

**Gráfica 4 .5: Curva de esfuerzo-deformación verdadero**



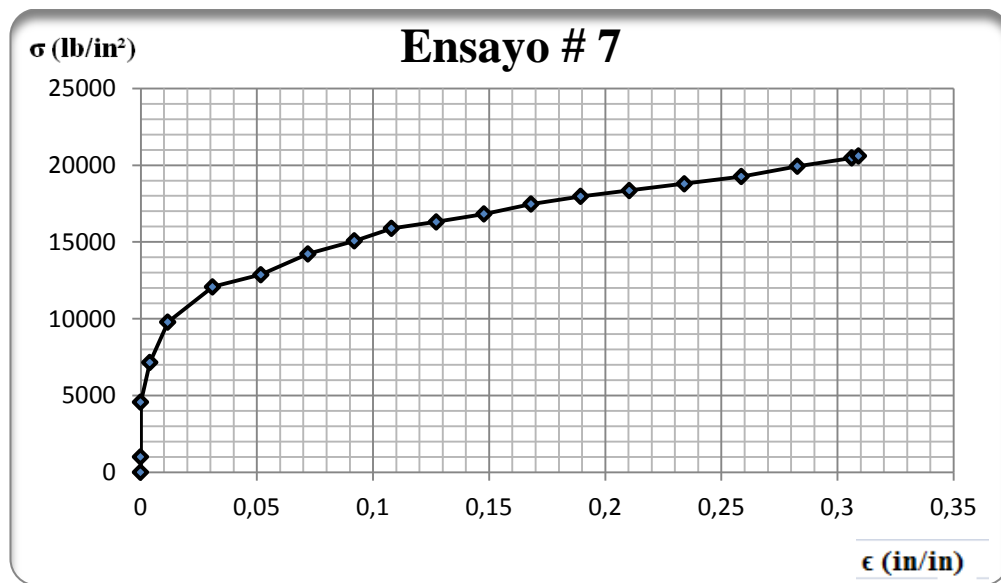
En la gráfica se puede notar que la deformación plástica no tiene el mismo rango de esfuerzo a pesar que se ha utilizado un mismo material, al igual que los cambios de valores de esfuerzos de la misma zona no son significativos.

**Gráfica 4 .6: Curva de esfuerzo-deformación verdadero**



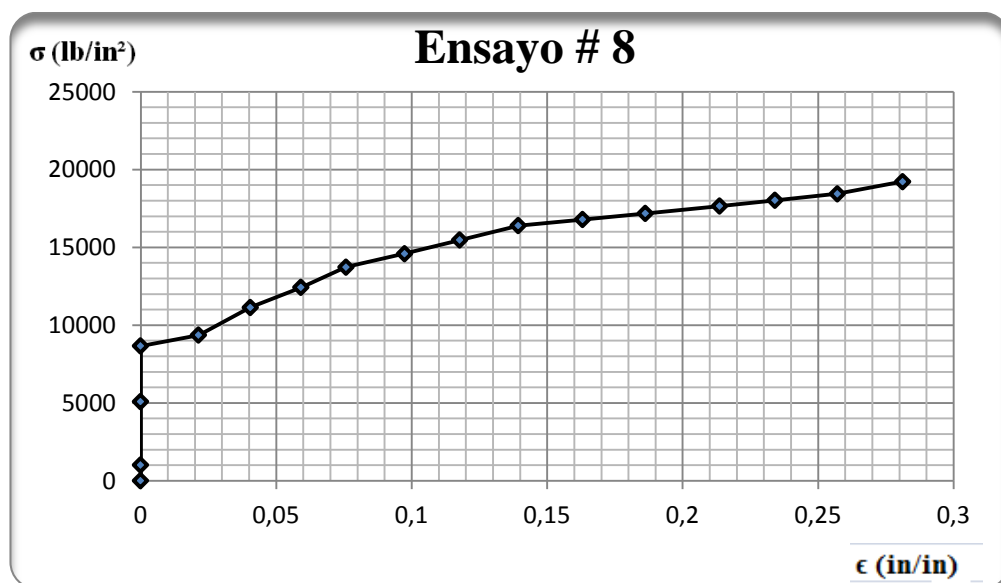
En la presente gráfica se puede observar que la zona elástica se presenta a un esfuerzo inferior al correspondiente para este acero, sin embargo éste presenta una mayor ductilidad, lo cual puede ser favorable en ciertas condiciones en la que no se requiera un esfuerzo mayor.

**Gráfica 4 .7: Curva de esfuerzo-deformación verdadero**



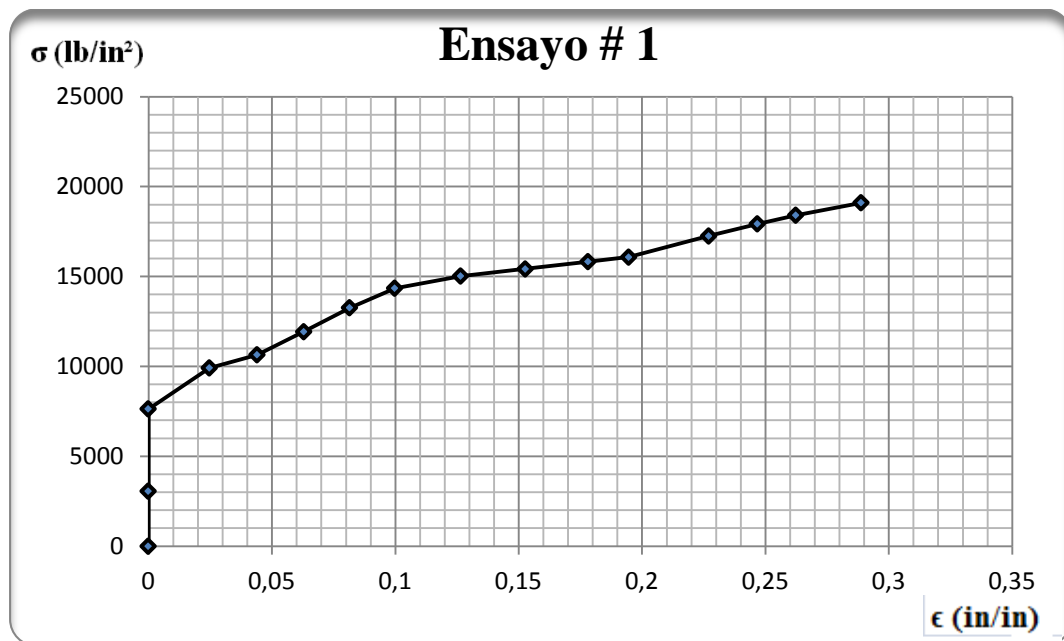
En la siguiente gráfica se observa que hasta el quinto punto la probeta puede deformarse y recuperar su forma original.

**Gráfica 4 .8: Curva de esfuerzo-deformación verdadero**



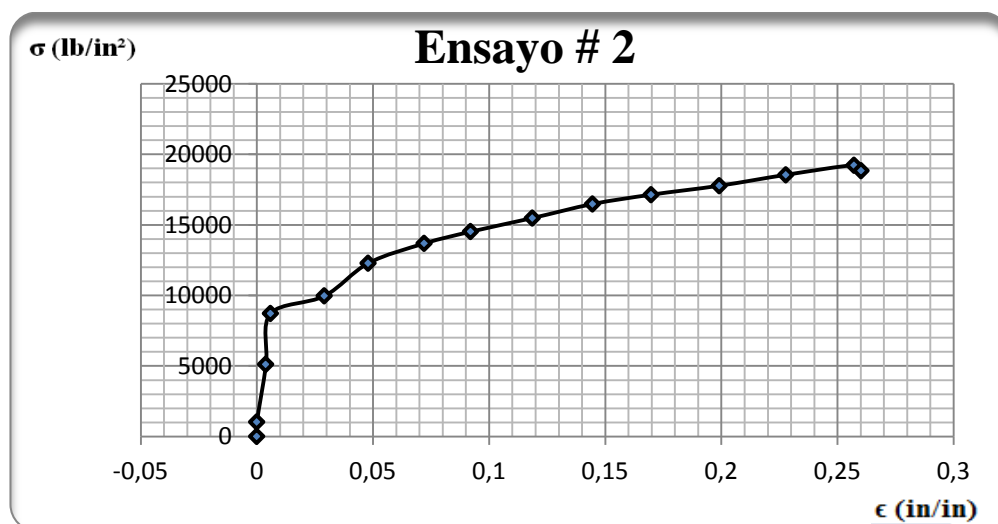
El cambio inmediato de deformación que experimenta esta probeta no es muy común en este tipo de ensayo y significa que el metal luego de cierto esfuerzo pasará a deformarse directamente en la zona plástica pasando de un instante a otro a la zona elástica.

**Gráfica 4.9: Curva de esfuerzo-deformación verdadero (NOVACERO)**



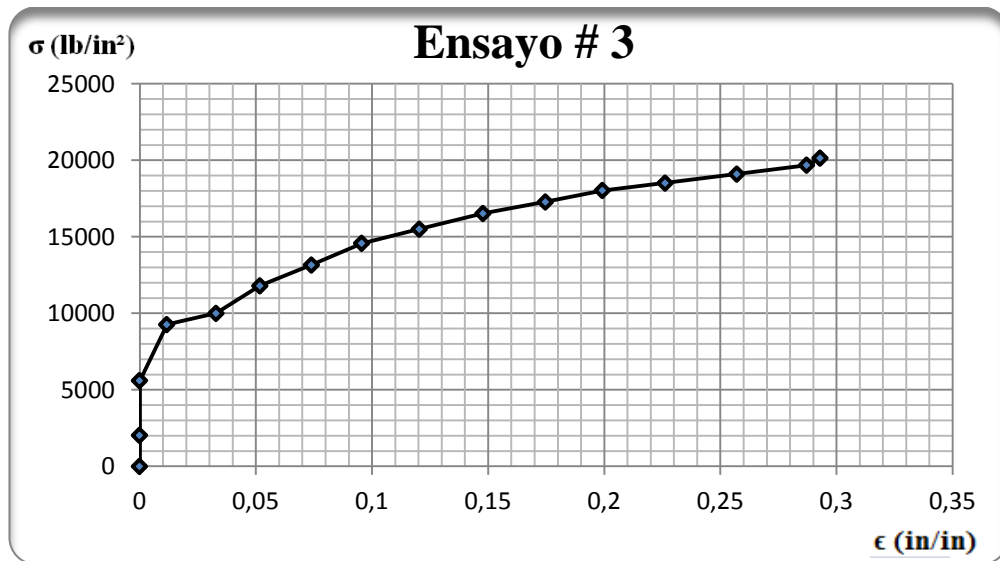
En la gráfica se representa una curva característica del acero A36 con pequeños cambios en su microestructura, comparada con los tabulados en libras, los cuales no son muy significativos, a pesar que el esfuerzo no sea igual al correspondiente para este tipo de acero.

**Gráfica 4.10: Curva de esfuerzo-deformación verdadero (NOVACERO)**



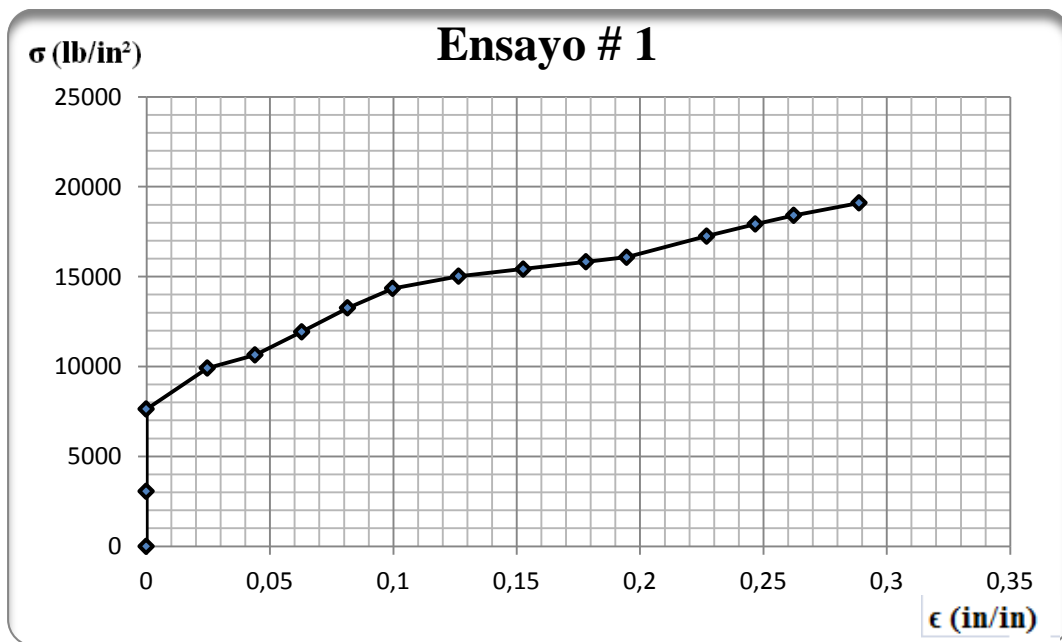
La apariencia de la gráfica esfuerzo deformación de esta probeta tiene cierta similitud a la tabulado en libras, pero existen pequeñas deformaciones que no son normales debido a que en su microestructura se presenta porosidades

**Gráfica 4 .11: Curva de esfuerzo-deformación verdadero (NOVACERO)**



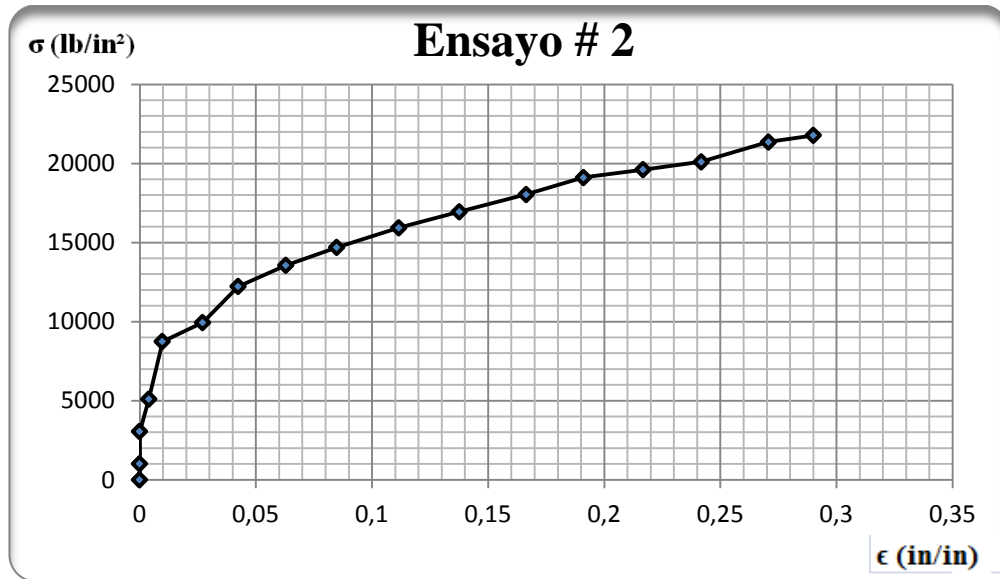
El esfuerzo de fluencia en esta probeta es de 5900 psi, con una deformación de 0,0005 (0,2%), el esfuerzo máximo de fluencia se encuentra en 20000 psi.

**Gráfica 4 .12: Curva de esfuerzo-deformación verdadero (DIPAC)**



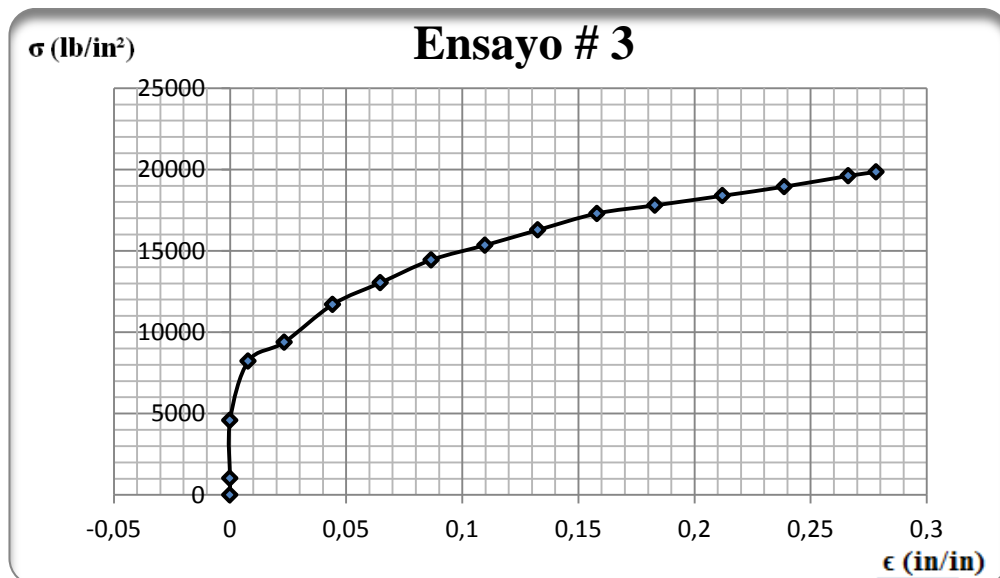
El cambio inmediato de deformación que experimenta esta probeta es común en este tipo de ensayo, también se debe a que existen poros en su microestructura, aunque se denota una ligera caída de esfuerzo, debida a una variación de la toma de datos de los instrumentos.

**Gráfica 4 .13: Curva de esfuerzo-deformación verdadero (DIPAC)**



Esta es una curva característica del ensayo de tensión en la cual se aprecia el esfuerzo máximo de fluencia se encuentra en 21783,37 psi y el esfuerzo de fluencia correspondiente al 0,2 (0,0005) % es de 3500 psi.

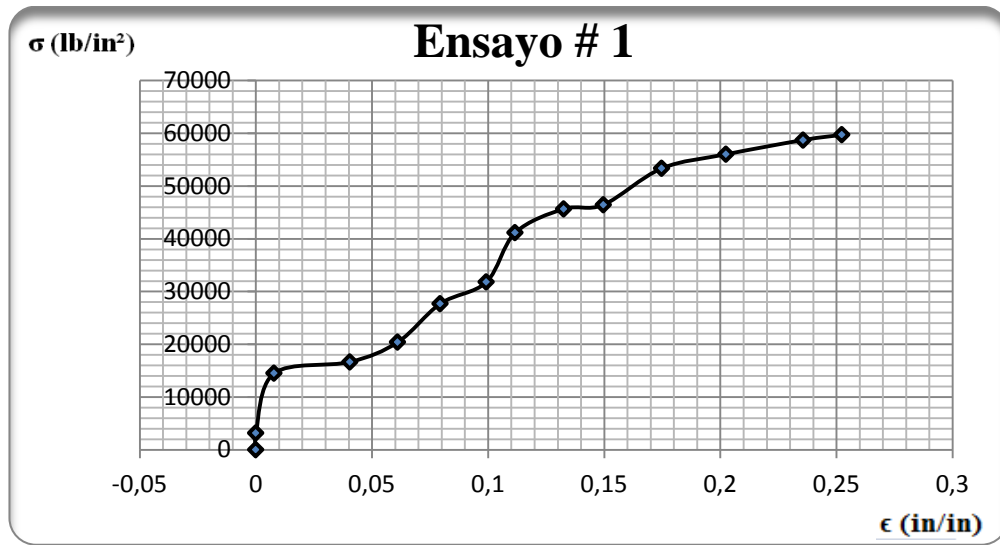
**Gráfica 4 .14: Curva de esfuerzo-deformación verdadero (DIPAC)**



El esfuerzo máximo de fluencia se encuentra en 19844,94 psi y el esfuerzo de fluencia correspondiente al 0,2 % es de 4565 psi.

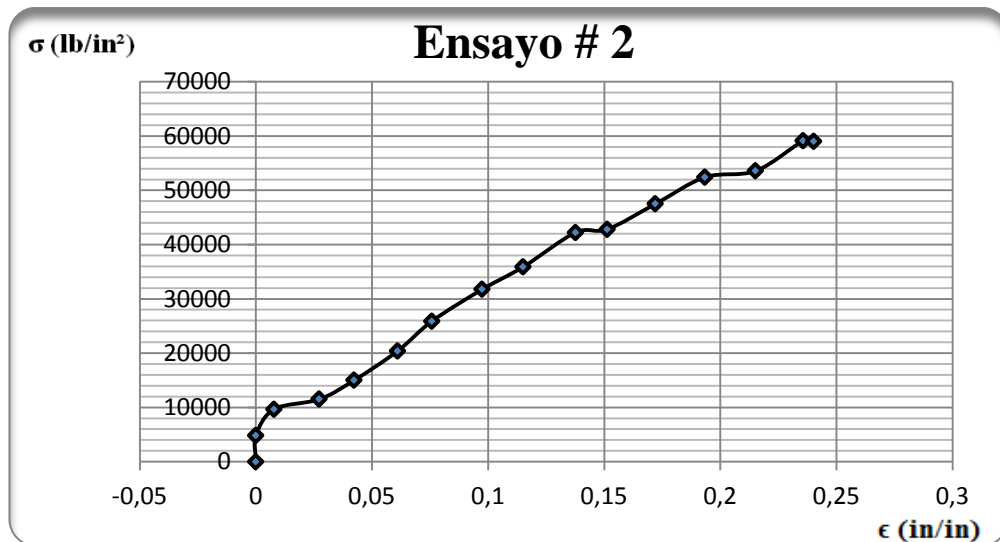
## ENSAYO DE PROBETAS PLANAS (Todas de Adelca)

Gráfica 4 .15: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



En este tipo de probeta se puede apreciar que los valores de esfuerzo están entre los valores tabulados en libras, a pesar que se presenta un valor pequeño en la zona elástica como ocurría en las probetas cilíndricas.

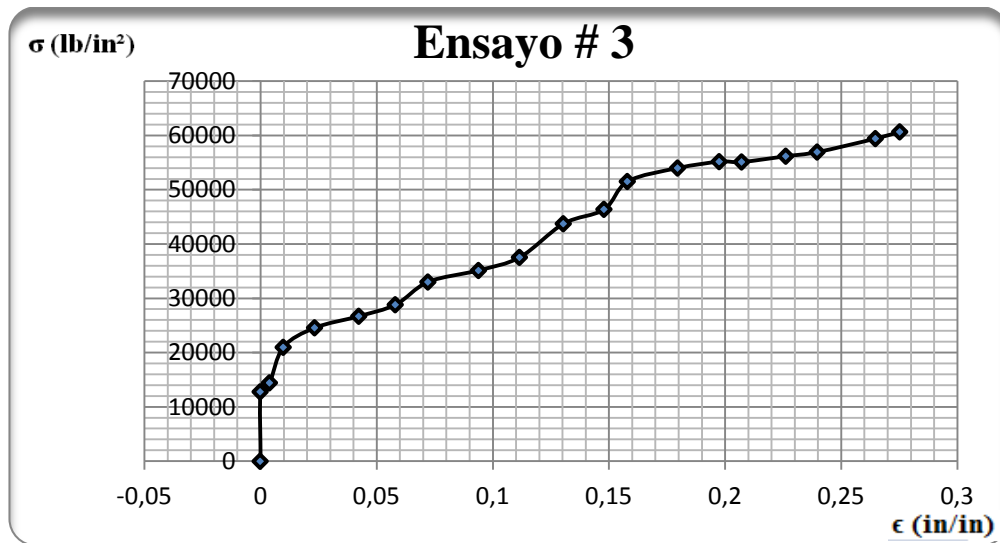
Gráfica 4 .16: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



El esfuerzo de fluencia correspondiente a una deformación del 0,2%, es de 5000 aproximadamente psi. La probeta soporta un esfuerzo máximo de 59004,72 psi, y se observa que la reducción de área se da a un esfuerzo de 42812,59 psi.

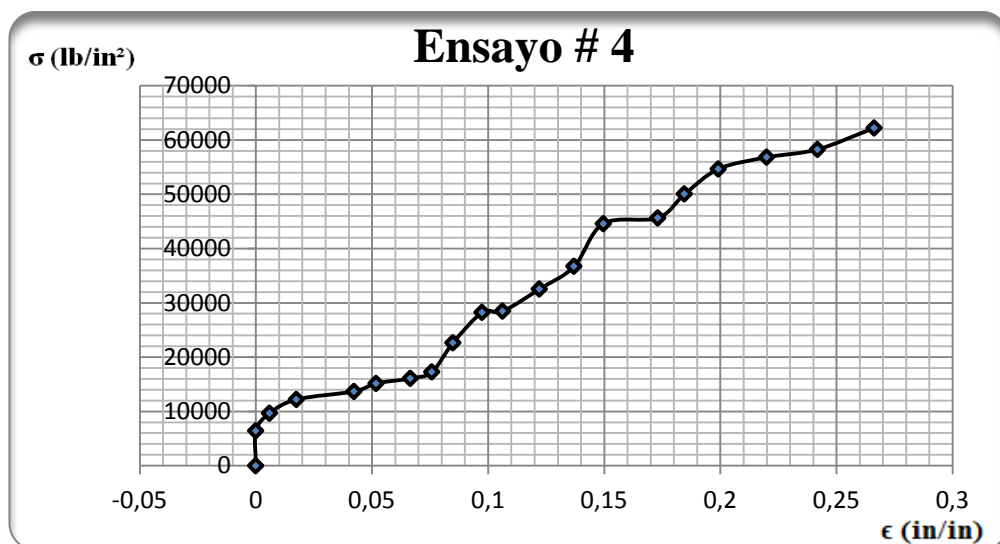


Gráfica 4 .17: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



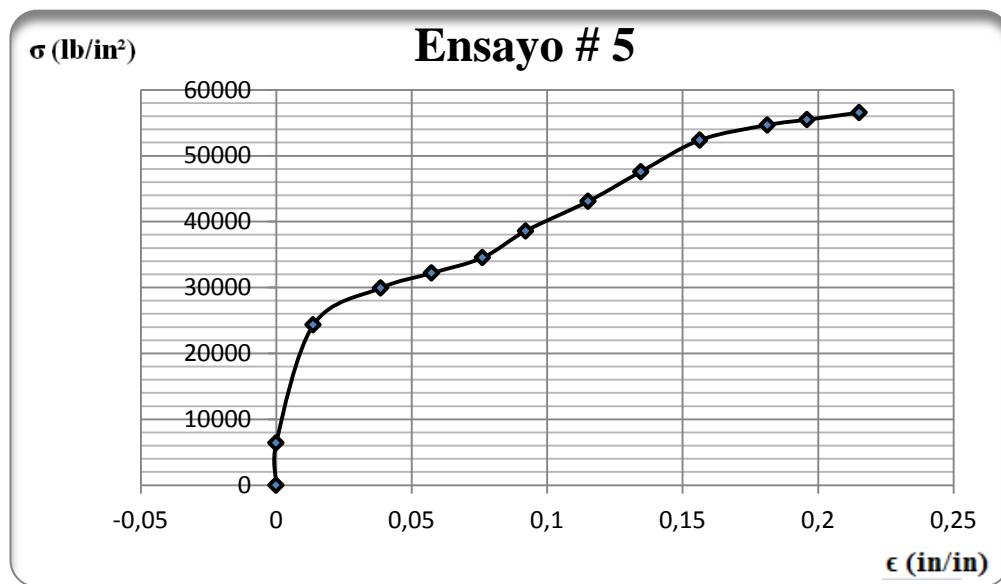
La probeta soporta un esfuerzo máximo de 60684,09 psi, y se observa que la reducción de área se da a un esfuerzo de 43751,81 psi. La apariencia de curva nos indica que este acero es bastante dúctil y que tiene un esfuerzo de fluencia bastante bajo.

Gráfica 4 .18: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



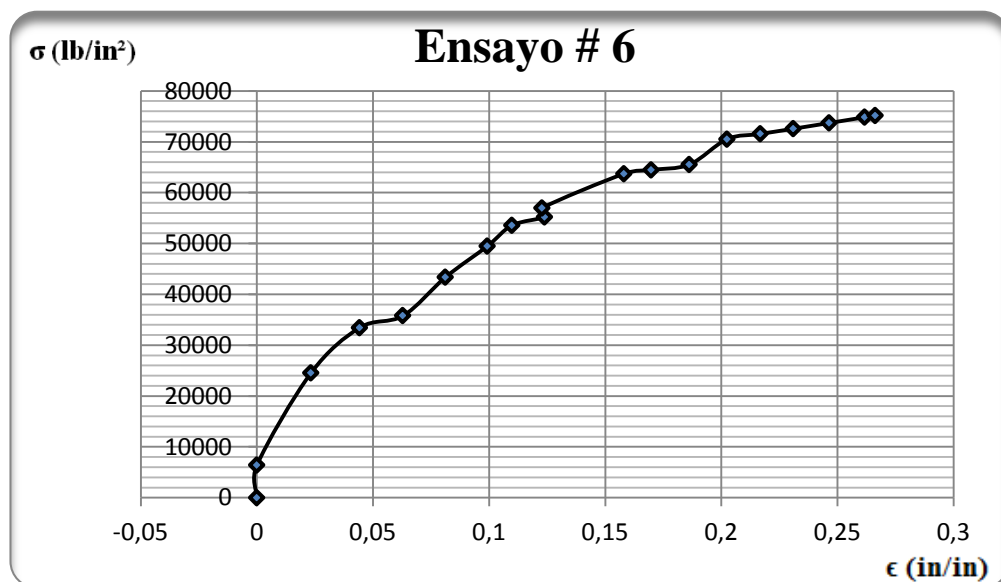
El material bastante dúctil en la zona plástica pero presenta un bajo esfuerzo de fluencia, a pesar que el esfuerzo máximo está entre los valores recomendados, y se observa que la reducción de área se da a un esfuerzo de 44598,42 psi.

Gráfica 4 .19: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



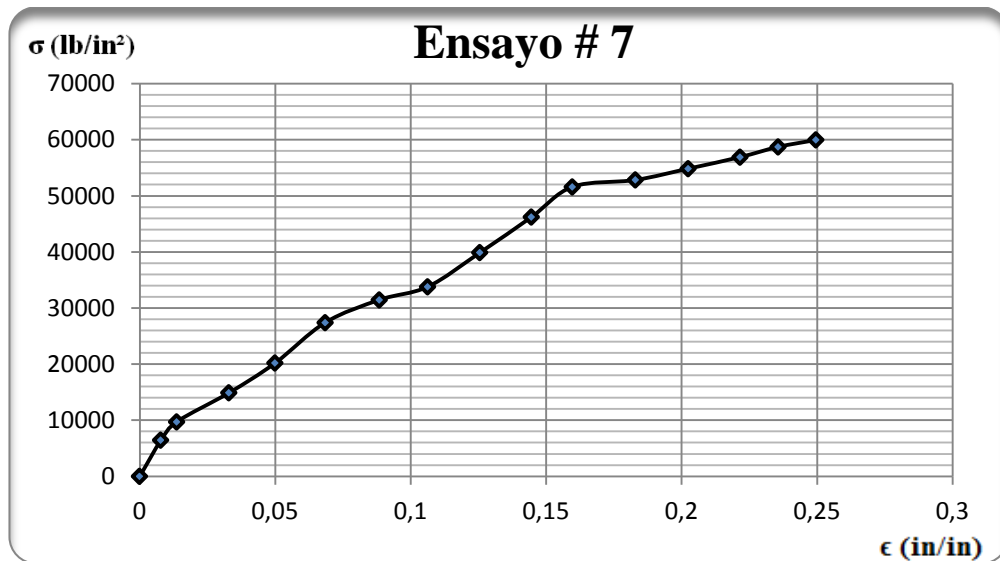
El material presenta una curva característica del acero pero sin embargo el límite de fluencia sigue siendo inferior al del material ensayado, el esfuerzo máximo es de 56551,18 psi.

Gráfica 4 .20: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



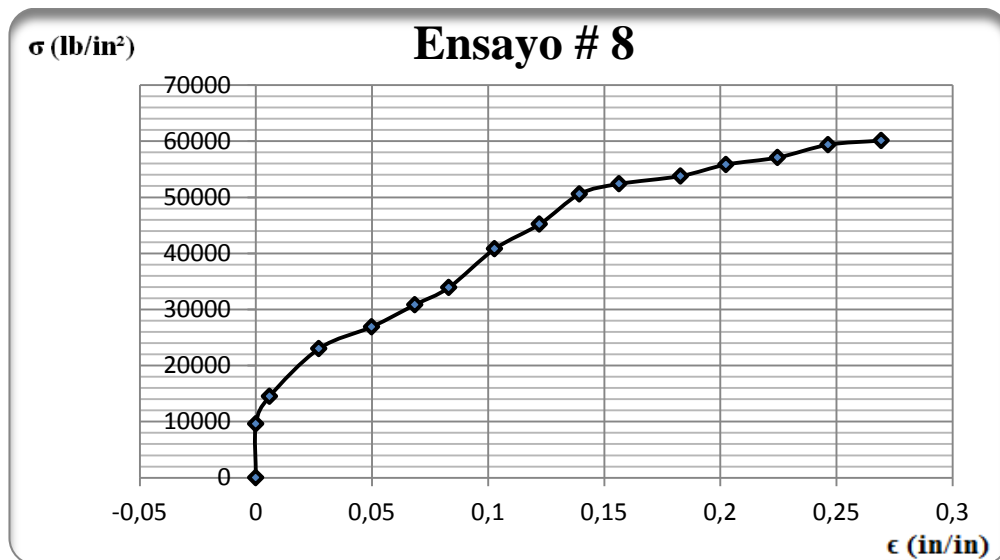
El material presenta nuevamente un pequeño esfuerzo en la zona elástica seguida de un gran desplazamiento en la zona elástica, así mismo el esfuerzo máximo que puede soportar esta entre los valores recomendados.

**Gráfica 4 .21: Curva de esfuerzo-deformación verdadero**



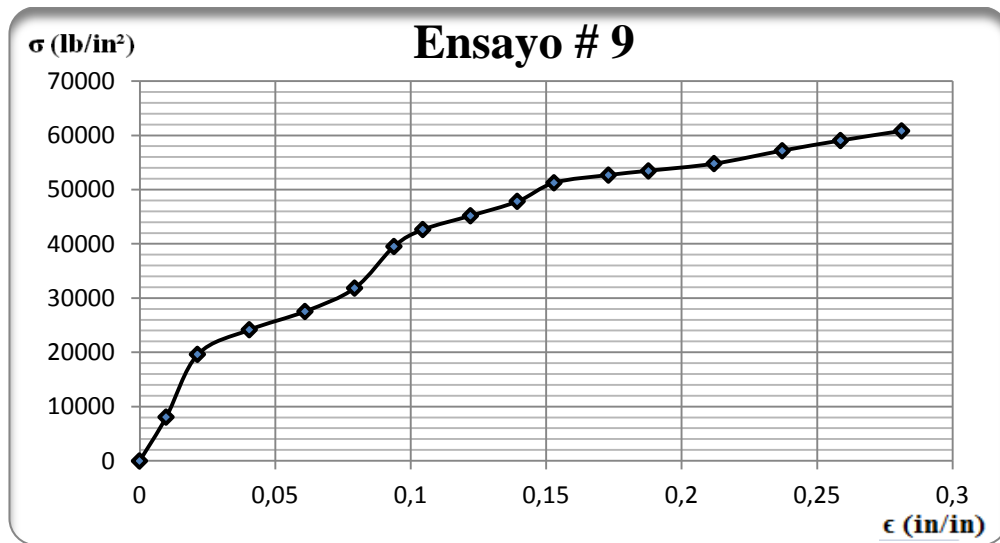
El material presenta nuevamente unos pequeños valores esfuerzo en la zona elástica seguida de un gran desplazamiento en la zona elástica, y se observa que la reducción de área se da a un esfuerzo de 59963,46 psi.

**Gráfica 4 .22: Curva de esfuerzo-deformación verdadero**



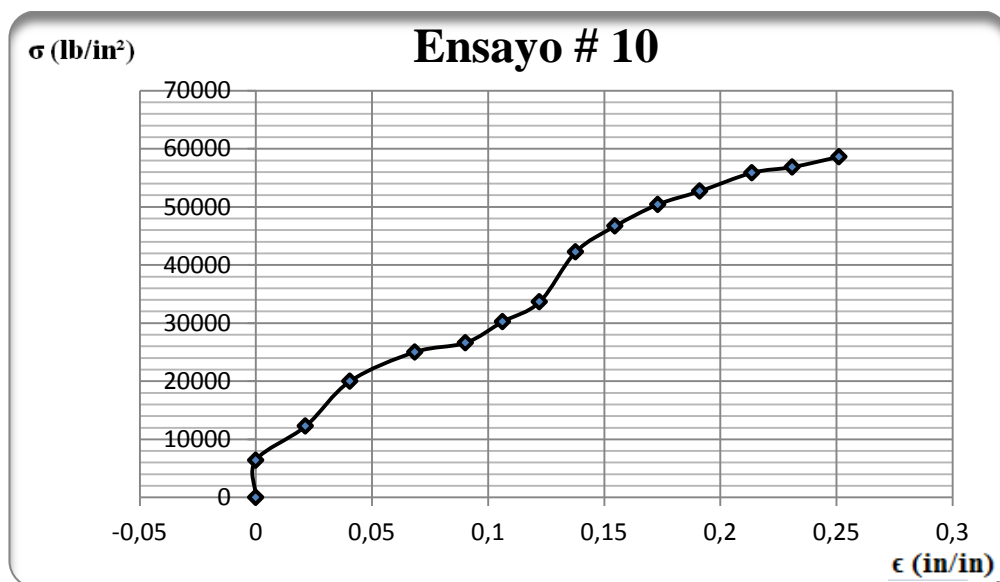
El material presenta nuevamente unos pequeños valores esfuerzo en la zona elástica seguida de un gran desplazamiento en la zona elástica, y se observa que la reducción de área se da a un esfuerzo de 60111,81 psi.

Gráfica 4.23 Curva de esfuerzo-deformación verdadero



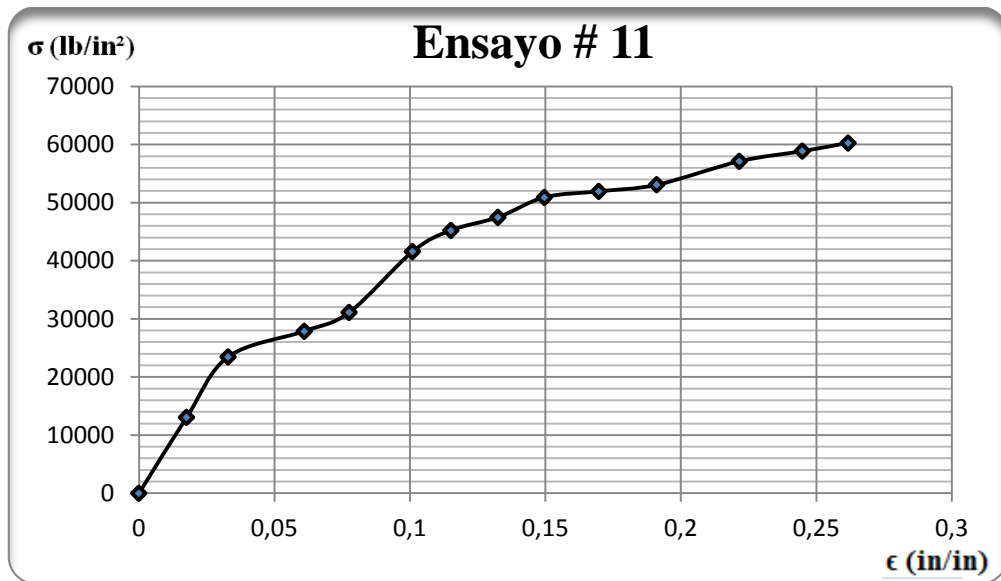
La probeta soporta un esfuerzo máximo de 60834,96 psi, y se observa que la reducción de área se da a un esfuerzo de 52695,43 psi. La apariencia de curva nos indica que este acero es bastante dúctil y que tiene un esfuerzo de fluencia bastante bajo.

Gráfica 4.24: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



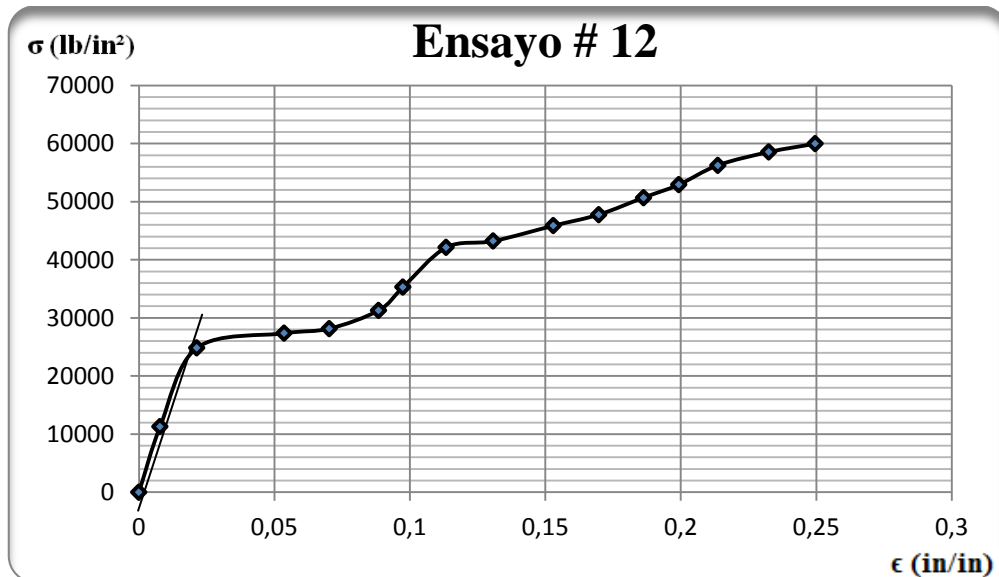
En la gráfica se observa que la zona elástica del material llega hasta un esfuerzo de 6200 aproximadamente, lo cual significa que en este rango la probeta puede volver a su estado original. El esfuerzo máximo de fluencia de 58615,74 psi.

Gráfica 4 .25: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



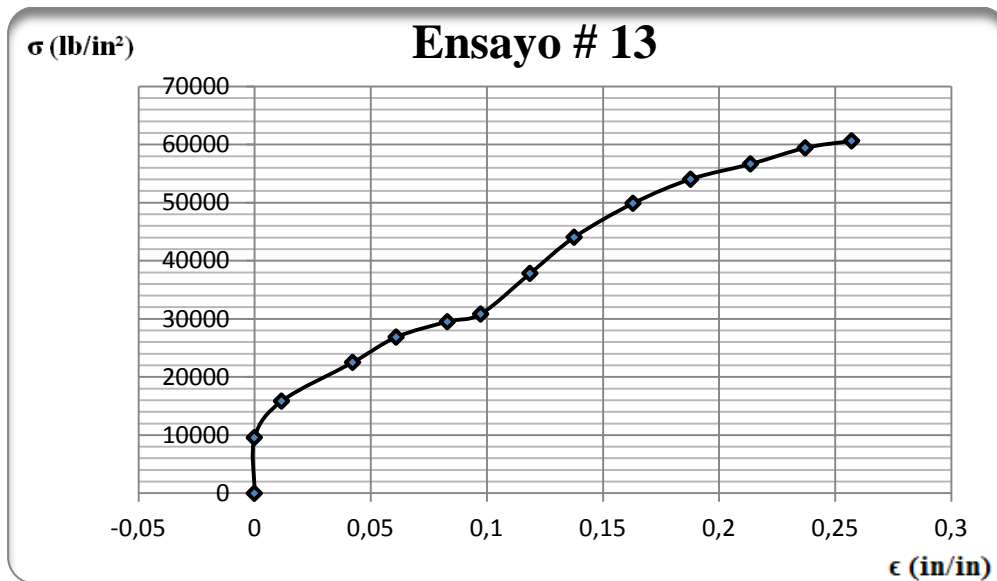
La probeta soporta un esfuerzo máximo de 60283,46 psi, y se observa que la reducción de área se da a un esfuerzo de 51952,12 psi. La apariencia de curva nos indica que este acero es bastante dúctil y que tiene un esfuerzo de fluencia bastante bajo.

Gráfica 4 .26: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



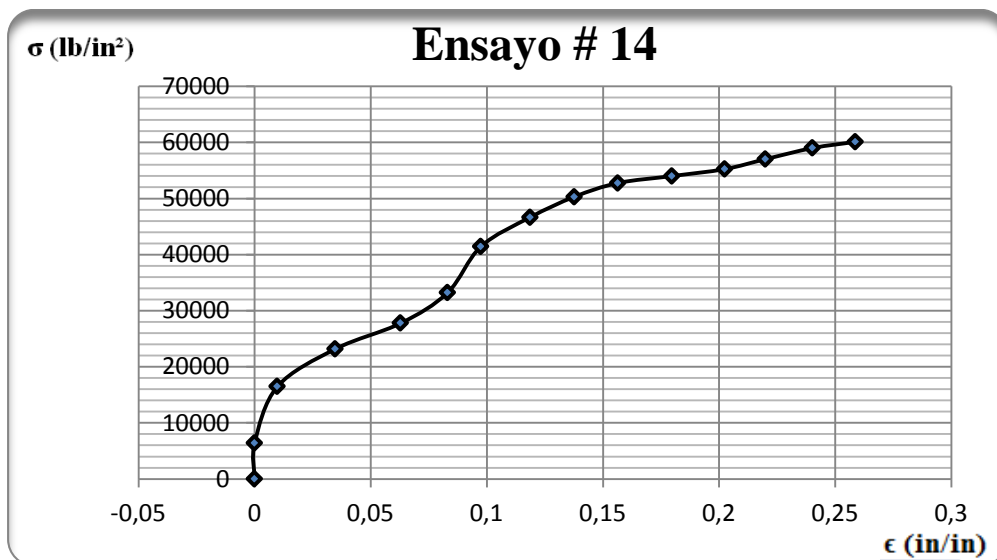
El esfuerzo de fluencia correspondiente a una deformación del 0,2%, es de 23000 psi aproximadamente. La probeta soporta un esfuerzo máximo de 59963,46 psi.

**Gráfica 4 .27: Curva de esfuerzo-deformación verdadero**



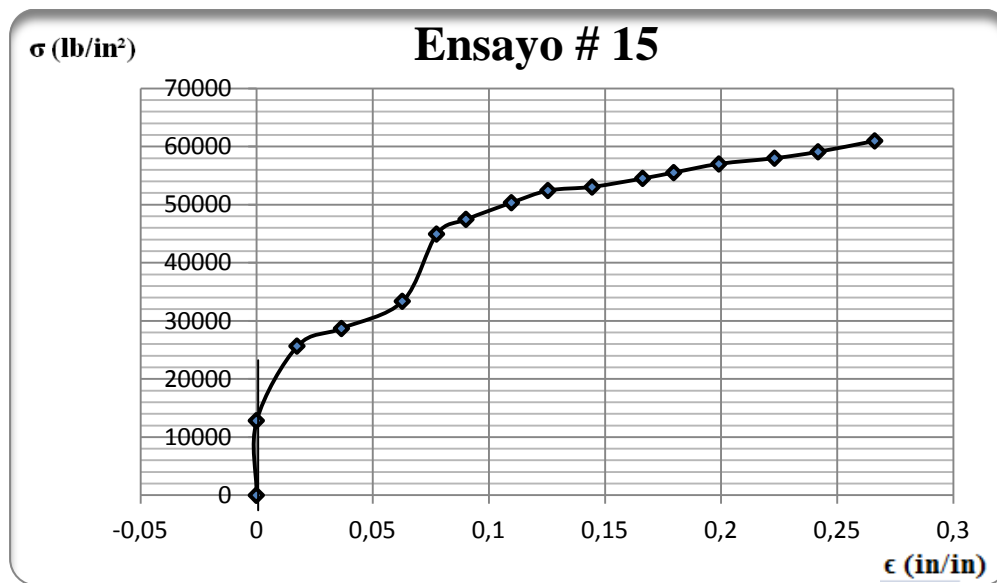
En la gráfica se puede notar que la deformación plástica no tienen el mismo rango de esfuerzo a pesar que se ha utilizado un mismo material en las gráficas anteriores, el esfuerzo de fluencia correspondiente a una deformación de 0,2% es de 10000 psi, el esfuerzo máximo de fluencia es de 60630,23 psi.

**Gráfica 4 .28: Curva de esfuerzo-deformación verdadero**



Como en casi todas las gráficas anteriores se puede notar que el esfuerzo máximo está entre los valores recomendados para este tipo de acero, el esfuerzo máximo es de 60100,78 psi, y el de fluencia del material es de 6200 psi.

Gráfica 4 .29: Curva de esfuerzo-deformación verdadero



El esfuerzo de fluencia correspondiente a una deformación de 0.2%, es de 14000 psi aproximadamente. La probeta soporta un esfuerzo máximo de 60975,11 psi, en la parte en donde se empieza a formar el cuello se observa que no existe mucha diferencia en la reducción del esfuerzo.

**Tabla 4.34: Medidas de ductilidad del acero A-36 en diferentes ensayos**

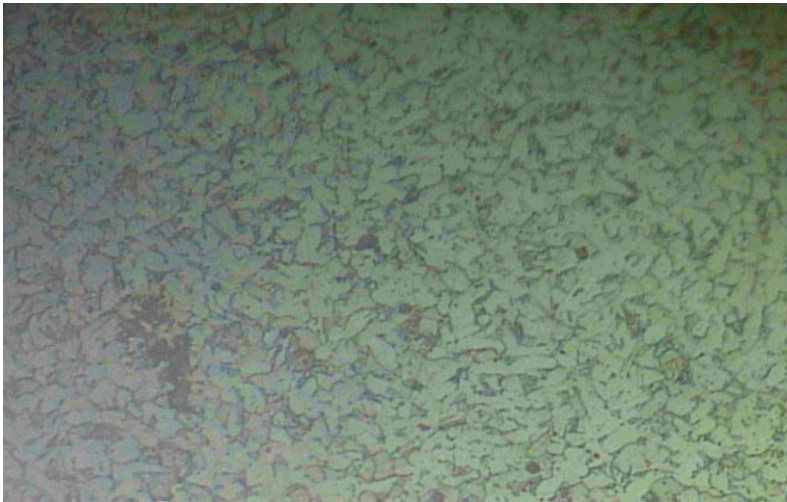
# de probeta	Probetas cilíndricas			Probetas planas		
	% e	% RA	$\sigma$ (máx)	% e	% RA	$\sigma$ (máx)
1	32,48	97,45	19971,57	28,70	90,53	59717,17
2	34,45	97,50	18976,24	27,17	90,53	59004,72
3	30,31	97,36	18985,26	31,69	90,63	60684,09
4	35,63	97,27	20170,07	30,51	90,42	62228,03
5	33,66	97,39	20081,55	27,76	90,73	18095,61
6	31,89	97,47	19479,52	30,51	90,32	75174,80
7	36,22	97,39	20604,78	28,35	90,63	59963,46
8	32,48	97,37	19229,38	30,91	90,42	60111,81
9	33,66	97,39	20166,44	32,48	90,46	60834,96
10	32,09	97,27	18829,36	28,54	90,42	58615,75
11	34,06	97,39	20140,70	29,92	90,32	60283,46
12	29,72	97,39	19105,42	28,35	90,36	59963,46
13				29,33	90,73	60630,24
14				29,53	90,63	60100,79
15				30,51	90,84	60975,12

En la siguiente tabla se puede apreciar valores de deformación unitaria y de porcentaje de reducción de área, valores de los cuales se encuentra entre los límites permisibles de acero estructural (Anexo D.8 Y D.9). Como se observa, las gráficas varían según la velocidad de ensayo, la temperatura, etc., es por tal motivo que la curva esfuerzo deformación tienen diversas formas a pesar que el material utilizado es el mismo.

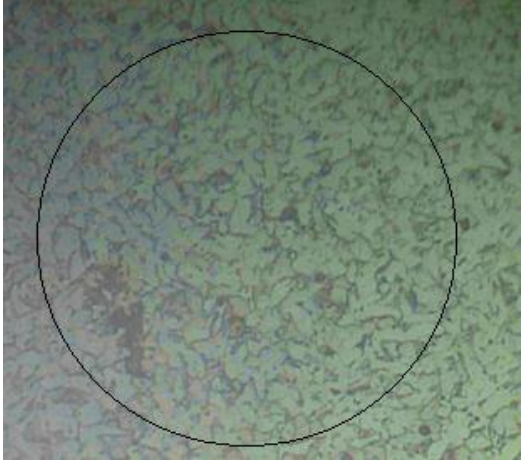
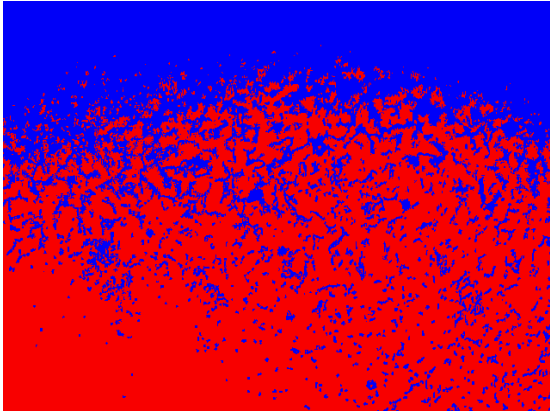
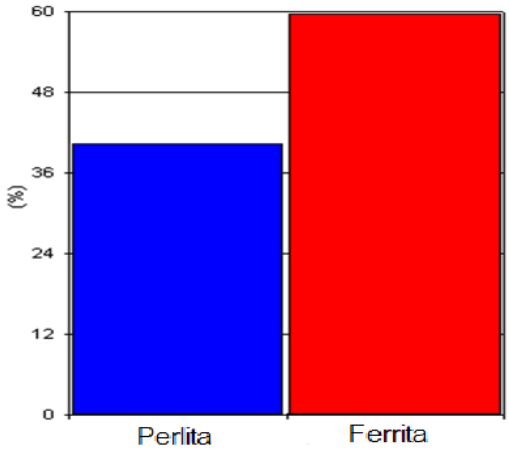


#### 4.2.2 Análisis metalográfico de las probetas ensayadas

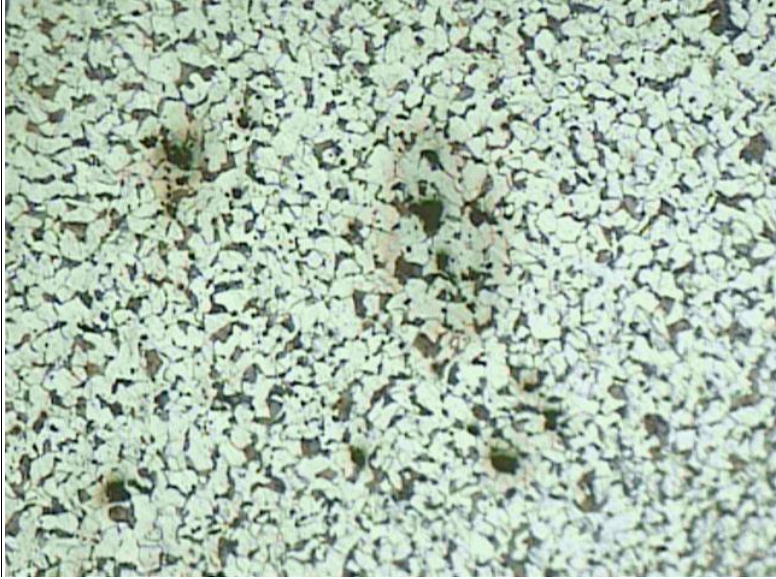
Tabla 4.35: Análisis metalográfico de acero A-36 en condiciones normales.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
Carrera de Ingeniería Mecánica			
ENSAYO METALOGRAFICO			
DATOS INFORMATIVOS			
<b>Probeta:</b>	N° 13	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de materiales - FICM	<b>Fecha del ensayo:</b>	22/06/2011
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>	
PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO			
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial de la muestra:</b>	Pulido mecánico
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
<b>Ataque químico de la superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	4 (sg)
<b># de ensayo:</b>	1		
RESULTADO			
			
Fotografía de la microestructura (100 x)			

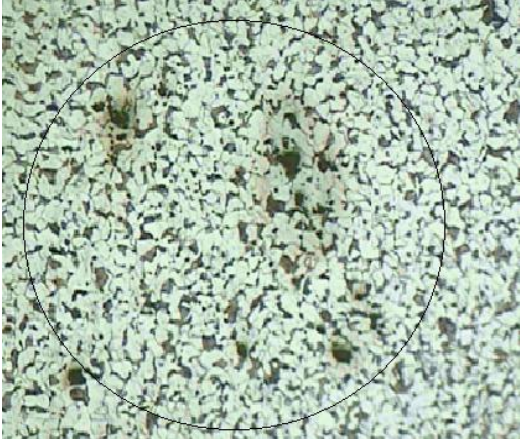
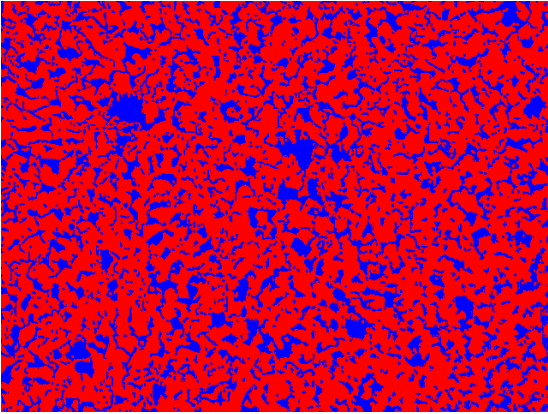
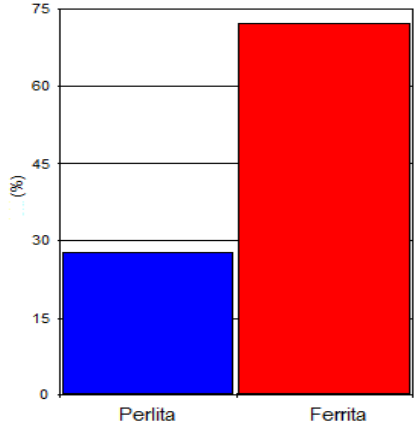
## Evaluación de la microestructura

<b>Determinación del tamaño de grano</b>		<b>Microestructura</b>
<b>Método (ASTM E 112)</b>	Planimétrico	
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = f \left( 360 + \frac{60}{2} \right) = f * 390$ $NA = 2 * 390 = 780$ $G = 3,321918 * \log(NA) - 2,954$ $G = 3,321918 * \log(780) - 2,954$ $G = 6,65 = 6,7$		
Está en el rango estipulado para dicho acero		
<b>Componente microestructural</b>	<b>Porcentajes</b>	
		
Tamaño de grano: 6,7	Ferrita: 59,6 %	Perlita: 40,4 %
<p><b>Interpretación:</b></p> <p>En las gráfica se indica que el porcentaje de los componentes y el tamaño de grano lo cual nos indica que esta en el rango establecido, de acuerdo con el anexo D.7. También se puede observar que la microestructura que se forma en la probeta ensayada es similar a la que se indica metal handbook (Anexo B.1 gráfica1).</p>		

**Tabla 4.36: Análisis metalográfico en la zona de fractura. (Adelca)**

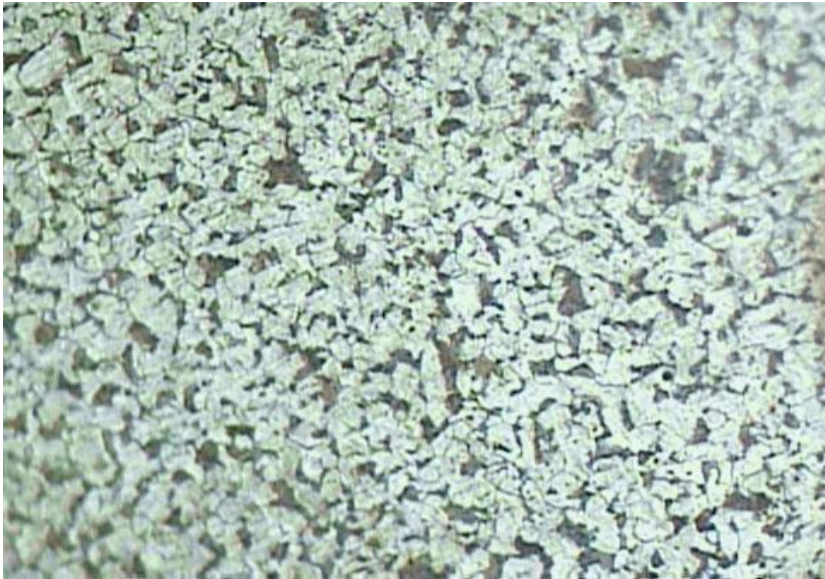
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Probeta:</b>	Nº 13	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de materiales - FICM	<b>Fecha del ensayo:</b>	22/06/2011
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>	
<b>PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO</b>			
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial de la muestra:</b>	Pulido mecánico
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>			
<b>Ataque químico de la superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	4 (sg)
<b># de ensayo:</b>	2		
<b>RESULTADO</b>			
			
<b>Fotografía de la microestructura (100 x)</b>			

## Evaluación de la microestructura

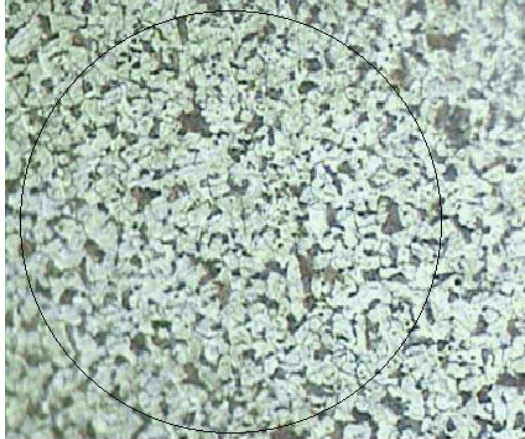
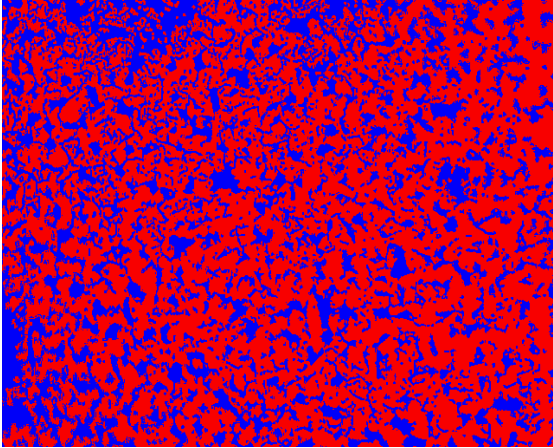
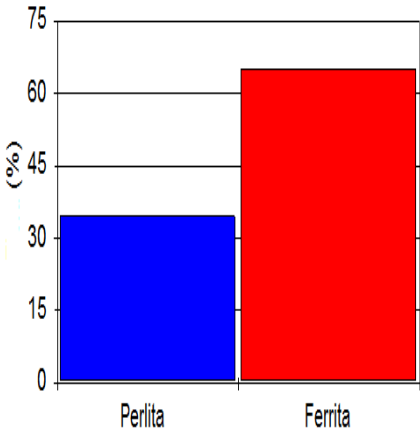
<b>Determinación del tamaño de grano</b>		<b>Microestructura</b>						
<b>Método (ASTM E 112)</b>	Planimétrico							
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = f \left( 440 + \frac{96}{2} \right) = f * 488$ $NA = 2 * 488 = 976$ $G = 3,321918 * \log(NA) - 2,954$ $G = 3,321918 * \log(976) - 2,954$ $G = 6,97 = 7$								
Está en el rango estipulado para dicho acero								
<b>Componente microestructural</b>		<b>Porcentajes</b>						
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>27,7</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>72,3</td> </tr> </tbody> </table>	Componente	Porcentaje (%)	Perlita	27,7	Ferrita	72,3
Componente	Porcentaje (%)							
Perlita	27,7							
Ferrita	72,3							
Tamaño de grano: 7		Ferrita: 72,3 %      Perlita: 27,7 %						
<p><b>Interpretación:</b></p> <p>En siguiente gráfica se indica que el porcentaje de los componentes y el tamaño de grano es buena, lo cual nos indica que esta en el rango establecido, de acuerdo con el anexo D.7.</p>								



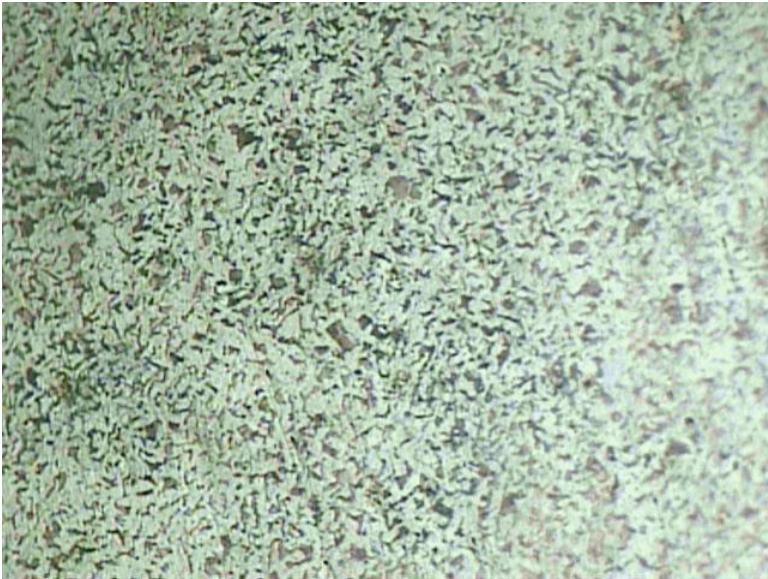
**Tabla 4.37: Análisis metalográfico en la zona de fractura. (Adelca)**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Probeta:</b>	N° 14	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de materiales - FICM	<b>Fecha del ensayo:</b>	22/06/2011
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>	
<b>PARÁMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO</b>			
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial de la muestra:</b>	Pulido mecánico
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>			
<b>Ataque químico de la superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	4 (sg)
<b># de ensayo:</b>	3		
<b>RESULTADO</b>			
			
<b>Fotografía de la microestructura (100 x)</b>			

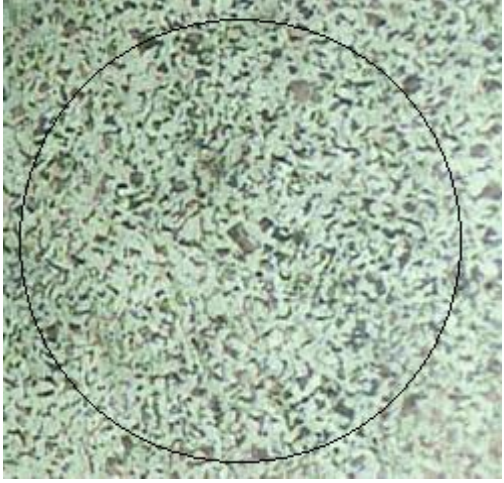
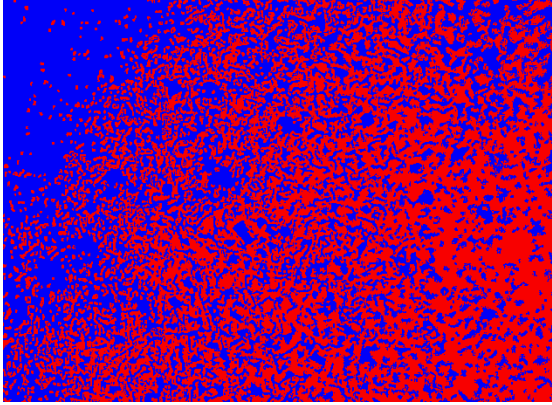
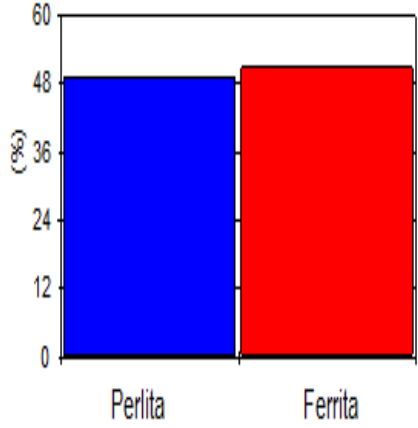
## Evaluación de la microestructura

<b>Determinación del tamaño de grano</b>		<b>Microestructura</b>
<b>Método (ASTM E 112)</b>	Planimétrico	
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = f \left( 428 + \frac{60}{2} \right) = f * 458$ $NA = 2 * 458 = 916$ $G = 3,321918 * \log(NA) - 2,954$ $G = 3,321918 * \log(916) - 2,954$ $G = 6,88 = 6,9$		
Está en el rango estipulado para dicho acero		
<b>Componente microestructural</b>	<b>Porcentajes</b>	
		
Tamaño de grano: 6,9	Ferrita: 65,3 %	Pperlita: 34,7 %
<p><b>Interpretación:</b></p> <p>En siguiente gráfica se indica que el porcentaje de los componentes y el tamaño de grano están en los niveles óptimos, lo cual nos indica que esta en el rango establecido, de acuerdo con el anexo D.7.</p>		

**Tabla 4.38: Análisis metalográfico en la zona de fractura. (Adelca)**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Probeta:</b>	Nº 15	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de materiales - FICM	<b>Fecha del ensayo:</b>	22/06/2011
<b>Temperatura del lugar:</b>	22 °C	<b>Supervisado por:</b>	
<b>PARÁMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO</b>			
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial de la muestra:</b>	Pulido mecánico
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>			
<b>Ataque químico de la superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	4 (sg)
<b># de ensayo:</b>	4		
<b>RESULTADO</b>			
			
<b>Fotografía de la microestructura (100 x)</b>			

## Evaluación de la microestructura


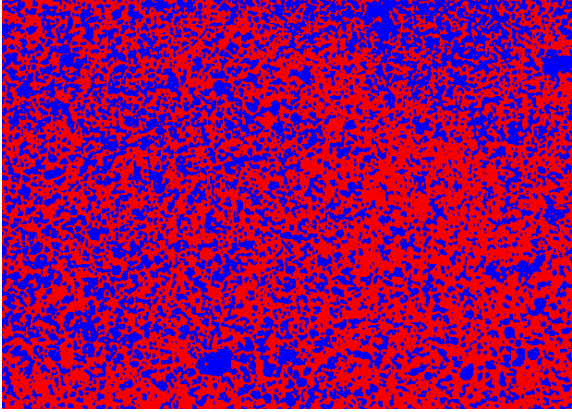
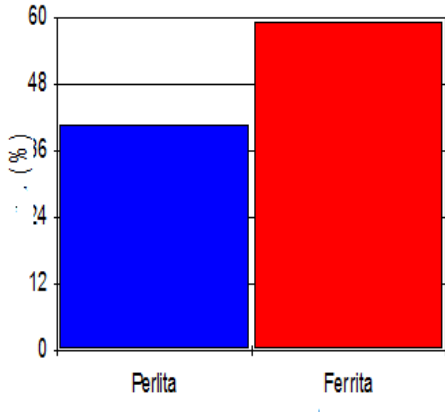
Determinación del tamaño de grano		Microestructura						
<b>Método (ASTM E 112)</b>	Planimétrico							
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = f \left( 520 + \frac{85}{2} \right) = f * 562.5$ $NA = 2 * 562.5 = 1125$ $G = 3,321918 * \log(NA) - 2954$ $G = 3,321918 * \log(1125) - 2954$ $G = 7,18 = 7,2$								
<p>Está en el rango estipulado para dicho acero en la tabla por ,lo tanto es aceptable</p>								
Componente microestructural		Porcentajes						
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>49 %</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>51 %</td> </tr> </tbody> </table>	Componente	Porcentaje	Perlita	49 %	Ferrita	51 %
Componente	Porcentaje							
Perlita	49 %							
Ferrita	51 %							
<p>Tamaño de grano: 7,2</p>		<p>Ferrita: 51 %      Perlita: 49 %</p>						
<p><b>Interpretación:</b></p> <p>En siguiente gráfica se indica que el porcentaje de los componentes y el tamaño de grano están en los niveles óptimos, lo cual nos indica que esta en el rango establecido, de acuerdo con el anexo D.7.</p>								



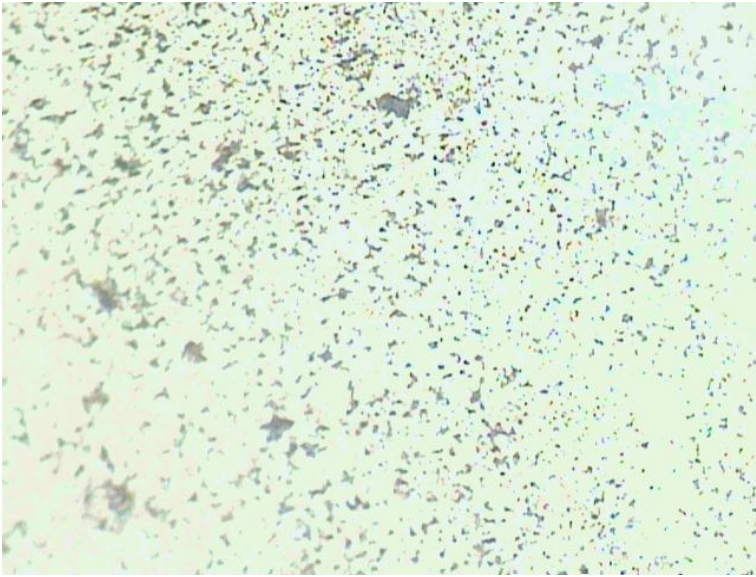
**Tabla 4.39: Análisis metalográfico en condiciones normales. (Novacero)**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Probeta:</b>	Nº 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de materiales - FICM	<b>Fecha del ensayo:</b>	05/09/2011
<b>Temperatura del lugar:</b>	18 °C	<b>Supervisado por:</b>	
<b>PARÁMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO</b>			
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial de la muestra:</b>	Pulido mecánico
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>			
<b>Ataque químico de la superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	4 (sg)
<b># de ensayo:</b>	4		
<b>RESULTADO</b>			
			
<b>Fotografía de la microestructura (100 x)</b>			

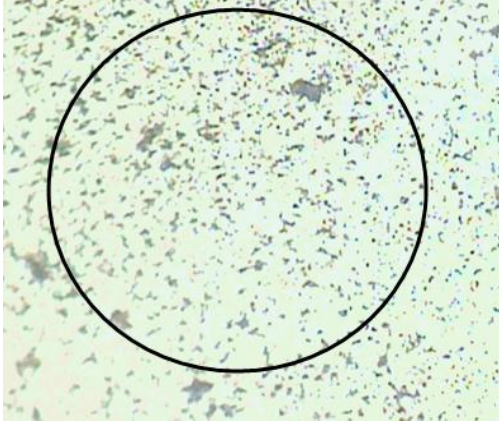
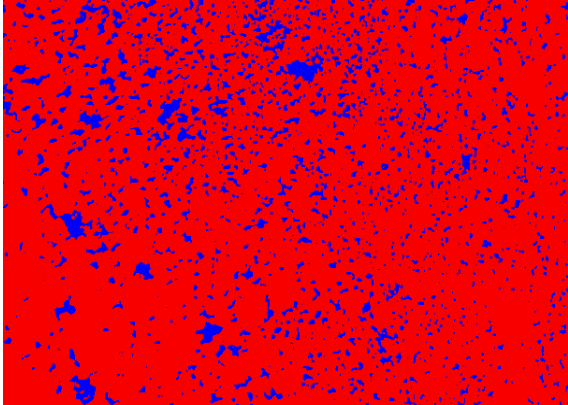
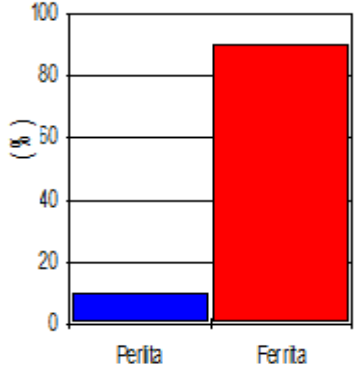
## Evaluación de la microestructura

<b>Determinación del tamaño de grano</b>		<b>Microestructura</b>
<b>Método (ASTM E 112)</b>	Planimétrico	
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = f \left( 870 + \frac{162}{2} \right) = f * 951$ $NA = 2 * 951 = 1902$ $G = 3,321918 * \log(NA) - 2954$ $G = 3,321918 * \log(1902) - 2954$ $G = 7.9 = 8$		
Está en el rango estipulado para dicho acero en la tabla por ,lo tanto es aceptable		
<b>Componente microestructural</b>		<b>Porcentajes</b>
		
Tamaño de grano: 8		Ferrita: 59.2 %
		Perlita: 40.8 %
<p><b>Interpretación:</b></p> <p>En siguiente gráfica se indica que el porcentaje de los componentes y el tamaño de grano están en los niveles óptimos, lo cual nos indica que esta en el rango establecido, de acuerdo con el anexo D.7.</p>		

**Tabla 4.40: Análisis metalográfico en la zona de fractura. (Novacero)**

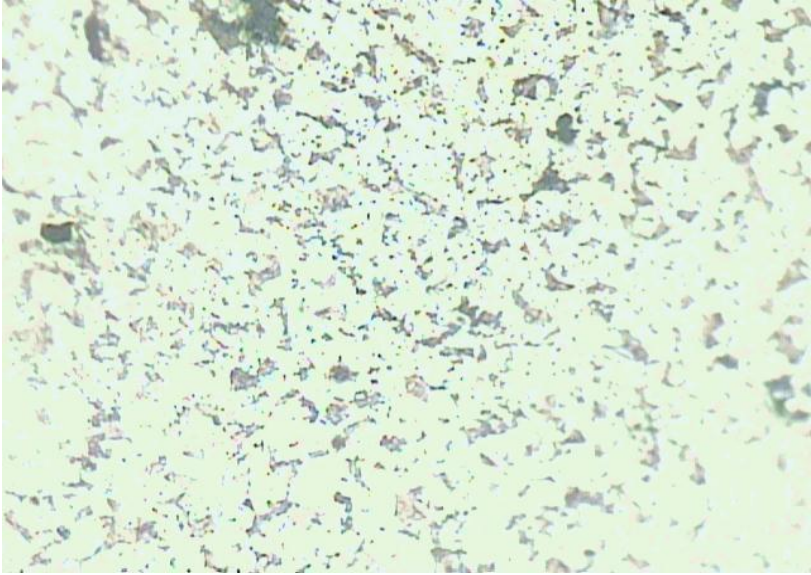
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Probeta:</b>	Nº 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de materiales - FICM	<b>Fecha del ensayo:</b>	05/09/2011
<b>Temperatura del lugar:</b>	18 °C	<b>Supervisado por:</b>	
<b>PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO</b>			
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial de la muestra:</b>	Pulido mecánico
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>			
<b>Ataque químico de la superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	4 (sg)
<b># de ensayo:</b>	4		
<b>RESULTADO</b>			
			
<b>Fotografía de la microestructura (100 x)</b>			

## Evaluación de la microestructura

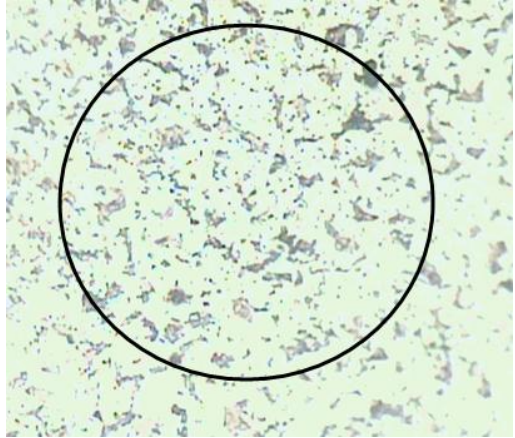
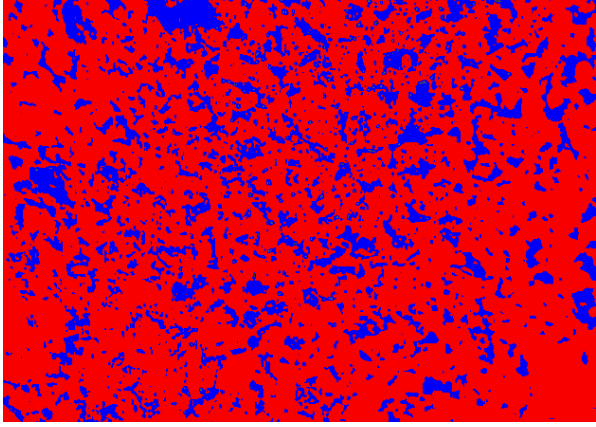
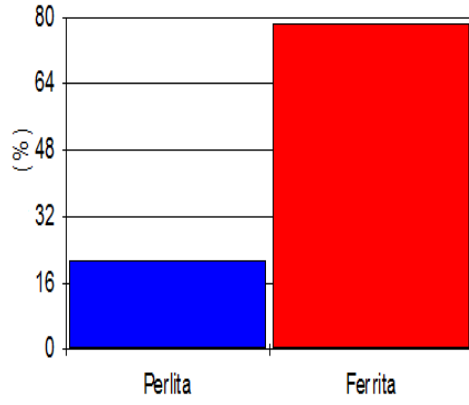
<b>Determinación del tamaño de grano</b>		<b>Microestructura</b>
<b>Método (ASTM E 112)</b>	Planimétrico	
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = f \left( 1032 + \frac{178}{2} \right) = f * 1121$ $NA = 2 * 1121 = 2242$ $G = 3.321918 * \log(NA) - 2954$ $G = 3.321918 * \log(2242) - 2954$ $G = 8.17 = 8.2$		
<p>Está en el rango estipulado para dicho acero en la tabla por ,lo tanto es aceptable</p>		
<b>Componente microestructural</b>	<b>Porcentajes</b>	
		
Tamaño de grano: 8.2	Ferrita: 89.9 %	Perlita: 10.1 %
<p><b>Interpretación:</b></p> <p>En siguiente gráfica se indica que el porcentaje de los componentes no están en los niveles adecuados, a pesar que el tamaño de grano están en los niveles óptimos, esto puede darse, debido a que el ataque químico de la probeta no fue el adecuado o por variación de su microestructura al momento de procesarlo, lo cual nos indica que esta en el rango establecido, de acuerdo con el anexo D.7.</p>		



**Tabla 4.41: Análisis metalográfico en condiciones normales. (Dipac)**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Probeta:</b>	N° 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de materiales - FICM	<b>Fecha del ensayo:</b>	05/09/2011
<b>Temperatura del lugar:</b>	18 °C	<b>Supervisado por:</b>	
<b>PARÁMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO</b>			
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial de la muestra:</b>	Pulido mecánico
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>			
<b>Ataque químico de la superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	4 (sg)
<b># de ensayo:</b>	4		
<b>RESULTADO</b>			
			
<b>Fotografía de la microestructura (100 x)</b>			

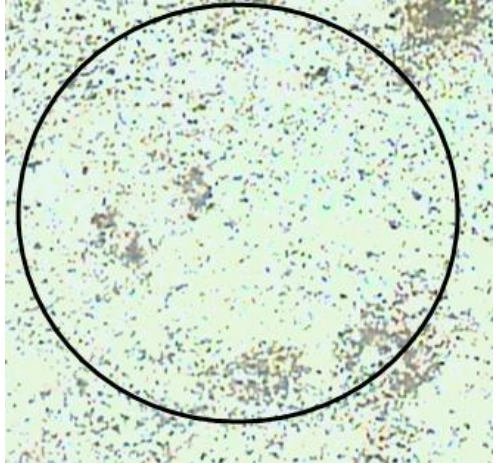
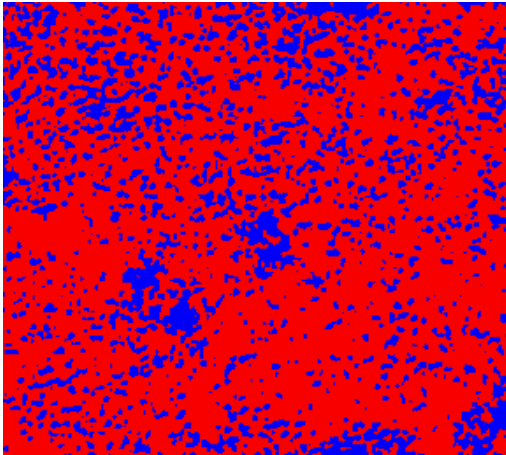
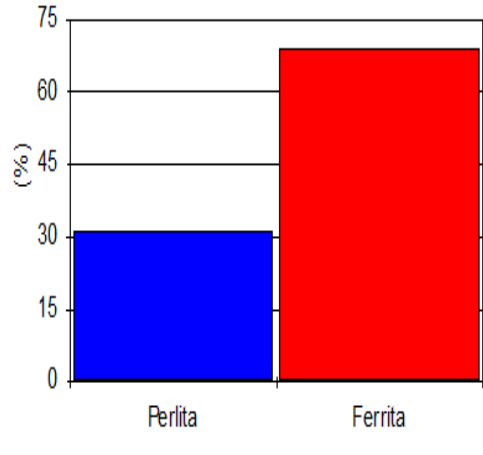
## Evaluación de la microestructura

<b>Determinación del tamaño de grano</b>		<b>Microestructura</b>
<b>Método (ASTM E 112)</b>	Planimétrico	
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = f \left( 532 + \frac{106}{2} \right) = f * 585$ $NA = 2 * 585 = 1170$ $G = 3.321918 * \log(1170) - 2954$ $G = 3.321918 * \log(1170) - 2954$ $G = 7.2$		
Está en el rango estipulado para dicho acero en la tabla por ,lo tanto es aceptable		
<b>Componente microestructural</b>		<b>Porcentajes</b>
		
Tamaño de grano: 7.2		Ferrita: 78.6 %
		Perlita: 21.4 %
<b>Interpretación:</b>		
<p>En siguiente gráfica se indica que el porcentaje de los componentes y el tamaño de grano presentan muy buenas características, lo cual nos indica que esta en el rango establecido, de acuerdo con el anexo D.7.</p>		

**Tabla 4.42: Análisis metalográfico en la zona de fractura. (Dipac)**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Probeta:</b>	Nº 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de materiales - FICM	<b>Fecha del ensayo:</b>	05/09/2011
<b>Temperatura del lugar:</b>	18 °C	<b>Supervisado por:</b>	
<b>PARÁMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO</b>			
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial de la muestra:</b>	Pulido mecánico
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>			
<b>Ataque químico de la superficie:</b>	Nital 4	<b>Tiempo de ataque:</b>	4 (sg)
<b># de ensayo:</b>	4		
<b>RESULTADO</b>			
			
<b>Fotografía de la microestructura (100 x)</b>			

## Evaluación de la microestructura

Determinación del tamaño de grano		Microestructura						
<b>Método (ASTM E 112)</b>	Planimétrico							
$NA = f \left( Ni + \frac{Nint}{2} \right) = f \left( 1112 + \frac{184}{2} \right) = f * 1204$ $NA = 2 * 1204 = 2408$ $G = 3.321918 * \log(2408) - 2954$ $G = 3.321918 * \log(2408) - 2954$ $G = 8.2$								
<p>Está en el rango estipulado para dicho acero en la tabla, por lo tanto, es muy buena.</p>								
Componente microestructural	Porcentajes							
	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>31.1</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>68.9</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	Porcentaje (%)	Perlita	31.1	Ferrita	68.9
Componente	Porcentaje (%)							
Perlita	31.1							
Ferrita	68.9							
Tamaño de grano: 8.2	Ferrita: 68.9 %	Perlita: 31.1 %						
<p><b>Interpretación:</b></p> <p>En siguiente gráfica se indica que el porcentaje de los componentes y el tamaño de grano están en los niveles óptimos, lo cual nos indica que esta en el rango establecido, de acuerdo con el anexo D.7.</p>								



**Tabla 4.43: Comparación de resultados**

<b>Comparación de las propiedades teóricas y experimentales</b>				
<b>Propiedades</b>	<b>valor teórico (anexo A.1)</b>	<b>valor experimental</b>		
		<b>Adelca</b>	<b>Novacero</b>	<b>Dipac</b>
<b>resistencia mínima a la tracción (psi)</b>	36000	5462,188	3404,126	1633,819
<b>resistencia máxima a la tracción (psi)</b>	80000	18985,26	20166,44	19105,42
<b>% de alargamiento</b>	26	30,31	33,66	29,72

Fuente: Autor

**Tabla 4.44: Comprobación de propiedades**

<b>Comprobación de las propiedades teóricas y experimentales</b>				
<b>Propiedades</b>	<b>valor teórico (anexo A.1)</b>	<b>valor experimental</b>		
		<b>M. universal</b>	<b>M. secap</b>	<b>M. construida</b>
<b>resistencia mínima a la tracción (psi)</b>	36000	672.872	25570	5462,188
<b>resistencia máxima a la tracción (psi)</b>	80000	31076.428	55913,87	18985,26
<b>% de alargamiento</b>	26	31,89	31,65	30,31

Fuente: Autor

### 4.3 Análisis estadístico

En el siguiente análisis estadístico se toman en cuentas los dos tipos de probetas que se sometieron al estudio (probetas cilíndricas y planas).

A continuación se indican las ecuaciones necesarias para este análisis:

s = desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N}} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

$\bar{x}$  = media aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

N = número de ensayos

$v$  = grados de libertad

$$v = N - 1 \quad \text{Ecuación 4.3}$$

### Probetas cilíndricas

Con base en un nivel de confiabilidad del 95% de probabilidad efectiva se tiene:

$$\bar{x} \pm t_{,975} \left( \frac{s}{\sqrt{N-1}} \right); \quad \text{Ecuación 4.4}$$

$$v = N - 1;$$

$$v = 12 - 1 = 11$$

Con  $v = 11$  y  $t_{,975}$  se tiene: (**anexo B2**),

$$t_{,975} = 2.20,$$

Luego, de la **tabla 4-45 de los anexos**, con  $\bar{x} = 4350,255$  y  $s = 2361,80573$ , los límites de confianza del 95% buscados son:

$$4350,255 \pm 2.20 \left( \frac{2361,80573}{\sqrt{12-1}} \right);$$

$$4350,255 \pm 1586,68$$

$$5936,94; 2763,56 \text{ psi}$$

**Porcentaje de deformación %  $e$** , (Ecuación 2.3)

$$\% e = \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100,$$

De la **tabla 4-47 de los anexos**,  $\bar{x} = 33,11$ ,  $s = 2,04$ , y asumiendo una distribución normal:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Como para los acero estructurales el % e se encuentra entre el 20 a30 %, tenemos (para el análisis utilizaremos el 26 %, valor que esta estipulado en los anexos D8 y D9)

$$z = \frac{26 - 33,11}{2,04} \qquad z = \frac{30 - 33,11}{2,04}$$

$$z = -3,48 \qquad z = -1,52$$

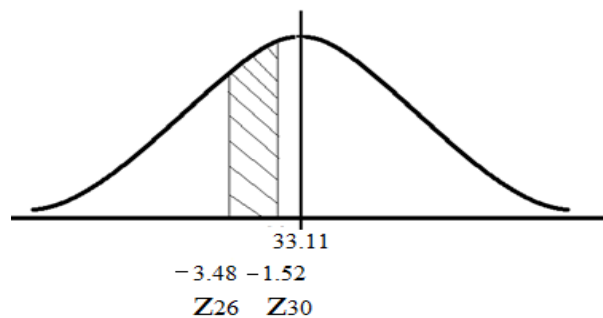
Del **anexo B3** para  $z = -3,48$  y  $z = -1,52$ , se tiene 0,0003 y 0,0643 respectivamente,

$$\phi(z_{26}) = 0,0003 \qquad \phi(z_{30}) = 0,0643$$

$$p = \phi(z_{30}) - \phi(z_{26}) \quad \text{Ecuación 4.6}$$

$$p = 0,0643 - 0,0003$$

$$p = 0,064$$



### Esfuerzos de fluencia

De la **tabla 4-45 de los anexos**,  $N=12$ ,  $\bar{x} = 4350,25$ ,  $s = 2361,81$

$$t = \frac{\bar{x} - x}{s} * \sqrt{N - 1}$$

$$t = \frac{4350,25 - 8673,28}{2361,81} * \sqrt{12 - 1}$$

$$t = -6,07$$

Para un nivel de significación de 0.01, si  $t > t_{99}$  para  $v = 11$  es aceptable, caso contrario se rechaza.

Del **anexo B2**, para  $t_{99}$  y  $v = 11$ , se tiene un valor de -2.7181, lo cual es aceptable.

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

$$z = \frac{8673,28 - 4350,25}{2361,81}$$

$$z = 1,83$$

Del **anexo B3**, para  $z = 1,83$ , se tiene un valor de 0.9664 de probabilidad.

### **Probetas planas**

Con base en un nivel de confiabilidad del 95% de probabilidad efectiva, se tiene:

$$\bar{x} \pm t_{,975} \left( \frac{s}{\sqrt{N - 1}} \right);$$

$$v = N - 1;$$

$$v = 15 - 1 = 14$$

Con  $v = 14$  y  $t_{,975}$  se tiene: (**anexo B2**),

$$t_{,975} = 2.14,$$

Luego, de la **tabla 4-46 de los anexos**, con  $\bar{x} = 6270,67$  y  $s = 4437,64$ , los límites de confianza del 95% buscados son:

$$6270,67 \pm 2.14 \left( \frac{4437,64}{\sqrt{15-1}} \right);$$

$$6270,67 \pm 2538,06$$

$$8808,73; 3732,61 \text{ psi}$$

**Porcentaje de deformación % e**

$$\% e = \frac{l_f - l_o}{l_o} * 100,$$

De la **tabla 4-48 de los anexos**,  $\bar{x} = 29,68$ ,  $s = 1,53$  y asumiendo una distribución normal:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

Como para los acero estructurales el % e se encuentra entre el 20 a30 %, tenemos (para el análisis utilizaremos el 26 %, valor que esta estipulado en los Anexos D8 y D9).

$$z = \frac{26 - 29,68}{1,53}$$

$$z = \frac{30 - 29,68}{1,53}$$

$$z = -2,40$$

$$z = -0,21$$

Del **anexo B3** para  $z = -2,40$  y  $z = 0,21$ , se tiene 0,0003 y 0.0643 respectivamente,

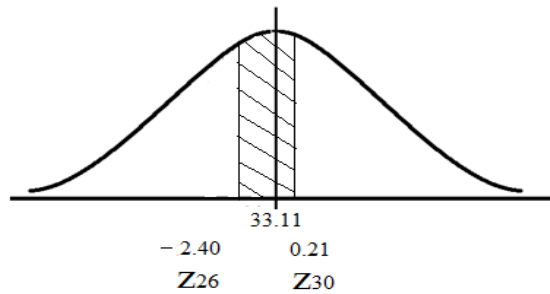
$$\phi(z_{26}) = 0,0082$$

$$\phi(z_{30}) = 0,5832$$

$$p = \Phi(z_{30}) - \Phi(z_{26})$$

$$p = 0,5832 - 0,0082$$

$$p = 0,575$$



### Esfuerzos de fluencia

De la **tabla 4-45 de los anexos**,  $N=15$ ,  $\bar{x} = 6270,67$ ,  $s = 4437,64$

$$t = \frac{\bar{x} - x}{s} * \sqrt{N - 1}$$

$$t = \frac{6270,67 - 13227,11}{4437,64} * \sqrt{15 - 1}$$

$$t = -5,86$$

Para un nivel de significación de 0.01, si  $t > t_{99}$  para  $v = 14$  es aceptable, caso contrario se rechaza

Del **anexo B2**, Para  $t_{99}$  y  $v = 14$ , se tiene un valor de -2.6245, lo cual es aceptable.

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

$$z = \frac{13227,11 - 6270,67}{4437,64} = 1,56$$

Del **anexo B3**, para  $z = 1,56$ , se tiene un valor de 0.9406 de probabilidad.

#### 4.4 Verificación de la hipótesis

Los niveles del límite de elasticidad del acero en mención en los ensayos realizados en la máquina construida están entre 5936,94 y 2763,56 psi, en las probetas cilíndricas y entre 8808,73 y 3732,61 psi, en las probetas planas, aunque el alargamiento mínimo este entre los valores recomendados, llegando a la deducción que disminuye su resistencia a la tracción.

Mediante el estudio del comportamiento del acero A36 en ensayos de tracción se observó e identificó los diferentes esfuerzos al que el material fue sometido, indicándonos un esfuerzo de fluencia medio de 4350,255 psi en probetas cilíndricas y 6270,677 psi en probetas plana, un poco bajo al que esta tabulado en tablas, lo que representa que el material empieza su deformación permanente a un esfuerzo bajo y sin embargo este puede deformarse en una cantidad mayor antes que ocurra la fractura.

Otra situación muy importante que hay que tener en cuenta para dictaminar criterios sobre fallas en elementos estructurales, es la uniformidad del material, puesto que si existe alguna anomalía en el material, como por ejemplo: esfuerzos al momento de transportarse o algún otro defecto, este variaría sus propiedades y no tendría la capacidad de resistir los esfuerzos para el cual fue diseñado.

En las gráficas y en la tabla 4.34, también se pueden apreciar los esfuerzos máximos del material ensayado, los cuales nos indican que en las probetas de sección circular presentan valores bastantes bajos debido a que el área transversal la probeta es mayor a la de sección rectangular, por consiguiente presenta mayor zona de porosidad debido a que estos son procesados a partir de la chatarra, esto se debe también a que los instrumentos de medición de fuerza no son tan precisos.

Se puede apoyar la hipótesis de que además de ensayos de tensión para determinar la calidad de acero que se fabrica a nivel nacional, es importante también otros ensayos como el ensayo metalográfico.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- A medida que el ensayo se realiza con un mayor esfuerzo, y a una mayor velocidad, la probeta pasa más rápidamente a la zona plástica.
- Mientras más rápido pase la probeta de la zona elástica a la plástica con un menor esfuerzo, existe mayor probabilidad de falla de la probeta por plasticidad.
- Al disminuir la velocidad del ensayo, el resultado del cálculo de las propiedades no son tan precisos, debido a que en la curva de esfuerzo-deformación no se diferenciaba correctamente las tres zonas características.
- El esfuerzo máximo al que se llega a fracturar la probeta es de 45500 psi, valor que se encuentra por debajo de los límites recomendados para este tipo de acero que es de 50 a 80 kpsi.
- La temperatura a que se realiza el ensayo influye mucho en los resultados ya que a mayor temperatura el material presenta una mayor plasticidad, es decir, la curva en la zona plástica presenta más puntos de esfuerzo así como de deformación.
- Las probetas de sección circular son las que presentan mayor rango de plasticidad sin un aumento significativo de esfuerzo.



- En las probetas de sección circular se puede apreciar claramente y diferenciar claramente entre la zona elástica y la zona plástica.
- En las diferentes curvas se puede apreciar que la tercera zona o etapa no existe un incremento apreciable de esfuerzo al momento de formarse el cuello y al llegar a la fractura.
- El cambio de la geometría del material influye mucho al momento de determinar el tipo de falla que puede sufrir cualquier elemento.
- En los ensayos realizados con varias probetas no se observó que estas presentarían pequeñas fisuras en área de calibre.

## **5.2 Recomendaciones**

- Para obtener mejores resultados se recomienda colocar la probeta en el centro entre los dos cabezales.
- Dependiendo del tipo de máquina, se debe seleccionar correctamente la velocidad a la que se realizara el ensayo.
- La toma del tiempo para la realizar el ensayo se deberá hacer únicamente cuando la bomba entre en funcionamiento.
- Para obtener más puntos los cuales puedan hacer la curva esfuerzo deformación más característica, se deberá tomar valores de deformación en cada bombeada.
- Las marcas que determinarán la longitud de calibre deberán realizarse preferentemente con tinta o cualquier otro procedimiento que no produzca un mayor entalle que perjudique a la probeta durante el ensayo.

- Observar que la probeta a ensayar este limpia, libre de impurezas o entalles que perjudique el ensayo arrojando resultados erróneos.
- Asegurarse de tomar las medidas iniciales de calibre de cada probeta antes de realizar el ensayo.

## **CAPÍTULO 6**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 Datos Informativos**

**Título:** La propuesta es el diseño y la construcción de una prensa para realizar ensayos de tracción del acero A-36, mediante la norma ASTM E-8.

**Autor:** Fernando Mesias Guzhñay Miranda

**Beneficiarios:** Estudiantes de la ficm

**Descripción:** Máquina para el ensayo de tensión

**Lugar de construcción:** Taller particular

**Ubicación de la máquina:** Laboratorio de materiales de la ficm

**Tiempo de ejecución:** septiembre 2010 - abril 2011

**Costo:** 2360.08 \$

#### **6.2 Antecedentes de la propuesta**

Dentro del análisis del ensayo de tensión del acero dúctil se han determinado muchas propiedades las cuales han sido útiles para el desarrollo de nuevas propuestas de estudios en las que nos hemos apoyado para poder realizar o innovar máquinas que puedan darnos respuesta fiables de ensayos, a la vez que estas puedan ser guías de nuevos descubrimientos de aleaciones que puedan proporcionarnos mejores propiedades de materiales para determinadas funciones.

La creación de aceros de mayor resistencia se ha logrado gracias a estudios de aceros dúctiles de poca resistencia y al gran avance tecnológico que se ha dado a nivel mundial.

En la actualidad se sigue realizando varios estudios del acero con el fin de desarrollar nuevas aleaciones que permitan reducir costos y mejorando las propiedades de estos

### **6.3 Justificación**

Una de las principales razones por las que se propone el diseño y la construcción de una prensa para realizar ensayos de tracción del acero A-36, mediante la norma ASTM E-8, es debido a existen elementos sujetos a tensión, en puentes, armaduras de techos, torres y en miembros usados como tirantes. De la selección de estos miembros dependerá que toda una estructura permanezca estable y sea segura. La implementación de esta máquina en el laboratorio de materiales de la ficm contribuirá mucho en el aprendizaje de los estudiantes, ya que mediante los ensayos 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 selección de miembros sujetos a tensión, 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 fidedignos los cuales podrán ser cotejados y comprobados con los datos que se manejan en los libros de ensayo de materiales.

Por otro lado en el laboratorio de la carrera de ingeniería mecánica es una urgente necesidad contar con un equipo didáctico de esta naturaleza dada la creciente necesidad de los alumnos que cursan materias relacionadas como: ciencias de los materiales, estructuras, etc, para realizar las prácticas correspondientes a estos cursos.

En otras palabras es necesario que el alumno cuente con las herramientas necesarias para poder competir en el mercado laboral el cual cada vez es más reñido por lo tanto el equipo que será donado al laboratorio de mecánica permitirá

una interacción real maestro alumno máquina que proporcionará una visión realmente amplia y palpable de lo que es una prueba de ensayo de tensión, sus características, pasos a seguir, manejo de la máquina, medidas de seguridad, obtención e interpretación de datos obtenidos de la prueba así como el manejo de las tablas de propiedades mecánicas de los materiales y el diagrama esfuerzo deformación que son muy importantes en la formación de ingenieros mecánicos.

#### **6.4 Objetivos**

- ✓ Establecer la velocidad necesaria a la que se realizará el ensayo del acero ASTM A-36.
- ✓ Comparar los resultados obtenidos prácticamente con resultados tabulados en libros.
- ✓ Determinar qué tipo de fractura se produce una vez realizado el ensayo.
- ✓ Dotar a la Carrera de Ingeniería Mecánica de una máquina para ensayos de tensión.

#### **6.5 Análisis de factibilidad**

##### **6.5.1 Técnico**

En lo que concierne al estudio de factibilidad desde el punto de vista técnico, la propuesta de construir una máquina para el ensayo de tensión es viable ya que los materiales para su construcción existen en el gran variedad de tamaños, y el costo de estos no son muy elevados.

##### **6.5.2 Económico – Financiero**

En éste análisis se tomarán en cuenta todos los elementos necesarios para el desarrollo de la investigación; dentro de los cuales se encuentran: compra de materia prima para la construcción y puesta en funcionamiento del equipo térmico, mano de obra utilizada incluidas las herramientas. En la siguiente tabla se presentan el presupuesto total del equipo.

### 6.5.2.1 Costos directos

En la siguiente tabla se presentan los materiales y suministros que se han utilizado para la construcción.

**Tabla 6.1: Materiales y suministros**

Costo de materiales (CD)				
Descripción	Medidas\capacidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Bomba hidráulica	20 Ton	1	500	500
Cilindro hidráulico	20 Ton	1	400	400
Manómetro de glicerina	0-10000 lb	1	40	40
Manguera hidráulica	1 m	1	25	25
Adaptador para manómetros		1	30	30
Plancha de acero		1/2		528
Bloque de acero	4*18*14	1		80
Bloque de acero mordazas	2*1 7/8*3 3/4	4	7	28
Barra de acero refuerzo	4*4*7/8	2	1	2
Acero de transmisión	Ø1 ½*4 5/8	2	4	8
Acero de transmisión 2	Ø5/8*3 3/4	2	2.5	5
Ángulo 2 ½ *2 ½ * 3/16	9 m			39.50
Pernos	1/2 *2 ½	12	0.30	3.60
Pernos	3/8 *2	24	0.15	3.60
Pernos	1/2 *1 ½	4	0.12	0.48
Pernos	5/16 *1 ½	4	0.10	0.4
<b>Costo total (CD)</b>				<b>1693.58</b>

### 6.5.2.2 Costos indirectos

En los costos indirecto se presentan los precios de alquiler de la maquinaria y herramientas utilizadas, los valores presentados a continuación están tabulados de acuerdo al taller en donde se construyó la máquina.

**Tabla 6.2: Costo de alquiler de maquinaria**

<b>Costo de alquiler de maquinaria (CM)</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Tiempo de utilización (h)</b>	<b>Costo por hora (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Fresadora	35	4	140
Torno	4	4	16
Taladro de pedestal	19	1,5	28.5
Oxiacetilénica	14	10	140
Suelda eléctrica	0,5	4	2
Herramientas varias			40
<b>Costo total (CM)</b>			<b>366.5</b>

**Tabla 6.3: Costo de mano de obra**

<b>Costo de la mano de obra (CMO)</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Salario por hora (\$/h)</b>	<b>Salario por día (\$)</b>	<b>Salario por obra (\$)</b>
Mecánico	1.5	12	180
Ayudante	1	8	120
<b>Costo total (CMO)</b>			<b>300</b>

$$CI = CM + CMO$$

<b>Descripción</b>	<b>VALOR \$</b>
<b>CM</b>	366.5
<b>CMO</b>	300
<b>COSTO INDIR. (CI)</b>	<b>666.5</b>

### 6.5.2.3 Costo total de la máquina

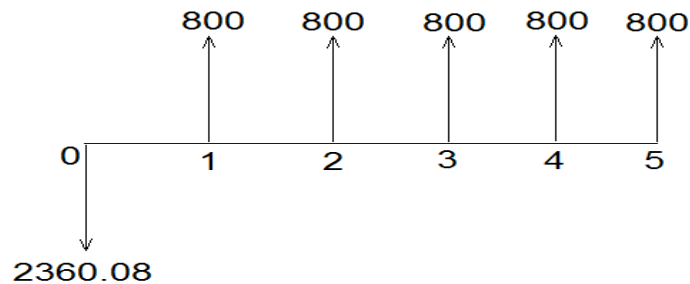
El costo total de la máquina de ensayos incluirá los siguientes valores

$$CT = CD + CI$$

Descripción	VALOR \$
CD	1693.58
CI	666.5
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>2360.08</b>

Entonces el costo total del proyecto será de \$ 2360.08, una vez obtenido el precio total de la inversión procedemos evaluar los costos y beneficios a través de VPN (valor presente neto) que se pueden obtener con la máquina. Tomando en cuenta que cada ensayo de una probeta normalizada cuesta 80 dólares y que en el año se realizarán 10 ensayos, se considera un valor de 800 dólares por cada año que el estudiante se ahorrará, al realizar estos ensayos en otras instituciones. La evaluación se realizará para un lapso de 5 años con una tasa de descuento del 12 %.

Diagrama de flujo de efectivo



$$VPN = -I_0 + \frac{BN_1}{(1+i)^1} + \frac{BN_2}{(1+i)^2} + \frac{BN_3}{(1+i)^3} + \frac{BN_4}{(1+i)^4} + \frac{BN_5}{(1+i)^5}$$

Donde

$I_0 = \$2360.08$  Inversión inicial.

$BN = \$800$  Beneficio neto de cada período.



$i = 12\%$  Tasa de descuento

$$VPN = -2360.08 + \frac{800}{(1 + 0.12)^1} + \frac{800}{(1 + 0.12)^2} + \frac{800}{(1 + 0.12)^3} + \frac{800}{(1 + 0.12)^4} + \frac{800}{(1 + 0.12)^5}$$

$$VPN = \$523.75$$

Por lo tanto la inversión inicial es justificada, tomando en cuenta el beneficio que recibirán los estudiantes con esta máquina.

## 6.6 Fundamentación

### 6.6.1 Cálculos mecánicos

#### 6.6.1.1 SELECCIÓN DEL CILINDRO

Como se indicó en la justificación anterior, el acero a estudiarse es el acero ASTM A-36, de donde se obtienen las siguientes propiedades físicas:

$$F_y = 36 \text{ kpsi}$$

$$F_u = 58 - 80 \text{ kpsi}$$

Lo que significa que la probeta puede llegar a romperse con un  $F_u$  comprendido entre 58-80 kpsi (Anexo A.1), este último en el peor de los casos, por lo cual se deberá tomar un factor de seguridad para el diseño.

La ASD D-1 recomienda un factor de seguridad  $\eta$  de:

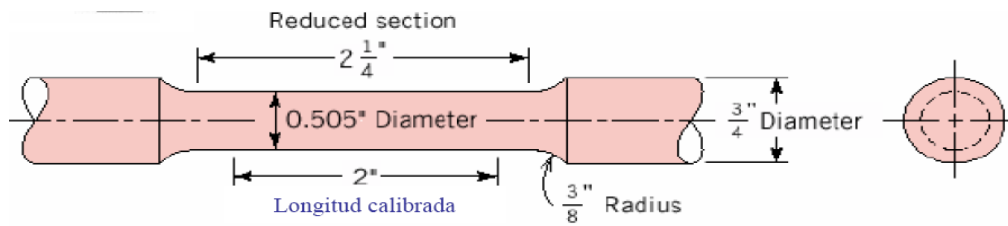
$$\eta = 1,67 \text{ contra fluencia}$$

$$\eta = 2 \text{ contra fractura}$$

Tomando en cuenta los tipos de probetas más utilizadas para los ensayos de tensión utilizaremos las siguientes:

## Tipo cilíndricas

Figura 6.1: Probeta cilíndrica



Fuente: William F. Smith, Javad Hashemi, (2004). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. Cuarta edición. Mc Graw-Hill (pag. 219).

$$A_c = \pi r^2 \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Donde:

$A_c$  = área de la sección transversal

$$A_c = \pi(1/4)^2$$

$$A_c = 0,196 \text{ in}$$

Para determinar la fuerza necesaria para romper la probeta tenemos:

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad \text{Ecuación 6.2}$$

y utilizando un factor de seguridad de:

$$\eta = 1,2$$

$$\sigma = 80 * 1,2$$

$$\sigma = 96 \text{ kpsi};$$

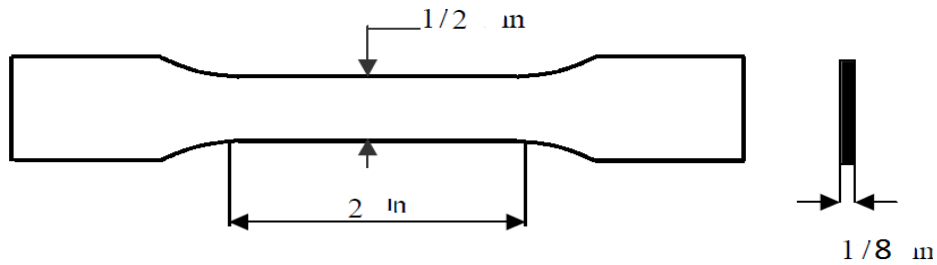
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$96 \text{ kpsi} = \frac{F}{0,196 \text{ in}}$$

$$F = 18816 \text{ lb}$$

Tipo plana

Figura 6.2: Probeta rectangular



Fuente: Normas ASTM

$$A_c = b * h$$

Ecuación 6.3

Donde:

$A_c$  = área de la sección transversal

$$A_c = \frac{1}{8} * \frac{1}{2}$$

$$A_c = 0,0625 \text{ in}$$

Para determinar la fuerza necesaria para romper la probeta tenemos:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

y utilizando un factor de seguridad de:

$$\eta = 1,2$$

$$\sigma = 80 * 1,2$$

$$\sigma = 96 \text{ kpsi};$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$96 \text{ kpsi} = \frac{F}{0,0625 \text{ in}}$$

$$F = 6000 \text{ lb},$$

Como:

$$18816 \text{ lb} > 6000 \text{ lb},$$

seleccionamos un cilindro del Anexo D.3, con las siguientes características:

$$\text{Presión} = 700 \text{ bares}$$

$$\text{Capacidad} = 20 \text{ toneladas}$$

$$\text{Fuerza} = 215 \text{ kN (48,336 klb)}$$

Con estas características se selecciona una bomba para cumplir las necesidades del cilindro.

### 6.6.1.2 SELECCIÓN DE LA PLACA LATERAL

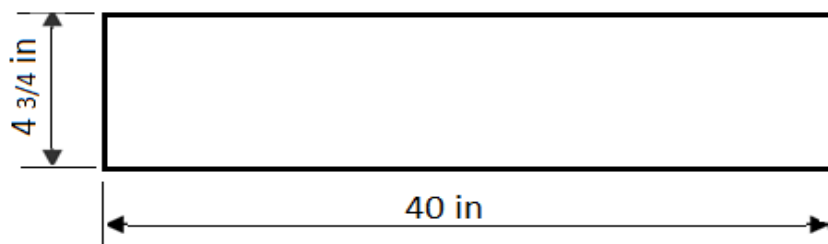
**Datos:**

$$w = 4 \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$l = 40 \text{ in}$$

$$t = ? \text{ espesor}$$

**Figura 6.3: Placa lateral**



**Fuente: Autor**

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_y}{\eta}, \quad \text{Ecuación 6.4}$$

Donde:

$\sigma_{perm}$  = esfuerzo permisible

$\sigma_y$  = esfuerzo de fluencia

Utilizando un factor de seguridad de 1,67, recomendado:

$$\sigma_{perm} = \frac{36000/2 \text{ psi}}{1,67}$$

$$\sigma_{perm} = 10778,443 \text{ psi}$$

**Espesor (t):**

$$t = \frac{F}{w\sigma_{perm}} \quad \text{Ecuación 6.5}$$

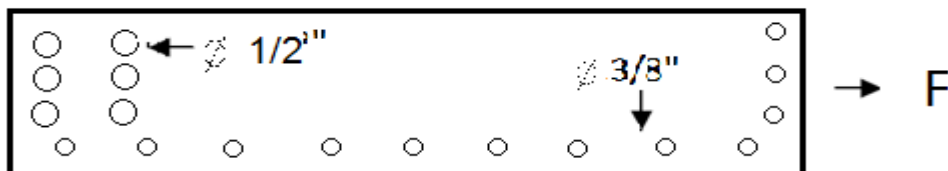
$$t = \frac{48,336 \text{ klb}}{(4,811) * 10,778 \text{ kpsi}}$$

$$t = 0,932 \text{ in} \approx \frac{15}{16} \text{ in}$$

Por la facilidad de encontrar en el mercado se utilizará de un espesor de 7/8 in

**Resistencia de diseño**

**Figura 6.4: Placa lateral perforada**



Fuente: Autor

$$A_1 = \pi r^2 \quad \text{Ecuación 6.6}$$

$$A_1 = \pi(1/4)^2 * 6$$

$$A_1 = 1,178 \text{ in}^2$$

$$A_2 = \pi r^2$$

$$A_2 = \pi(3/16)^2 * 12$$

$$A_2 = 1,325 \text{ in}^2$$

**Área total:**

$$A_g = b * h \quad \text{Ecuación 6.7}$$

$$A_g = 40 * 4 \frac{3}{4}$$

$$A_g = 190 \text{ in}^2$$

**Área neta:**

$$A_n = A_g - A_1 - A_2 \quad \text{Ecuación 6.8}$$

$$A_n = 190 - 1,178 - 1,325$$

$$A_n = 187,5 \text{ in}^2$$

**Carga:**

$$P = 0,6F_y A_g \quad \text{Ecuación 6.9}$$

$$P = 0,6 * 36 * 190$$

$$P = 4104 \text{ klb} > 48,336 \text{ klb}$$

$$P = 0,5F_u A_n$$

$$P = 0,5 * 58 * 187,5$$

$$P = 5437,5 \text{ klb} > 48,336 \text{ klb}$$

**Resistencia de aplastamiento por tornillo:**

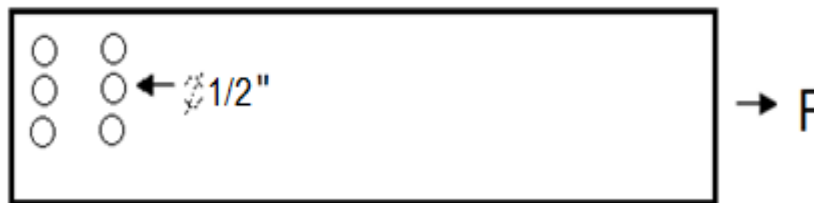
$$\phi = 1/2$$

$$R_{apl} = 1,2tF_u d_{tornillo} \quad \text{Ecuación 6.10}$$

$$R_{apl} = 1,2 * 7/8 * 58 * 1/2$$

$$R_{apl} = 30,45 \text{ klb}$$

**Figura 6.5: Placa lateral**



Fuente: Autor

**Distancia mínima al borde en la dirección de la fuerza ( $D_b$ ):**

$$D_b = \frac{2P}{tF_u} \quad \text{Ecuación 6.11}$$

$$D_b = \frac{48,336}{(7/8) * 80}$$

$$D_b = 0,69 \text{ in}$$

**Distancia mínima de centro a centro ( $D_c$ ):**

$$D_c = \frac{2P}{tF_u} + \frac{d}{2} \quad \text{Ecuación 6.12}$$

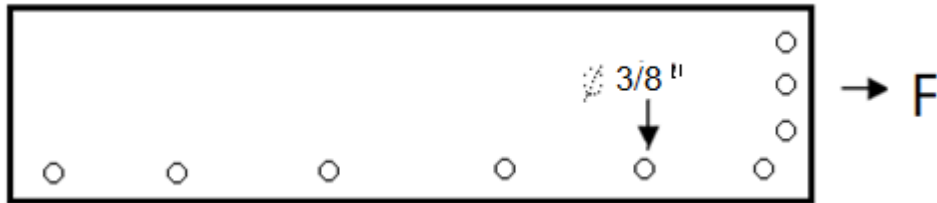
$$D_c = \frac{48,336}{(7/8) * 80} + \frac{1/2}{2}$$

$$D_c = 0,94 \text{ in}$$

$$\phi = 3/8$$

$$R_{apl} = 1,2tF_u d_{tornillo}$$

**Figura 6.6: Placa lateral**



**Fuente: Autor**

Donde:

$R_{apl}$  = Resistencia de aplastamiento,

$d_{tornillo}$  = Diámetro del tornillo,

$t$  = espesor,

$$R_{apl} = 1,2 * 7/8 * 58 * 3/8$$

$$R_{apl} = 22,84 \text{ klb}$$

**Distancia mínima al borde en la dirección de la fuerza ( $D_b$ ):**

$$D_b = \frac{2P}{tF_u}$$

$$D_b = \frac{48,336}{(7/8) * 80}$$

$$D_b = 0,69 \text{ in}$$

**Distancia mínima de centro a centro ( $D_c$ ):**

$$D_c = \frac{2P}{tF_u} + \frac{d}{2}$$



$$D_c = \frac{48,336}{(7/8) * 80} + \frac{3/8}{2}$$

$$D_c = 0,878 \text{ in}$$

### 6.6.1.3 SELECCIÓN DE LA PLACA LATERAL MÓVIL

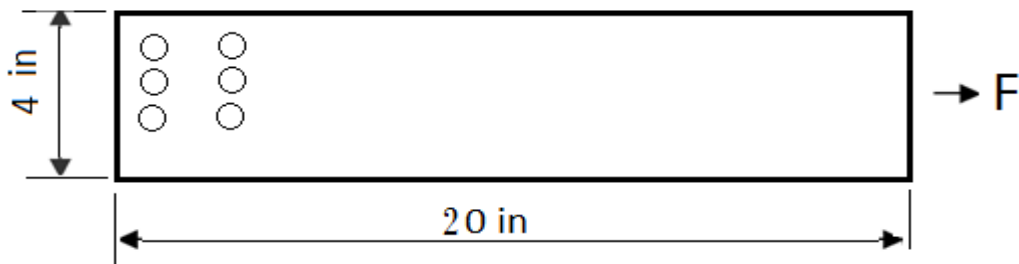
**Datos:**

$$w = 3.94 \text{ in}$$

$$l = 21.5 \text{ in}$$

**t = ? espesor**

**Figura 6.7: Placa lateral móvil**



**Fuente: Autor**

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_y}{\eta}$$

Utilizando un factor de seguridad de 1,67, recomendado:

$$\sigma_{perm} = \frac{36000/2 \text{ psi}}{1,67}$$

$$\sigma_{perm} = 10778,443 \text{ psi}$$

**Espesor t:**

$$t = \frac{F}{w\sigma_{perm}}$$

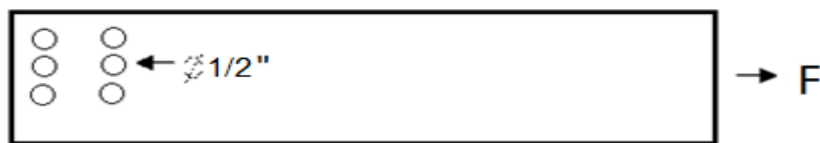
$$t = \frac{48,336 \text{ klb}}{(3.94) * 10,778 \text{ psi}}$$

$$t = 1,1 \text{ in}$$

Debido a que la diferencia de espesores de las dos placas no es significativa se utilizará un espesor de 7/8 para los dos elementos.

### Resistencia de diseño

Figura 6.8: Placa lateral móvil



Fuente: Autor

$$A_1 = \pi r^2$$

$$A_1 = \pi(1/4)^2 * 6$$

$$A_1 = 1,2 \text{ in}^2$$

Área total:

$$A_g = b * h$$

$$A_g = 21,5 * 3,94$$

$$A_g = 84,71 \text{ in}^2$$

Área neta:

$$A_n = A_g - A_1$$

$$A_n = 84,71 - 1,2$$

$$A_n = 83,51 \text{ in}^2$$

**Carga:**

$$P = 0,6F_y A_g$$

$$P = 0,6 * 36 * 84,71$$

$$P = 1829,7 \text{ klb} > 48,336 \text{ klb}$$

$$P = 0,5F_u A_n$$

$$P = 0,5 * 58 * 83,51$$

$$P = 2421,8 \text{ klb} > 48,336 \text{ klb}$$

**Resistencia de aplastamiento por tornillo:**

$$\emptyset = 1/2$$

$$R_{apl} = 1,2tF_u d_{\text{tornillo}}$$

$$R_{apl} = 1,2 * 7/8 * 58 * 1/2$$

$$R_{apl} = 30,45 \text{ klb}$$

**Distancia mínima al borde en la dirección de la fuerza ( $D_b$ ):**

$$D_b = \frac{2P}{tF_u}$$

$$D_b = \frac{48,336}{7/8 * 80}$$

$$D_b = 0,69 \text{ in}$$

**Distancia mínima de centro a centro ( $D_c$ ):**

$$D_c = \frac{2P}{tF_u} + \frac{d}{2}$$

$$D_c = \frac{48,336}{7/8 * 80} + \frac{1/2}{2}$$

$$D_c = 0,94 \text{ in}$$

#### 6.6.1.4 DISEÑO DE LOS PERNOS

**Pernos de 1/2 in de diámetro:**

Del anexo D.1 se elije un perno de:

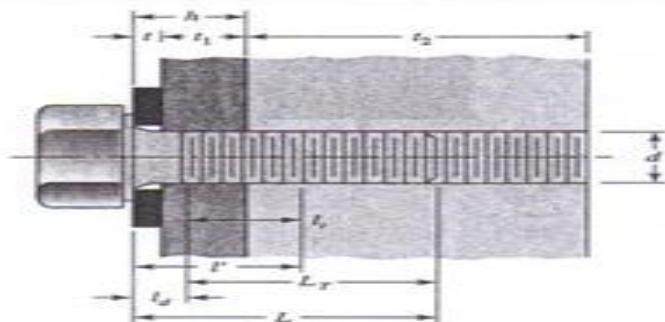
Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal (d) (in)	Serie gruesa-UNC		
		p (in)	At (in <sup>2</sup> )	Ar (in <sup>2</sup> )
1/2	0,5000	13	0,1419	0,1257

Del anexo D.2 se toman las propiedades de los pernos:

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaño, inclusive, in	Resistencia de prueba mínima kpsi	Resistencia mínima a la tensión kpsi	Resistencia mínima a la fluencia kpsi
5	1/4-1	85	120	92

**Procedimiento sugerido para determinar la rigidez del perno**

**Figura 6.9: Parámetros para el diseño del perno**



Fuente: Shigley, Joseph. Diseño en ingeniería mecánica. Sexta-Octava edición. Mc Graw-Hill.

**Agarre efectivo:**

si:  $t_2 > d$ ,

$$l' = h + \frac{d}{2} \quad \text{Ecuación 6.13}$$

$$l' = 7/8 + \frac{1/2}{2}$$

$$l' = 1,125 \text{ in}$$

**Longitud roscada:**

si:  $L \leq 6 \text{ in}$

$$L_T = 2d + \frac{1}{4} \text{ in} \quad \text{Ecuación 6.14}$$

$$L_T = 2\left(\frac{1}{2}\right) + 1/4$$

$$L_T = 1\frac{1}{4} \text{ in}$$

**Área de parte sin roscar:**

$$A_d = \pi r^2 \quad \text{Ecuación 6.15}$$

$$A_d = \pi(0,25)^2$$

$$A_d = 0,196 \text{ in}^2$$

**Longitud del sujetador:**

$$L > h + 1,5d \quad \text{Ecuación 6.16}$$

$$t_1 = h$$

$$2 \text{ in} > 7/8 + 1,5(1/2)$$

$$2 \text{ in} > 1,625 \text{ in}$$

**Longitud de la parte útil sin roscar:**

$$l_d = L - L_T \quad \text{Ecuación 6.17}$$

$$l_d = 2 - 1.25$$

$$l_d = 0,75 \text{ in}$$

**Longitud de la parte útil roscada:**

$$l_t = l' - l_d \quad \text{Ecuación 6.18}$$

$$l_t = 1,125 - 0,75$$

$$l_t = 0,375 \text{ in}$$

**RIGIDEZ DEL SUJETADOR**

$$K_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d} \quad \text{Ecuación 6.19}$$

Donde:

**E** = módulo de Young o módulo elástico (30 Mpsi)

$$K_b = \frac{0,196 * 0,1419 * 30 \cdot 10^6}{0,196 * 0,375 + 0,1419 * 0,75} \left[ \frac{\text{in}^2 \cdot \text{in}^2 \cdot \text{psi}}{\text{in}^2 \cdot \text{in} \quad \text{in}^2} \right]$$

$$K_b = 4637,332 \text{ k} \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

**RIGIDEZ DEL ELEMENTO**

$$l = 2t$$

$$K_m = \frac{0,5774\pi E d}{2 \ln\left(\frac{0,5774l+0,5d}{0,5774l+2,5d}\right)} \quad \text{Ecuación 6.20}$$

$$K_m = \frac{0,5774\pi(30 \cdot 10^6)1/2}{2 \ln \left[ 5 \frac{0,5774(1,75) + 0,5(1/2)}{0,5774(1,75) + 2,5(1/2)} \right]}$$

$$K_m = 13268,44 \text{ k} \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

### CONSTANTE DE RIGIDEZ DE LA UNIÓN

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m} \quad \text{Ecuación 6.21}$$

$$C = \frac{4637,332}{4637,332 + 13268,44}$$

$$C = 0,26$$

### CARGA LÍMITE

$$F_p = A_t S_p \quad \text{Ecuación 6.22}$$

$$F_p = 0,1419 * 85$$

$$F_p = 12,06 \text{ klb}$$

### FUERZA DE SUJECIÓN

Para conexión permanente

$$F_i = 0,90 F_p \quad \text{Ecuación 6.23}$$

$$F_i = 0,90 * 12,06$$

$$F_i = 10,854 \text{ klb}$$

### CARGA RESULTANTE DEL PERNO

$$P = \frac{48,336}{2} = 24,168 \text{ klb}$$

$$F_b = \frac{K_b P}{K_b + K_m} + F_i \quad \text{Ecuación 6.24}$$

$$F_b = \frac{4637,332 * 24,168}{4637,332 + 13268,44} + 10,854$$

$$F_b = 17,113 \text{ klb}$$

### **CARGA RESULTANTE EN LOS ELEMENTOS UNIDOS**

$$F_m = \frac{K_m P}{K_b + K_m} - F_i \quad \text{Ecuación 6.25}$$

$$F_m = \frac{13268,44 * 24,168}{4637,332 + 13268,44} - 10,854$$

$$F_m = 7,054 \text{ klb}$$

### **PARTE DE P TOMADO POR EL PERNO**

$$P_b = \frac{K_b P}{K_b + K_m} \quad \text{Ecuación 6.26}$$

$$P_b = \frac{4637,332 * 24,168}{4637,332 + 13268,44}$$

$$P_b = 6,259 \text{ klb}$$

### **PARTE DE P TOMADO POR LOS ELEMENTOS**

$$P_m = \frac{K_m P}{K_b + K_m} \quad \text{Ecuación 6.27}$$

$$P_m = \frac{13268,44 * 24,168}{4637,332 + 13268,44}$$

$$P_m = 17,908 \text{ klb}$$

### **NÚMERO DE PERNOS:**

$$N = \frac{C_n P}{S_p A_t - F_i} \quad \text{Ecuación 6.28}$$



$$N = \frac{0,26 * 1 * 24,168}{85 * 0,1419 - 10,854}$$

$$N = 5,2$$

Se utilizarán 6 pernos

$$n = \frac{S_p A_t - F_i}{C \left( \frac{P}{N} \right)} \quad \text{Ecuación 6.29}$$

$$n = \frac{85(0,1419) - 10,854}{0,26(24,168)} = 1,15$$

Como es mayor que el valor asumido, entonces se utilizará 6 pernos.

**Pernos de 3/8 in de diámetro:**

Del anexo D.1 se elije un perno de:

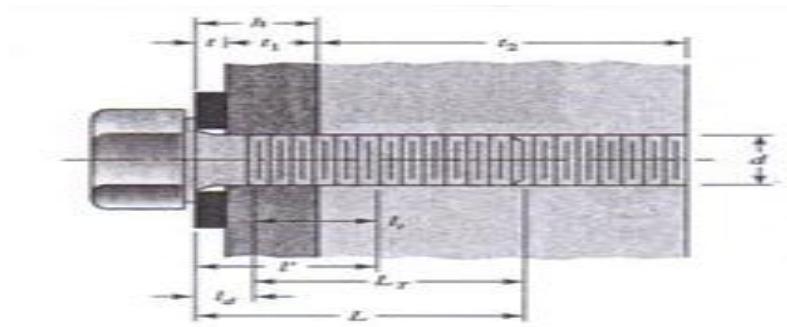
Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal (d) (in)	Serie gruesa-UNC		
		p (in)	At (in <sup>2</sup> )	Ar (in <sup>2</sup> )
3/8	0,3750	16	0,0775	0,0678

Del anexo D.2 se toman las propiedades de los pernos:

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaño, inclusive, in	Resistencia de prueba mínima kpsi	Resistencia mínima a la tensión kpsi	Resistencia mínima a la fluencia kpsi
5	1/4-1	85	120	92

**Procedimiento sugerido para determinar la rigidez del perno**

Figura 6.9: Parámetros para el diseño del perno



Fuente: Shigley, Joseph. Diseño en ingeniería mecánica. Sexta-Octava edición. Mc Graw-Hill.

**Agarre efectivo:**

si:  $t_2 > d$ ,

$$l' = h + \frac{d}{2}$$

$$l' = 7/8 + \frac{3/8}{2}$$

$$l' = 1,06 \text{ in}$$

**Longitud roscada:**

si:  $L \leq 6 \text{ in}$ ,

$$L_T = 2d + \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$L_T = 2(3/8) + 1/4$$

$$L_T = 1 \text{ in}$$

**Área de parte sin roscar:**

$$A_d = \pi r^2$$

$$A_d = \pi(3/16)^2$$

$$A_d = 0,11 \text{ in}^2$$

**Longitud del sujetador:**

$$L > h + 1,5d$$

$$t_1 = h$$

$$1 \ 1/2 > 7/8 + 1,5(3/8)$$

$$1 \ 1/2 > 1,44 \text{ in}$$

**Longitud de la parte útil sin roscar:**

$$l_d = L - L_T$$

$$l_d = 1,5 - 1$$

$$l_d = 0,5 \text{ in}$$

**Longitud de la parte útil roscada:**

$$l_t = l' - l_d$$

$$l_t = 1,06 - 0,5$$

$$l_t = 0,56 \text{ in}$$

**RIGIDEZ DEL SUJETADOR**

$$K_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d}$$

$$K_b = \frac{0,11 * 0,0775 * 30.10^6}{0,11 * 0,56 + 0,0775 * 0,5} \left[ \frac{\text{in}^2 \cdot \text{in}^2 \cdot \text{lb}}{\text{in}^2 \cdot \text{in} \quad \text{in}^2} \right]$$

$$K_b = 2548,57 \text{ k} \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

### RIGIDEZ DEL ELEMENTO

$$l = 2t$$

$$K_m = \frac{0,5774\pi Ed}{2 \ln \left( 5 \frac{0,5774l + 0,5d}{0,5774l + 2,5d} \right)}$$

$$K_m = \frac{0,5774\pi(30 \cdot 10^6)3/8}{2 \ln \left[ 5 \frac{0,5774(1,75) + 0,5(3/8)}{0,5774(1,75) + 2,5(3/8)} \right]}$$

$$K_m = 9083,72 \text{ k} \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

### CONSTANTE DE RIGIDEZ DE LA UNIÓN

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m}$$

$$C = \frac{2548,57}{2548,57 + 9083,72}$$

$$C = 0,219$$

### CARGA LÍMITE

$$F_p = A_t S_p$$

$$F_p = 0,0775 * 85$$

$$F_p = 6,6 \text{ klb}$$

### FUERZA DE SUJECIÓN

Para conexión permanente

$$F_i = 0,90 F_p$$

$$F_i = 0,90 * 6,6$$

$$F_i = 5,93 \text{ klb}$$

### **CARGA RESULTANTE DEL PERNO**

$$P = \frac{48,336}{2} = 24,168 \text{ klb}$$

$$F_b = \frac{K_b P}{K_b + K_m} + F_i$$

$$F_b = \frac{2548,57 * 24,168}{2548,57 + 9083,72} + 5,93$$

$$F_b = 11,22 \text{ klb}$$

### **CARGA RESULTANTE EN LOS ELEMENTOS UNIDOS**

$$F_m = \frac{K_m P}{K_b + K_m} - F_i$$

$$F_m = \frac{9083,72 * 24,168}{2548,57 + 9083,72} - 5,93$$

$$F_m = 12,94 \text{ klb}$$

### **PARTE DE P TOMADO POR EL PERNO**

$$P_b = \frac{K_b P}{K_b + K_m}$$

$$P_b = \frac{2548,57 * 24,168}{2548,57 + 9083,72}$$

$$P_b = 5,29 \text{ klb}$$

### **PARTE DE P TOMADO POR LOS ELEMENTOS**

$$P_m = \frac{K_m P}{K_b + K_m}$$

$$P_m = \frac{9083,72 * 24,168}{2548,57 + 9083,72}$$

$$P_m = 18,87 \text{ klb}$$

### **NÚMERO DE PERNOS:**

$$N = \frac{CnP}{S_p A_t - F_i}$$

$$N = \frac{0,219 * 1 * 24,168}{85 * 0,0775 - 5,93}$$

$$N = 8,05$$

Se utilizaran 9 pernos

$$n = \frac{S_p A_t - F_i}{C \left( \frac{P}{N} \right)}$$

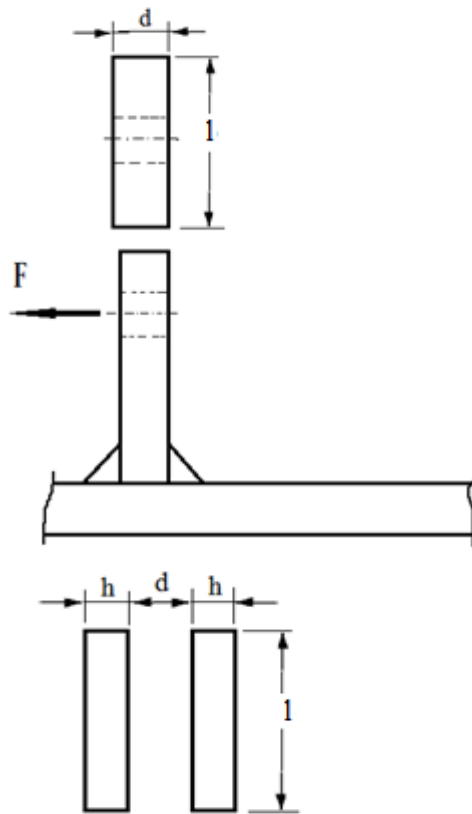
$$n = \frac{85 * 0,0775 - 5,93}{0,219 * 24,168} = 1.11$$

Como es mayor que el valor asumido, entonces se utilizará 9 pernos.

### **6.6.1.5 DISEÑO DEL APOYO DEL CILINDRO**

#### **6.6.1.5.1 ESFUERZO CORTANTE NOMINAL SOBRE LA GARGANTA**

Figura 6.10: Soporte del cilindro



Fuente: Autor

$$\tau = \frac{M_c}{I} \quad \text{Ecuación 6.30}$$

Donde:

$\tau$  = esfuerzo cortante nominal,

$M_c$  = momento,

$I$  = inercia,

$$\tau = \frac{1,414M}{ldh}$$

$$A = 1,414hl \quad \text{Ecuación 6.31}$$

$$I_u = \frac{ld^2}{2} \quad \text{Ecuación 6.32}$$

$$M_o = Fd$$

Ecuación 6.33

$$M_o = 215 * 0,0538$$

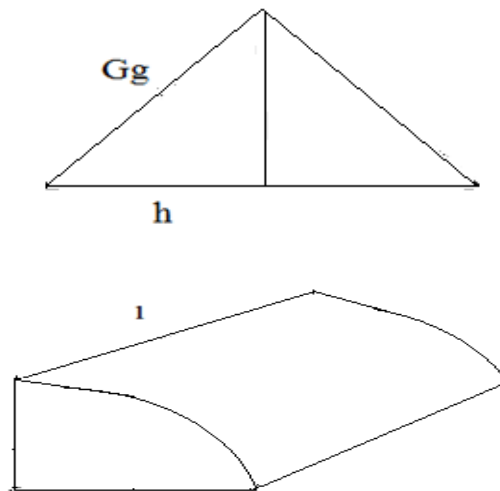
$$M_o = 11,6 \text{ kNm}$$

$$\tau = \frac{1,414 * 11,6}{0,150 * 0,0225 * 0,006}$$

$$\tau = 810 \text{ MPa}$$

### 6.6.1.5.2 ESFUERZO CORTANTE EN LA GARGANTA

Figura 6.11: Esquema del relleno de soldadura



Fuente: Autor

$$\tau = \frac{F}{2A}$$

Ecuación 6.34

Donde:

**Gg** = garganta

$$A = l Gg$$

Ecuación 6.35

Donde:

**A** = área de la garganta



$$A = l \cos 45 h$$

$$A = 150 * \cos 45 * 6$$

$$A = 636,39 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{21961,185}{2 * 636,39}$$

$$\tau = 17,25 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2},$$

No está en el valor recomendado por lo tanto no es satisfactorio,

$$\tau = 11 - 14 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2},$$

Entonces se utiliza un valor teórico de la soldadura que es de,

$$\tau = 14,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2},$$

$$14,8 = \frac{F}{2A}$$

$$A = \frac{21961,2}{14,8}$$

$$A = 1483,86 \text{ mm}^2$$

$$h * \cos 45 * l = 1483,86 \text{ mm}^2$$

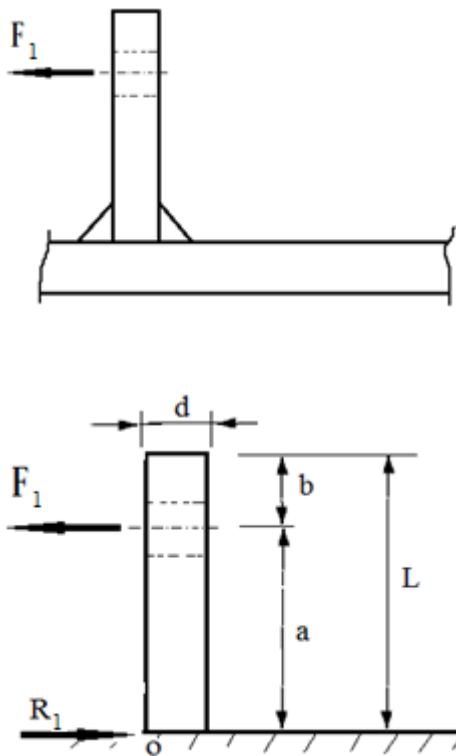
$$l = \frac{1483,86}{6 * \cos 45}$$

$$2l = 350 \text{ mm}$$

$$l = 175 \text{ mm}$$

### **6.6.1.5.3 DEFLEXIÓN DEL ELEMENTO**

Figura 6.12: Soporte del cilindro



Fuente: Autor

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_1 = R_1$$

$$R_1 = 215 \text{ KN}$$

$$M_1 = Fa$$

Ecuación 6.36

$$M_1 = 215000 * 0,0538$$

$$M_1 = 11,567 \text{ kNm}$$

$$I = \frac{dL^3}{12}$$

Ecuación 6.37

$$I = \frac{0,0225 * 0,130^3}{12}$$

$$I = 4,12 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$y_{max} = \frac{Fa^2}{6EI} (a - 3L) \quad \text{Ecuación 6.38}$$

Donde:

$y_{max}$  = desplazamiento,

$$y_{max} = \frac{215 * 0,0538^2}{6 * 210 * 4,12 \cdot 10^{-6}} [0,0538 - (3 * 0,130)]$$

$$y_{max} = 0,403 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Debido a que el desplazamiento del elemento es mínimo el diseño es aceptable.

#### **6.6.1.6 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA:**

Las dimensiones generales de la mesa son:

**Ancho A:** A=24 cm

**Largo b:** b= 100 cm

**Altura H:** H= 80 cm

Con el fin de disminuir la altura H= 80 cm para el análisis, a h, se utilizará arriostamiento a 18 cm del piso y a cada lado de la estructura.

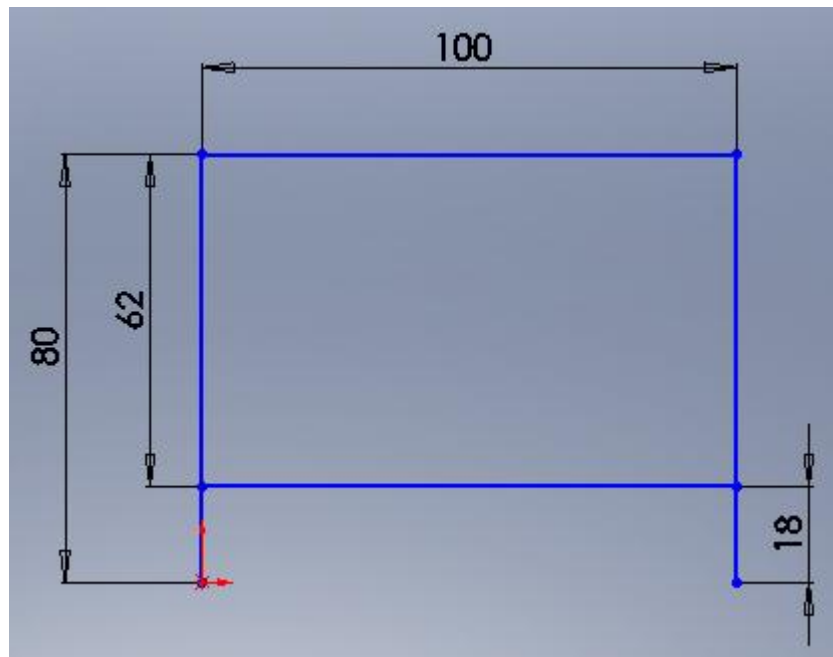
Las nuevas dimensiones de la estructura serán:

b = 100 cm

h = 62 cm

H = 80 cm

Figura 6.13: Estructura



Fuente: Autor

### Peso que soportará la estructura

Para el análisis de la estructura se tomará en cuenta el peso que soportará la estructura, ya que es el más considerable, debido también a que la máquina no realizará ninguna carga considerable que afecte la estructura. A continuación se considerará el peso de todo el conjunto armado, el cual es la sumatoria de los pesos de cada uno de los componentes o elementos constitutivos de la máquina.

### Peso fijo ( $w_f$ )

$$w_f = 179 \text{ kg (1756 N)}$$

Al emplear un factor de seguridad de 1,5 sobre este valor de peso, por efectos de pesos adicionales, se tiene un peso total, el cual será el que va a soportar la estructura, por tanto:

$$w_t = 1,5 * 1756 \text{ N}$$

$$w_t = 2634 \text{ N}$$

## Reacciones y momentos en la estructura

Con la suposición de que se trata de un peso distribuido sobre toda la mesa, y para efectos de diseño, se tomará  $w t/2$  como el peso que actúa sobre los elementos a ser analizados.

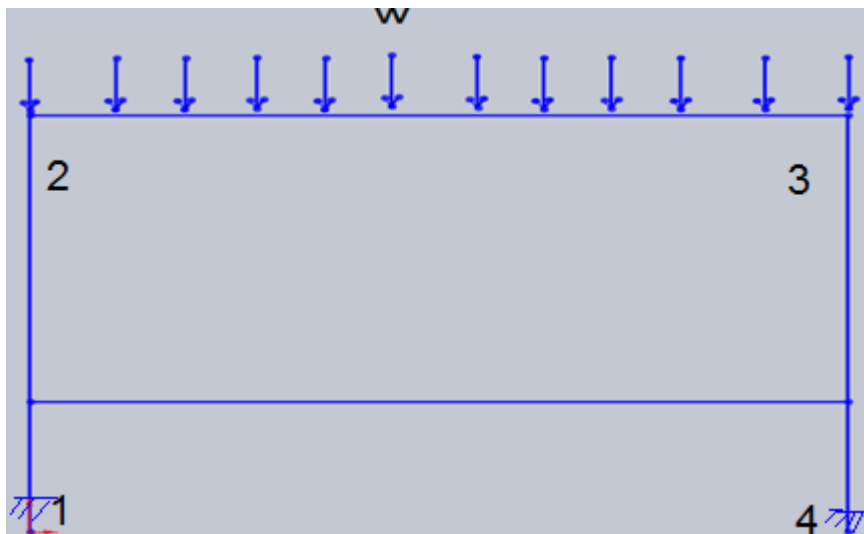
$$w = \frac{wt}{2} \quad \text{Ecuación 6.39}$$

$$w = \frac{2634}{2}$$

$$w = 1317 \text{ N}$$

Para el caso de una carga vertical uniformemente distribuida sobre la viga de sección constante, se tiene las siguientes ecuaciones en cada elemento.

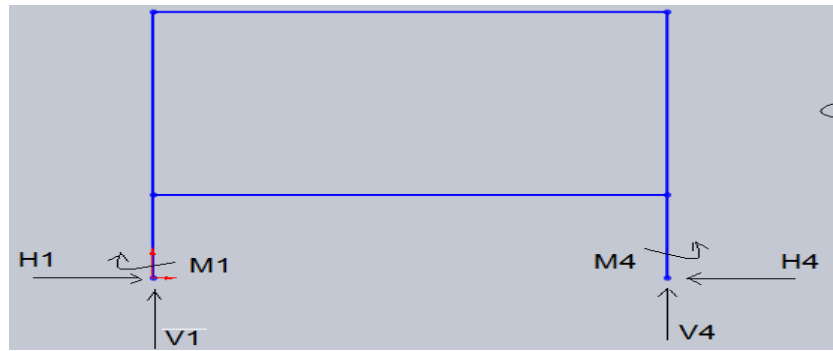
Figura 6.14: Peso aplicado a la estructura



Fuente: Autor

$$I_{1-2} = I_{2-3} = I_{3-4}$$

Figura 6.14: Momentos en la estructura



Fuente: Autor

$$M_1 = M_4 = \frac{wb}{24 C} \quad \text{Ecuación 6.40}$$

$$M_2 = M_3 = -\frac{wb}{12 C} \quad \text{Ecuación 6.41}$$

$$H_1 = H_4 = \frac{w}{2h} \left(\frac{b}{4C}\right) \quad \text{Ecuación 6.42}$$

$$V_1 = V_4 = \frac{w}{2} \quad \text{Ecuación 6.43}$$

$$M_{x2} = \left[ \frac{wx_2}{2} \left(1 - \frac{1}{C}\right) + M_2 \right] / 2 \quad \text{Ecuación 6.44}$$

Donde C Y  $\phi$  son constantes de la estructura y de valores de:

$$C = 1 + \frac{1}{2\phi} \quad \text{Ecuación 6.45}$$

$$\phi = \frac{I_{1-2}}{I_{2-3}} * \frac{b}{h} \quad \text{Ecuación 6.46}$$

Para el análisis de la estructura ensayaremos con un ángulo de 2½” x 2½” x ¼”  
cuyas propiedades de diseño son:

Área  $a = 1,19 \text{ in}^2$  (7,68 cm<sup>2</sup>)

Inercia  $I = 0,703 \text{ in}^4$  (29,26 cm<sup>4</sup>)

Distancia al eje neutro  $x = y = 0,717 \text{ in}$  (1,82 cm)

$$\varphi = \frac{29,26}{29,26} * \frac{100}{62}$$

$$\varphi = 1,613$$

$$C = 1 + \frac{1}{2(1,613)}$$

$$C = 1,31$$

$$M_1 = M_4 = \frac{1317N(100cm)}{24(1,31)}$$

$$M_1 = M_4 = 4188,931 \text{ N cm}$$

$$M_2 = M_3 = -\frac{1317 \text{ N} (100cm)}{12(1,31)}$$

$$M_2 = M_3 = -8377,862 \text{ N cm}$$

$$H_1 = H_4 = \frac{1317 \text{ N}}{2 * 62} \left( \frac{100 \text{ cm}}{4 * 1,31} \right)$$

$$H_1 = H_4 = 202,69 \text{ N}$$

$$V_1 = V_4 = \frac{1317}{2}$$

$$V_1 = V_4 = 658,5 \text{ N}$$

Momento máximo en el elemento horizontal, en  $x_2 = 50 \text{ cm}$  es:

$$M_{x2} = \left[ \frac{1317 * 50}{2} \left( 1 - \frac{1}{1,31} \right) + 8377,862 \right] / 2$$

$$M_{x2} = M = 8084,637 \text{ Ncm}$$

### **Análisis del elemento 2- 3:**

En este elemento se produce un esfuerzo de flexión

$$\sigma_{flex} = \frac{Mc}{I}, \quad \text{Ecuación 6.47}$$

donde:

$$M = 8084,637 \text{ N cm}$$

Distancia respecto al eje neutro  $c = 6,35 \text{ cm} - 1,82 \text{ cm} = 4,53 \text{ cm}$

Inercia  $I = 29,26 \text{ cm}^4$

$$\sigma_{flex} = \frac{8084,637 * 4,53}{29,26},$$

$$\sigma_{flex} = 1251,81 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

**Análisis del elemento 1-2:**

$$\sigma_{flex} = \frac{Mc}{I},$$

Para el análisis de este elemento el momento será:

$$M_2 = 8377,862 \text{ N cm}$$

Distancia respecto al eje de flexión  $c = 6,35 \text{ cm} - 1,82 \text{ cm} = 4,53 \text{ cm}$ , (fibra a compresión)

Inercia  $I = 29,26 \text{ cm}^4$

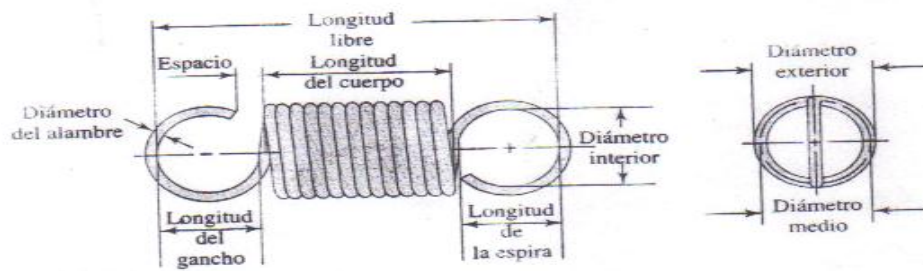
$$\sigma_{flex} = \frac{8377,862 * 4,53}{29,26},$$

$$\sigma_{flex} = 1297,05 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

### **6.6.1.7 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL RESORTE**



Figura 6.15: Parámetros de diseño del resorte



Fuente: Shigley, Joseph. Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición. Mc Graw-Hill.

**Datos:**

Diámetro de alambre (d)

$$d = \frac{5}{32} \text{ "}$$

Diámetro exterior de la espira (De)

$$D_e = 7/8 \text{ "}$$

**Diámetro medio de la espira**

$$D_m = D_e - d \quad \text{Ecuación 6.48}$$

$$D_m = 7/8 - \frac{5}{32}$$

$$D_m = 0,71875 \text{ in}$$

**Índice del resorte**

$$C = \frac{D_m}{d} \quad \text{Ecuación 6.49}$$

$$C = \frac{0,71875}{(5/32)}$$

$$C = 4,6$$

### Factor de concentración de esfuerzo

$$K_B = \frac{4C-1}{4C-4} \quad \text{Ecuación 6.50}$$

$$K_B = \frac{4(4,6) - 1}{4(4,6) - 4}$$

$$K_B = 1,2$$

### Número de vueltas activas

$$N_a = N_b + \frac{G}{E} \quad \text{Ecuación 6.51}$$

### Número de vueltas en el cuerpo

$$N_b = 45$$

Del anexo D.5 se obtiene G y E para el acero especificado:

$$N_a = 45 + \frac{11,4}{28,5}$$

$$N_a = 45,4$$

### Escala o razón del resorte

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N_a} \quad \text{Ecuación 6.52}$$

$$k = \frac{(5/32)^4 11,4}{8(0,71875)^3 45,4}$$

$$k = 50,34 \frac{lb}{in}$$

### Longitud libre

$$L_o = (2C - 1 + N_b)d \quad \text{Ecuación 6.53}$$

$$L_o = (2 * 4,6 - 1 + 45)0,15625$$

$$L_o = 8,31 \text{ in}$$

### Deflexión bajo la carga de servicio

$$y_{max} = \frac{F_{max} - F_i}{k} \quad \text{Ecuación 6.54}$$

Las fuerzas a considerarse será la de la precarga y la que realizara el resorte bajo la carga de ensayo,

$$y_{max} = \frac{100 - 50}{50,34}$$

$$y_{max} = 0,99 \text{ in}$$

Donde la longitud del resorte es;

$$L = L_o + y \quad \text{Ecuación 6.55}$$

$$L = 8,31 + 0,99$$

$$L = 9,3 \text{ in}$$

### Esfuerzo de torsión no corregido

$$\sigma_i = \frac{8F_i D}{\pi d^3} \quad \text{Ecuación 6.56}$$

$$\sigma_i = \frac{8 * 50 * 0,71875}{\pi(0,15625)^3}$$

$$\sigma_i = 23,48 \text{ kPsi}$$

### Esfuerzo de torsión en el intervalo preferido

$$\sigma_{ipref} = \frac{33500}{\exp(0,105C)} \pm 1000 \left(4 - \frac{C-3}{6,5}\right) \quad \text{Ecuación 6.57}$$

$$\sigma_{ipref} = \frac{33500}{\exp(0,105 * 4,6)} \pm 1000 \left( 4 - \frac{4,6 - 3}{6,5} \right)$$

$$\sigma_{ipref1} = 16,91 kPsi$$

$$\sigma_{ipref2} = 24,42 kPsi$$

$$\sigma_{ipref1} < \sigma_i < \sigma_{ipref2} \text{ OK}$$

Para el caso del alambre estirado en frío de la tabla se obtiene los valores de  $m$  y  $A$  (anexo D.6), entonces:

$$S_{ut} = \frac{A}{a^m} \quad \text{Ecuación 6.58}$$

$$S_{ut} = \frac{140}{0,15625^{0,190}}$$

$$S_{ut} = 199,21 kPsi$$

### **Esfuerzo de torsión en el cuerpo principal del resorte**

$$S_{sy} = 0,45 S_{ut} \quad \text{Ecuación 6.59}$$

$$S_{sy} = 0,45(199,21)$$

$$S_{sy} = 89,64 kPsi$$

**El esfuerzo cortante bajo la carga será:**

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{8K_B F_{max} D}{\pi d^3} \quad \text{Ecuación 6.60}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{8 * 1,2 * 100 * 0,71875}{\pi(0,15625)^3}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 58 kPsi,$$

donde el factor de seguridad es:

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau_{m\acute{a}x}} \quad \text{Ecuación 6.61}$$

$$\eta = \frac{89,64}{58}$$

$$\eta = 1,5$$

## **6.7 Metodología**

A continuación se detallan el procedimiento de cómo se fue construyendo la máquina de ensayo, los tipos de herramientas utilizadas y los diferentes procesos de ensamblaje que se utilizó para su correcto funcionamiento.

### **6.7.1 Construcción**

Para la presente construcción se procedió como primer paso a la realización de los planos de cada uno de los elementos constitutivos de la máquina, los cuales detallaremos a continuación. Los elementos fueron modelados previo a su diseño.

Los materiales fueron seleccionados de acuerdo a los cálculos realizados y a la facilidad de encontrarlos en el mercado.

Como primer paso, cortamos la placa de la medida establecida en el plano del material que fue seleccionado como es el acero estructural A-36.

El corte fue realizado con el proceso oxiacetilénico y debido a que el corte no es uniforme se procede a fresar las partes laterales conjuntamente y luego de esto lo perforamos un el taladro de pedestal de acuerdo a las medidas de los planos.

**Figura 6.16: Placa lateral maquinada**



**Fuente:** Autor

Par la construcción de la base se realiza en mismo procedimiento, al igual que las placas laterales móviles. Las superficies de estas tienen que estar rectas y uniformes de manera que al momento de ensamblar no exista contratiempos.

**Figura 6.17: Ensamble de elementos**



**Fuente:** Autor

La elaboración de todos los elementos son elaborados mediante el proceso de fresado. Para el ensamblaje de todos estos elementos se debe contar con herramientas de precisión para evitar inconvenientes en su ensamblaje.

**Figura 6.18: Máquina de ensayos**



**Fuente:** Autor

### **6.7.2 Instrumentos utilizados**

Para este estudio se utilizó varios instrumentos de presión los cuales se enlistarán a continuación:

#### **Calibrador**

Este fue utilizado para la toma de medidas de desplazamientos durante el ensayo y para comprobar las medidas de las probetas normalizadas.

**Figura 6.19: Calibrador**



**Fuente:** Autor

## Manómetro de glicerina

El manómetro de glicerina es utilizado para tomar datos de presión durante el ensayo.

**Figura 6.20: Manómetro**



**Fuente:** Autor

## Cronómetro

Utilizado para obtener el tiempo en segundos durante el ensayo

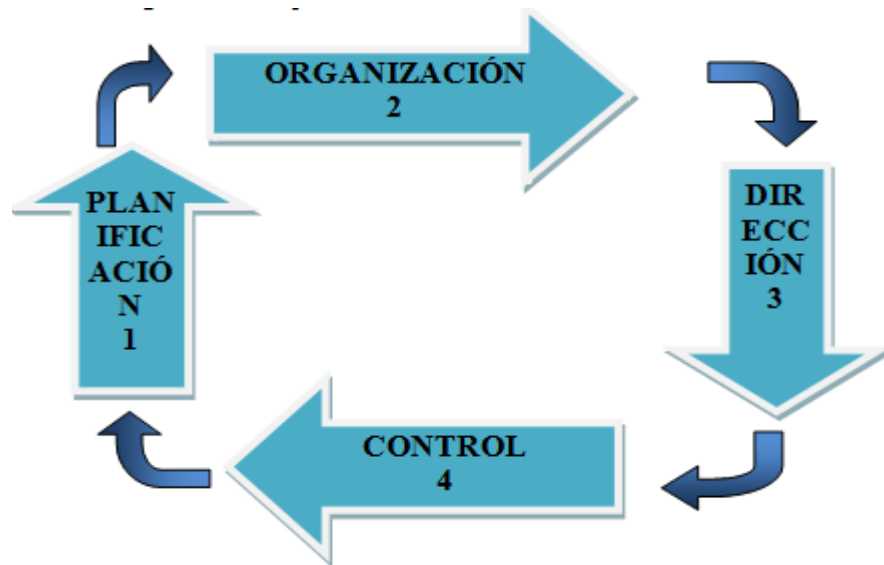


**Figura 6.21: Cronómetro**



## 6.8 Administración

Figura 6-22 Esquema de las funciones de la administración



Fuente: Apuntes del autor (cuaderno de gestión empresarial)

### 6.8.1 Planificación

Con la finalidad de conservar en óptimas condiciones el funcionamiento de la máquina para los ensayos de tensión, a continuación se presenta un plan de mantenimiento.

#### Precauciones al utilizar la máquina

- ✓ Colocar la probeta en la mitad de las mordazas y apretarlas hasta que queden fijas a estas.
- ✓ Limpiar la superficie en la que se desliza el bloque móvil.
- ✓ Observar que el bloque móvil se encuentre en la posición inicial.
- ✓ Verificar que la válvula de la bomba este cerrada antes de iniciar el ensayo.

### 6.8.2 Organización

Para obtener resultados óptimos en el ensayo a realizar, tanto el profesor, ayudante de laboratorio y los estudiantes deben estar atentos en lo que se refiere a la toma

de parámetros físicos y verificar que todos los instrumentos necesarios se encuentren en perfecto estado.

### **6.8.3 Dirección**

Cada práctica que se realice con la máquina para el ensayo de tensión, deberá ser dirigida y supervisada por una persona que conozca el funcionamiento de la misma, que para este caso puede ser el profesor de la materia y el ayudante de laboratorio.

### **6.8.4 Control**

Durante el desarrollo de la práctica se necesita controlar el funcionamiento de toda la máquina; y en el caso de presentarse algún inconveniente como puede ser datos erróneos o daño físico, informar a la persona responsable para analizarlos y corregirlos inmediatamente si el caso lo amerita.

### **6.8.9 Conclusiones de la propuesta**

- ✓ Utilizar material en perfecto estado para los bloques y las barras laterales internas ya que estos elementos soportan toda la carga.
- ✓ Para el fresado de la barra base construir una fresa de mayor dimensión para ahorrar tiempo y dinero en el proceso.
- ✓ La base por la cual se ha de deslizar el cabezal móvil fue la parte que más trabajo nos tomó realizarlo por las imperfecciones que en esta se encontraron.
- ✓ El peso tanto de la estructura como el del material con que se construyó la máquina es apropiado para que cuando se realice los ensayos la máquina no realice ningún desplazamiento al momento de la fractura.
- ✓ La altura del bloque fijo como la del móvil no están igual a la altura de las placas laterales debido a que el proceso de fresado es demorado y a ala vez costoso.
- ✓ Para obtener datos más confiables, es recomendable realizar el ensayo en probetas de sección rectangular ensayadas en el capítulo 4.

## **MATERIALES DE REFERENCIA**

### **Bibliografía**

1. Autores varios, (2004). "ASM Handbook for Materials Research and Engineering, Tomo 2: Metallography and Microstructures.
2. Donald R. Askeland, Pradeep P. Phulé, (2004). Ciencia e ingeniería de los materiales. Cuarta edición. Mc Graw-Hill.
3. Herrera E. Luis, Medina F. Arnaldo, Naranjo L. Galo, (2004), Tutoría de la investigación científica. Ambato-Ecuador.
4. Herrera E. Luis, medina f. Arnaldo, naranjo l. galo, (2008). Tutoria de la investigación científica. Empredane Gráficas Cia. Ltda. Quito
5. Jack c. mccormac, (1999). Diseño de estructuras metálicas, método ASD. Cuarta edición, Alfaomega Grupo Editorial, S. A. de C. V., México, D. F.
6. James M. Gere. Resistencia de materiales. Quinta edición. Timoshenco.
7. James M. Gere, (2008). Resistencia de Materiales. Quinta edición. Thomson.
8. Murray R. Spiegel, (2009). Estadística. Cuarta edición. Colección Schaum. Mc Graw-Hill.
9. Norma ASTM E-8
10. Shigley, joseph. Diseño en ingeniería mecánica. Sexta-Octava edición. Mc Graw-Hill.
11. William F. Smith, JavadHashemi, (2004). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. Cuarta edición. Mc Graw-Hill.

## **Internet**

1. [www.arquitectuba.com.ar](http://www.arquitectuba.com.ar).
2. [http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/traccion/ensayo\\_de\\_traccion1.htm](http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/traccion/ensayo_de_traccion1.htm)
3. <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/materiales/materials3.html>.
4. <http://www.eurociencia.com/eurociencia/index.htm>
5. <http://www.astm.org>
6. [http://materias.fi.uba.ar/6716/Modos%20de%20falla%20en%20componentes%20estructurales\\_1.pdf](http://materias.fi.uba.ar/6716/Modos%20de%20falla%20en%20componentes%20estructurales_1.pdf)

## ANEXO A

### Anexo A.1

#### Tipos de aceros

<b>Designación ASTM</b>	<b>Acero</b>	<b>Formas</b>	<b>Usos</b>	<b>Fy min. Ksi</b>	<b>Fu min. tensión ksi</b>
<b>A-36 NOM B-254</b>	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Puentes, edificios estructurales en gral. Atornillados, remachados y soldados	36 e < 8" 32 e > 8"	58 – 80
<b>A-529 NOM B-99</b>	Al carbono	Perfiles y placas  e < 1/2"	Igual al A-36	42	60-85
<b>A-441 NOM B-284</b>	Al magnesio, vanadio de alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras  e < 8"	Igual al A-36  Tanques	40-50	60-70
<b>A-572 NOM B</b>	Alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras  e < 6"	Construcciones atornilladas, remaches. No en puentes soldados cuando Fy > 55 ksi	42-65	60-80
<b>A-242 NOM B-282</b>	Alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Perfiles, placas y barras  e < 4"	Construcciones soldadas, atornillada, técnica especial de soldadura	42-50	63-70
<b>A-514</b>	Templados y revenidos	Placas  e < 4"	Construcciones soldada especialmente. No se usa si se requiere gran ductilidad	90-100	100-150

Continuación

<b>A-53</b> <b>NOM B-177</b>	Tubos de acero con o sin costura negros y galvanizados por inmersión en caliente.
<b>A-500</b> <b>NOM B-199</b>	Tubo de acero para usos estructurales formados en frío con o sin costura de sección circular y otras formas.
<b>A-501</b> <b>NOM B-200</b>	Tubo de acero al carbono con o sin costura formado en caliente para uso estructural.
<b>A-606</b> <b>NOM B-277</b>	Lámina de acero de baja aleación y alta resistencia. Laminada en caliente o en frío, resistente a la corrosión.
<b>A-570</b> <b>NOM B-347</b>	Lámina de acero al carbono laminada en caliente para uso estructural.
<b>A-27</b> <b>NOM B-353</b>	Piezas coladas de acero de alta resistencia.
<b>A-668</b>	Forjados de acero al carbono y de aleación para uso industrial general.

## Anexo A.2

### Comparación de las propiedades mecánicas del acero

#### ASTM A-36 Y A 42-27 ES

Características	Espesor, e al que se aplica, mm		Unidad de medida (*)	Grados de aceros	
	A42-27ES	ASTM A36		A42-27ES	ASTM A36
Resistencia a la Tracción, $R_m$	Todos	(**)	Kgf/mm <sup>2</sup>	$42 \leq R_m \leq 52$	$41 \leq R_m \leq 56$
Límite de Fluencia mínimo, $R_e$	$e \leq 16$	(**)	Kgf/mm <sup>2</sup>	27	25
Alargamiento Porcentual de Rotura, A, en Probetas de $L_0 = 50$ mm	$e \leq 5$	(**)	% mín	22	19
	$5 \leq e \leq 16$		% mín	20	
	$16 \leq e \leq 50$		% mín	18	

\* De acuerdo con NCh 22,  $1 \text{ Kgf/mm}^2 = 9,80665 \text{ MPa}$

\*\* Para perfiles de sección inferior a  $645 \text{ mm}^2$ , o barras de diámetro inferior a 13 mm, no se exige ensayo de tracción al fabricante.

### Anexo A.3

ASTM A36: Requisitos de composición química según los productos.

Elementos	Perfiles	Barras	
	Todos	Hasta 19 mm	Sobre 19 hasta 38 mm
% C, máx	0,26	0,26	0,27
% Mn	-	-	0,60 a 0,90
% P, máx	0,04	0,04	0,04
% S, máx	0,05	0,05	0,05
% Si	-	-	-
% Cu mín	0,20	0,20	0,20



## ANEXO B

### Anexo B.1

#### Gráfica 1: Microestructura del acero A36

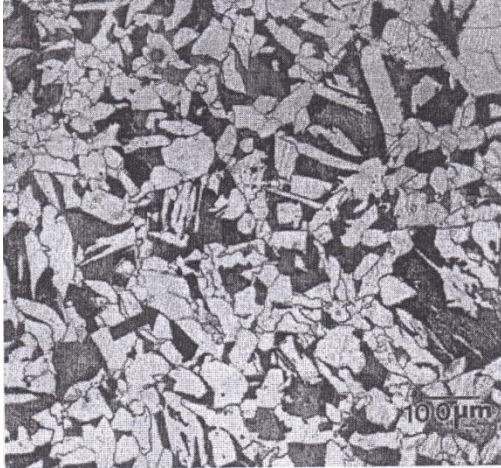
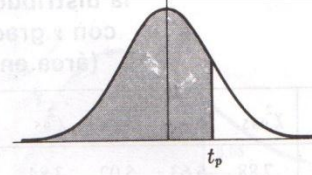


Fig. 28 Microstructure of an ASTM A36 structural steel showing ferrite + pearlite. Note the remnants of scratches in the softer ferrite phase. These subsurface deformation zones from grinding (as shown in Fig. 26) were not removed in the polish. 2% nital etch. 100×

Fuente: Metal Handbook, tomo 2

## Anexo B.2

Valores percentiles ( $t_p$ ) para la distribución  $t$  de Student con  $v$  grados de libertad (área en sombra =  $p$ )



$v$	$t_{.995}$	$t_{.99}$	$t_{.975}$	$t_{.95}$	$t_{.90}$	$t_{.80}$	$t_{.75}$	$t_{.70}$	$t_{.60}$	$t_{.55}$
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.08	1.376	1.000	.727	.325	.158
2	9.92	6.96	4.30	2.92	1.89	1.061	.816	.617	.289	.142
3	5.84	4.54	3.18	2.35	1.64	.978	.765	.584	.277	.137
4	4.60	3.75	2.78	2.13	1.53	.941	.741	.569	.271	.134
5	4.03	3.36	2.57	2.02	1.48	.920	.727	.559	.267	.132
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44	.906	.718	.553	.265	.131
7	3.50	3.00	2.36	1.90	1.42	.896	.711	.549	.263	.130
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40	.889	.706	.546	.262	.130
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38	.883	.703	.543	.261	.129
10	3.17	2.76	2.23	1.81	1.37	.879	.700	.542	.260	.129
11	3.11	2.72	2.20	1.80	1.36	.876	.697	.540	.260	.129
12	3.06	2.68	2.18	1.78	1.36	.873	.695	.539	.259	.128
13	3.01	2.65	2.16	1.77	1.35	.870	.694	.538	.259	.128
14	2.98	2.62	2.14	1.76	1.34	.868	.692	.537	.258	.128
15	2.95	2.60	2.13	1.75	1.34	.866	.691	.536	.258	.128
16	2.92	2.58	2.12	1.75	1.34	.865	.690	.535	.258	.128
17	2.90	2.57	2.11	1.74	1.33	.863	.689	.534	.257	.128
18	2.88	2.55	2.10	1.73	1.33	.862	.688	.534	.257	.127
19	2.86	2.54	2.09	1.73	1.33	.861	.688	.533	.257	.127
20	2.84	2.53	2.09	1.72	1.32	.860	.687	.533	.257	.127
21	2.83	2.52	2.08	1.72	1.32	.859	.686	.532	.257	.127
22	2.82	2.51	2.07	1.72	1.32	.858	.686	.532	.256	.127
23	2.81	2.50	2.07	1.71	1.32	.858	.685	.532	.256	.127
24	2.80	2.49	2.06	1.71	1.32	.857	.685	.531	.256	.127
25	2.79	2.48	2.06	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
26	2.78	2.48	2.06	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
27	2.77	2.47	2.05	1.70	1.31	.855	.684	.531	.256	.127
28	2.76	2.47	2.05	1.70	1.31	.855	.683	.530	.256	.127
29	2.76	2.46	2.04	1.70	1.31	.854	.683	.530	.256	.127
30	2.75	2.46	2.04	1.70	1.31	.854	.683	.530	.256	.127
40	2.70	2.42	2.02	1.68	1.30	.851	.681	.529	.255	.126
60	2.66	2.39	2.00	1.67	1.30	.848	.679	.527	.254	.126
120	2.62	2.36	1.98	1.66	1.29	.845	.677	.526	.254	.126
$\infty$	2.58	2.33	1.96	1.645	1.28	.842	.674	.524	.253	.126

Fuente: R. A. Fisher y F. Yates, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research* (5.ª edición), Tabla III, Oliver y Boyd Ltd., Edinburgh, con autorización de los autores y editores.





## Anexo C

### Anexo C.1

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>					
<b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>					
<b>ENSAYO DE TENSIÓN</b>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Probeta:</b>	N° 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	Lab. F.I.C.M.		<b>Fecha del ensayo:</b>	16/12/2011	
<b>Temperatura del lugar:</b>	18 °C		<b>Supervisado por:</b>	Ayudante lab.	
<b>PÁRAMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO</b>					
<b>Tipo de probeta:</b>	Circular	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Torneado	<b>Acabado superficial:</b>	Lijado		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	95 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	1				
<b>INSTRUMENTOS A UTILIZAR</b>					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
<b>Cronómetro</b>	x				
<b>RESULTADO</b>					
#	F (Kg)	Longitud (mm)	#	F (Kg)	Longitud (mm)
1	13	51,1	35	1113	56,98
2	15,7	51,1	36	1222	57,19
3	16,2	51,1	37	1223,8	57,38
4	17	51,1	38	1211,1	57,61
5	17,6	51,1	39	1274	57,81
6	18,4	51,1	40	1299	58
7	19,7	51,1	41	1351	58,18
8	20	51,1	42	1360	58,34
9	21	51,1	43	1387	58,52

10	25,6	51,1	44	1390	58,72
11	40,5	51,1	45	1414	58,91
12	197	51,6	46	1478	59,11
13	304	51,8	47	1679	59,33
14	328	52,1	48	1682	59,52
15	372	52,4	49	1689	59,77
16	394	52,6	50	1729	60,04
17	470,2	52,8	51	1731	60,27
18	511	53	52	1735	60,57
19	538	53,12	53	1737	61,07
20	558	53,3	54	1739	61,37
21	560	53,51	55	1741	62,07
22	607	53,76	56	1745	62,47
23	651	53,92	57	1748	62,76
24	661	54,11	58	1753	63,16
25	681	54,32	59	1755	63,66
26	711	54,54	60	1759	64,36
27	727	54,69	61	1760	64,96
28	750	54,89	62	1763	65,86
29	789	55,08	63	1766	66,66
30	807	55,3	64	1770	66,96
31	831	55,52	65	1778,5	67,4
32	969	55,75	66		
33	1021	56,55	67		
34	1113	56,75	68		

## Resultados

% e	Sy 0,2 % (Kgf/mm2) (psi)	$\sigma$ max (Kgf/mm2) (psi)
31,898239	0,47407 672,872	21,894812 31076,428

Fuente: Autor

Anexo C.2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica					
Carrera de Ingeniería Mecánica					
ENSAYO DE TENSIÓN					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Probeta:</b>	Nº 1	<b>Realizado por:</b>	Fernando Guzhñay M.		
<b>Lugar de realización:</b>	CECAP (Ambato)		<b>Fecha del ensayo:</b>	22/12/2011	
<b>Temperatura del lugar:</b>	21 °C		<b>Supervisado por:</b>		
PARÁMETROS DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO					
<b>Tipo de probeta:</b>	Plana	<b>Obtención de la muestra:</b>	Arranque de viruta		
<b>Tipo de mecanizado:</b>	Limado	<b>Acabado superficial:</b>	Limado		
PARÁMETROS DEL ENSAYO					
<b>Norma utilizada:</b>	ASTM E-8	<b>Tiempo:</b>	75 (sg)		
<b># de ensayo:</b>	1				
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
<b>Calibrador</b>	x	<b>Otros:</b>			
RESULTADO					
#	F (lb)	Longitud (in)	#	F (lb)	Longitud (in)
1	400	3,38	16	3600	3,95
2	1500	3,42	17	3600	4,02
3	2000	3,46	18	3600	4,05
4	2100	3,52	19	3800	4,10
5	2500	3,54	20	3800	4,13
6	2800	3,59	21	3800	4,19
7	3000	3,63	22	3900	4,21
8	3050	3,67	23	4000	4,24
9	3150	3,72	24	4000	4,29
10	3400	3,76	25	4100	4,33
11	3400	3,80	26	4500	4,34

<b>12</b>	3400	3,81	<b>27</b>	4550	4,45
<b>13</b>	3600	3,89	<b>28</b>		
<b>14</b>	3600	3,90	<b>29</b>		
<b>15</b>	3600	3,93	<b>30</b>		

**Resultados**

<b>% e</b>	<b>Sy 0,2 %</b>	<b><math>\sigma</math> max (Psi)</b>
31,65	25570	55913,87

**Fuente: Autor**

## ANEXO D

### Anexo D.1

Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino.

Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF\*

Designación de tamaño	Serie gruesa-UNC				Serie fina-UNF		
	Diámetro nominal pulg	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , pulg <sup>2</sup>	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , pulg <sup>2</sup>
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{7}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{4}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

\*Esta tabla se compiló de la norma ANSI B1.1-1974. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación  $d_r = d - 1.299\ 038p$  y el diámetro de paso a partir de  $d_p = d - 0.649\ 519p$ . Para calcular el área de esfuerzo de tensión se usaron la media del diámetro de paso y el diámetro menor.

Fuente: Diseño en Ingeniería de Shigley



## Anexo D.2

### Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero.

1 Especificaciones SAE para pernos de acero

Grado de SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg.	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

\*Las resistencias mínimas son resistencias que excede 99% de los sujetadores.

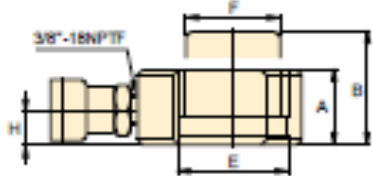
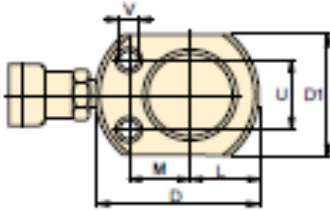
Fuente: Diseño en Ingeniería de Shigley

### Anexo D.3

Tabla para la selección de cilindros

## Cilindros de simple efecto, serie RC

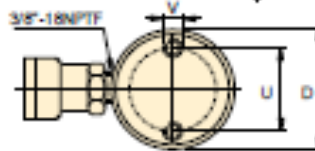
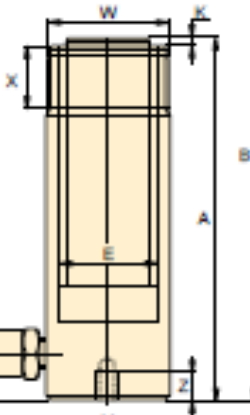
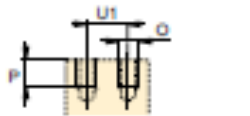
**ENERPAC** (®)  
Tecnología Hidráulica Mundial



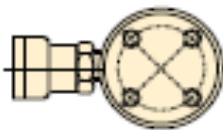
RC-50

RC-101

Sólo  
(U1 = 19 mm)



RC-51 - RC-7613



RC-1008, RC-10010

**Equipos de bomba y cilindro**  
Los cilindros marcados con un \* están disponibles en equipos (cilindro, bomba, manómetro, manguera y acopladores) para su comodidad al hacer los pedidos.  
Página: 64

◀ Para una descripción completa, vea la página anterior.

Fuerza del cilindro ton. (kN)	Carra (mm)	Modelo	Área efectiva del cilindro (cm <sup>2</sup> )	Capacidad de aceite (cm <sup>3</sup> )	Altura retraído A (mm)	Altura extendido B (mm)	Dímetro exterior D (mm)
6 (45)	16	RC-50	6,5	10	41	57	58***
	25	RC-51	6,5	16	110	135	38
	76	RC-53	6,5	50	165	241	38
	127	RC-56	6,5	83	215	342	38
	177	RC-57	6,5	115	273	450	38
	232	RC-58	6,5	151	323	555	38
10 (101)	26	RC-101	14,5	38	89	115	57
	54	RC-102	14,5	78	121	175	57
	105	RC-104	14,5	152	171	276	57
	156	RC-108	14,5	226	247	403	57
	203	RC-108	14,5	294	298	501	57
	257	RC-1010	14,5	373	349	606	57
	304	RC-1012	14,5	441	400	704	57
	356	RC-1014	14,5	516	450	806	57
16 (142)	25	RC-161	20,3	51	124	149	69
	51	RC-162	20,3	104	149	200	69
	101	RC-164	20,3	205	200	301	69
	152	RC-168	20,3	308	271	423	69
	203	RC-168	20,3	411	322	525	69
	254	RC-1610	20,3	516	373	627	69
	305	RC-1612	20,3	619	423	728	69
	356	RC-1614	20,3	723	474	830	69
26 (232)	26	RC-261	33,2	86	139	165	85
	50	RC-262	33,2	166	165	215	85
	102	RC-264	33,2	339	215	317	85
	158	RC-268	33,2	525	273	431	85
	210	RC-268	33,2	697	323	533	85
	261	RC-2610	33,2	867	374	635	85
	311	RC-2612	33,2	1033	425	736	85
	362	RC-2614	33,2	1202	476	838	85
30(295)	209	RC-308	42,1	880	387	596	101
60 (498)	51	RC-502	71,2	362	176	227	127
	101	RC-504	71,2	719	227	328	127
	159	RC-508	71,2	1131	282	441	127
	337	RC-5013	71,2	2399	460	797	127
76 (718)	156	RC-768	102,6	1601	285	441	146
	333	RC-7613	102,6	3417	492	825	146
86 (933)	168	RC-1008	133,3	2239	357	525	177
	260	RC-10010	133,3	3466	449	709	177

\* Disponibles como conjunto, vea la nota en esta página.

\*\* El cilindro RC-50 no lleva sileta desmontable ni rosca del collarín.

\*\*\* D1 = 41 mm, L = 20 mm, M = 25 mm.

## Anexo D.4

Propiedades de varios materiales

Material	Módulo de elasticidad E GPa	Módulo de elasticidad a cortante G GPa	Módulo de Poisson $\nu$
Aluminio	70	26	0.33
Aleaciones de Al.	70-79	26-30	0.33
Latón	96-110	36-41	0.34
Ladrillo (comp.)	10-24		
Bronce	96-120	36-44	0.34
Hierro fundido	83-170	32-69	0.2-0.3
Hierro gris	97	39	0.25
Cobre	110-120	40-47	0.33-0.36
Aleaciones de Mg.	45	17	0.35
Niquel	210	80	0.31
Nylon	2.1-2.8		0.4
Hule	0.0007-0.0004	0.0002-0.001	0.45-0.50
Acero	190-210	75-80	0.27-0.30
Piedra (comp.)			
Granito	40-70		0.2-0.3
Piedra caliza	20-70		0.2-0.3
Mármol	50-100		0.2-0.3
Titanio	110	40	0.33
Tungsteno	340-380	140-160	0.2
Madera	10-11		
Hierro forjado	190	75	0.3

Fuente: Diseño en Ingeniería de Shigley

## Anexo D.5

### Propiedades mecánicas de algunos alambres para resortes

Material	Limite elástico, porcentaje de $S_{ut}$ tensión, torsión		Diámetro $d$ , pulg	E		G	
				Mpsi	GPa	Mpsi	GPa
Alambre de piano A228	65-75	45-60	<0.032	29.5	203.4	12.0	82.7
			0.033-0.063	29.0	200	11.85	81.7
			0.064-0.125	28.5	196.5	11.75	81.0
			>0.125	28.0	193	11.6	80.0
Resorte estirado duro A227	60-70	45-55	<0.032	28.8	198.6	11.7	80.7
			0.033-0.063	28.7	197.9	11.6	80.0
			0.064-0.125	28.6	197.2	11.5	79.3
			>0.125	28.5	196.5	11.4	78.6
Templado en aceite A239	85-90	45-50		28.5	196.5	11.2	77.2
Resorte de válvula A230	85-90	50-60		29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo vanadio A231	88-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
A232	88-93			29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo silicio A401	85-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
Acero inoxidable							
A313*	65-75	45-55		28	193	10	69.0
17-7PH	75-80	55-60		29.5	208.4	11	75.8
414	65-70	42-55		29	200	11.2	77.2
420	65-75	45-55		29	200	11.2	77.2
431	72-76	50-55		30	206	11.5	79.3
Bronce fosforado B159	75-80	45-50		15	103.4	6	41.4
Cobre al berilio B197	70	50		17	117.2	6.5	44.8
	75	50-55		19	131	7.3	50.3
Aleación inconel X-750	65-70	40-45		31	213.7	11.2	77.2

\*También incluye 302, 304 y 316.

Nota: Vea la tabla 10-6, que contiene los valores de diseño del esfuerzo de torsión permisible.

Fuente: Diseño en Ingeniería de Shigley



## Anexo D.6

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

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†	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro‡	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio§	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio¶	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302#	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.  
†Tiene escamas ligeras debido al tratamiento térmico, que se deben remover antes del galvanizado.  
‡La superficie es lisa y brillante sin marcas visibles.  
§Alambre revenido de calidad aeronáutica; también se obtiene recocado.  
¶Revenido a Rockwell C49, pero se puede obtener sin revenir.  
#Acero inoxidable tipo 302.  
\*\*Temple CA510.

Fuente: Diseño en Ingeniería de Shigley

## Anexo D.7

Datos de severidad para la evaluación de ensayos

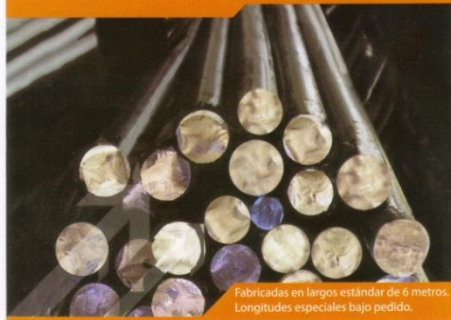
PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	DATOS REFERENCIALES	SEVERIDAD	NORMAS
Resistencia a la tracción (R.T) Acero A 36	[41 – 56] Kgf/mm <sup>2</sup> [400 – 550 ] MPa	R.T = 41 Regular 41 < R.T < 56 Buena R.T = 56 Muy buena	Norma ASTM designación: A 36/A 36M
Tamaño de grano	Grueso: G < 5 Intermedio: 5 ≤ G ≤ 7 Fino: G > 7	G < 5 Regular 5 ≤ G ≤ 7 Buena G > 7 Muy buena	Norma ASTM designación: E 112-96
Porcentajes de Ferrita y Perlita de Aceros de bajo contenido de Carbono	Ferrita: 60% Perlita: 40%	Ferrita: 80% Perlita: 20% Regular	Introducción a la Metalurgia Física SIDNEY, Avner
		Ferrita: 75% Perlita: 25% Buena	
		Ferrita: 60% Perlita: 40% Muy buena	
Porcentajes de los microconstituyentes presentes en una soldadura	Ferrita Alotriomórfica (α): 20% Ferrita Acicular (αα): 50% Ferrita de Widmanstaetten (αw): 30%	α: 65% αα: 20% αw: 15% Regular	Introducción a la Metalurgia de la soldadura M. Pástor
		α: 60% αα: 30% αw: 10% Buena	
		α: 20% αα: 50% αw: 30% Muy buena	

Fuente: Diseño en Ingeniería de Shigley

## Anexo D.8

### Propiedades de productos adelca

#### ▸ barras redondas lisas



Fabricadas en largos estándar de 6 metros. Longitudes especiales bajo pedido.

#### descripción

Varillas de sección circular, lisas, laminadas en caliente.

#### USOS

Se utilizan principalmente en el sector metal-mecánico en la fabricación de muebles, cerrajería ornamental, verjas y cerramientos, elaboración de herramientas manuales, agrícola y de múltiples usos, ejes industriales, pernos especiales, etc.

#### normas técnicas

**NTE INEN 2215** ( ecuatoriana )

Perfiles de acero laminados en caliente.

Requisitos.

**NTE INEN 2222** ( ecuatoriana )

Barras cuadradas, redondas y pletinas de acero laminadas en caliente.

Requisitos.

#### ▸ dimensiones y especificaciones técnicas

DIÁMETRO		MASA NOMINAL		TOLERANCIAS	
mm	kg/m	kg/6m	Diámetro mm	Ovalidad mm	
8	0,395	2,370	+ - 0,40	máximo 0,60	
10	0,617	3,702			
12	0,888	5,328			
15	1,387	8,322	+ - 0,50	máximo 0,75	
18	1,998	11,988			
20	2,466	14,796			
22	2,984	17,904			
24,5	3,701	22,206			

Tolerancia de longitud: +- 100 mm

PROPIEDADES MECÁNICAS	kgf/cm <sup>2</sup>
Límite de fluencia mínimo	2400
Resistencia a la tracción mínima	3400
Resistencia a la tracción máxima	4800
<b>ALARGAMIENTO (%) MÍNIMO CON PROBETA Lo=5.65 *(Ao) 1/2 mm</b>	<b>26%</b>

Fuente: Cortesía de adelca

## Anexo D.9

### Propiedades de productos adelca

#### platinas



Fabricadas en largos estándar de 6 metros.  
Longitudes especiales bajo pedido.

#### descripción

Platinas en acero de baja aleación laminadas en caliente de sección rectangular.

#### USOS

Se utilizan para múltiples propósitos dentro del sector metal-mecánico, cerrajería ornamental, manufactura de muebles, carrocerías vehiculares, herramientas manuales y trabajos de carpintería metálica en general.

#### normas técnicas

**NTE INEN 2215** ( ecuatoriana )

Perfiles de acero laminados en caliente.

Requisitos.

**NTE INEN 2222** ( ecuatoriana )

Barra cuadradas, redondas y pletinas de acero laminadas en caliente. Requisitos.

#### dimensiones y especificaciones técnicas

DIMENSIÓN	MASA NOMINAL		TOLERANCIAS	
	mm	kg/m	kg/6m	
12 X 3	0,283	1,698	+ -1,0	+ -0,50
12 X 4	0,377	2,262		
19 X 3	0,477	2,682		
19 X 4	0,597	3,582		
25 X 3	0,589	3,534		
25 X 4	0,785	4,710		
25 X 6	1,178	7,068		
30 X 3	0,707	4,242		
30 X 4	0,942	5,652		
30 X 6	1,413	8,478		
38 X 3	0,895	5,370		
38 X 4	1,193	7,158		
38 X 6	1,790	10,740		
50 X 3	1,178	7,068		
50 X 4	1,570	9,420		
50 X 6	2,355	14,130		
65 X 6	3,062	18,372		
75 X 6	3,533	21,198		

Tolerancia de longitud: +- 100 mm

PROPIEDADES MECÁNICAS	kgf/cm <sup>2</sup>
Límite de fluencia mínimo	2400
Resistencia a la tracción mínima	3400
Resistencia a la tracción máxima	4800
<b>ALARGAMIENTO (%) MÍNIMO CON PROBETA Lo=5.65 * (Ao) 1/2mm</b>	<b>26%</b>

Fuente: Cortesía de adelca



## TABLAS

**Tabla 4-45: Esfuerzos de fluencia de espécimen cilíndrico**

N	emáx.	e 0,2 %	Sy 0,2 %
1	0,32480315	0,00064961	3339,083
2	0,3445	0,00066142	4135,475
3	0,3031	0,00057087	5462,188
4	0,35629921	0,0007126	1292,693
5	0,33661417	0,00067323	6459,894
6	0,31889764	0,0006378	1057,092
7	0,36220472	0,00072441	5052,203
8	0,32480315	0,00064961	8673,287
9	0,33661417	0,00067323	3404,126
10	0,32086614	0,00064173	4874,203
11	0,34055118	0,0006811	5807,825
12	0,29724409	0,00059449	1633,819

### Medidas estadísticas

Media( $\bar{x}$ )	4350,255
Desviación estándar( $s$ )	2361,80573
Valor máximo	8673,287

**Tabla 4-46: Esfuerzos de fluencia de espécimen plana**

N	e máx.	e 0,2 %	Sy 0,2 %
1	0,28700787	0,00057402	4016,486
2	0,27165354	0,00054331	5131,201
3	0,31692913	0,00063386	13057,6
4	0,30511811	0,00061024	6730,668
5	0,2776	0,00048031	7013,479
6	0,30511811	0,00061024	6854,669
7	0,28346457	0,00056693	460,8
8	0,30905512	0,00061811	10102,399
9	0,32480315	0,00064961	528,003
10	0,28543307	0,00057087	6547,63
11	0,2992126	0,00059843	432,359
12	0,28346457	0,00056693	806,401
13	0,29330709	0,00058661	9901,971
14	0,29527559	0,00059055	6995,198
15	0,30511811	0,00061024	13227,113

### Medidas estadísticas

Media( $\bar{x}$ )	6270,67793
Desviación estándar( $s$ )	4437,63964

**Tabla 4-47: Porcentaje de deformación de espécimen cilíndrico**

# de probeta	% e
1	32,48
2	34,45
3	30,31
4	35,63
5	33,66
6	31,89
7	36,22
8	32,48
9	33,66
10	32,09
11	34,06
12	29,72

<b>Medidas estadísticas</b>	
Media( $\bar{x}$ )	33,1066571
Desviación estándar( $s$ )	2,03779273

**Tabla 4-48: Porcentaje de deformación de espécimen plana**

# de probeta	% e
1	27,76
2	27,17
3	31,69
4	30,51
5	27,76
6	30,51
7	28,35
8	30,91
9	32,48
10	28,54
11	29,92
12	28,35
13	29,33
14	29,53
15	30,51

<b>Medidas estadísticas</b>	
Media( $\bar{x}$ )	29,6822272
Desviación estándar( $s$ )	1,53294338

Fuente: Autor



# Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 8; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

## 1. Scope \*

1.1 These test methods cover the tension testing of metallic materials in any form at room temperature, specifically, the methods of determination of yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area.

NOTE 1—A complete metric companion to Test Methods E 8 has been developed—; therefore, no metric equivalents are shown in these test methods. Committee E28 was granted an exception in 1997 by the Committee on Standards to maintain E8 and E8M as separate companion standards rather than combining standards as recommended by the Form and Style Manual.

NOTE 2—Gage lengths in these test methods are required to be 4D for most round specimens. Test specimens made from powder metallurgy (P/M) materials are exempt from this requirement by industry-wide agreement to keep the pressing of the material to a specific projected area and density.

NOTE 3—Exceptions to the provisions of these test methods may need to be made in individual specifications or test methods for a particular material. For examples, see Test Methods and Definitions A 370 and Test Methods B 557.

NOTE 4—Room temperature shall be considered to be 50 to 100°F unless otherwise specified.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

A 356/A 356M Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines<sup>2</sup>

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products<sup>3</sup>

B 557 Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast

Aluminum- and Magnesium-Alloy Products<sup>4</sup>

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>5</sup>  
E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing<sup>5</sup>

E 8M Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]<sup>5</sup>

E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications<sup>6</sup>

E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers<sup>5</sup>

E 345 Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil<sup>5</sup>

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>6</sup>

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading<sup>5</sup>

## 3. Terminology

3.1 *Definitions*—The definitions of terms relating to tension testing appearing in Terminology E 6 shall be considered as applying to the terms used in these test methods of tension testing. Additional terms being defined are as follows:

3.1.1 *discontinuous yielding*—a hesitation or fluctuation of force observed at the onset of plastic deformation, due to localized yielding. (The stress-strain curve need not appear to be discontinuous.)

3.1.2 *lower yield strength, LYS* [ $FL^{-2}$ ]—the minimum stress recorded during discontinuous yielding, ignoring transient effects.

3.1.3 *upper yield strength, UYS* [ $FL^{-2}$ ]— the first stress maximum (stress at first zero slope) associated with discontinuous yielding.

3.1.4 *yield point elongation, YPE*—the strain (expressed in percent) separating the stress-strain curve's first point of zero slope from the point of transition from discontinuous yielding to uniform strain hardening. If the transition occurs over a range of strain, the YPE end point is the intersection between (a) a horizontal line drawn tangent to the curve at the last zero slope and (b) a line drawn tangent to the strain hardening portion of the stress-strain curve at the point of inflection. If

<sup>1</sup> These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.04 on Uniaxial Testing.

Current edition approved Dec. 10, 2000. Published February 2001. Originally published as E 8 – 24 T. Last previous edition E 8 – 00a.

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.02.

<sup>3</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.03.

<sup>4</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 02.02.

<sup>5</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

<sup>6</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 14.02.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

there is no point at or near the onset of yielding at which the slope reaches zero, the material has 0 % YPE.

#### 4. Significance and Use

4.1 Tension tests provide information on the strength and ductility of materials under uniaxial tensile stresses. This information may be useful in comparisons of materials, alloy development, quality control, and design under certain circumstances.

4.2 The results of tension tests of specimens machined to standardized dimensions from selected portions of a part or material may not totally represent the strength and ductility properties of the entire end product or its in-service behavior in different environments.

4.3 These test methods are considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments. The test methods have been used extensively in the trade for this purpose.

#### 5. Apparatus

5.1 *Testing Machines*—Machines used for tension testing shall conform to the requirements of Practices E 4. The forces used in determining tensile strength and yield strength shall be within the verified force application range of the testing machine as defined in Practices E 4.

##### 5.2 Gripping Devices:

5.2.1 *General*—Various types of gripping devices may be used to transmit the measured force applied by the testing machine to the test specimens. To ensure axial tensile stress within the gage length, the axis of the test specimen should coincide with the center line of the heads of the testing machine. Any departure from this requirement may introduce bending stresses that are not included in the usual stress computation (force divided by cross-sectional area).

NOTE 5—The effect of this eccentric force application may be illustrated by calculating the bending moment and stress thus added. For a standard 1/2-in. diameter specimen, the stress increase is 1.5 percentage points for each 0.001 in. of eccentricity. This error increases to 2.24 percentage points/0.001 in. for a 0.350-in. diameter specimen and to 3.17 percentage points/0.001 in. for a 0.250-in. diameter specimen.

NOTE 6—Alignment methods are given in Practice E 1012.

5.2.2 *Wedge Grips*—Testing machines usually are equipped with wedge grips. These wedge grips generally furnish a satisfactory means of gripping long specimens of ductile metal and flat plate test specimens such as those shown in Fig. 1. If, however, for any reason, one grip of a pair advances farther than the other as the grips tighten, an undesirable bending stress may be introduced. When liners are used behind the wedges, they must be of the same thickness and their faces must be flat and parallel. For best results, the wedges should be supported over their entire lengths by the heads of the testing machine. This requires that liners of several thicknesses be available to cover the range of specimen thickness. For proper gripping, it is desirable that the entire length of the serrated face of each wedge be in contact with the specimen. Proper alignment of wedge grips and liners is illustrated in Fig. 2. For short specimens and for specimens of many materials it is generally necessary to use machined test specimens and to use a special means of gripping to ensure that the specimens, when under load, shall be as nearly as possible in uniformly

distributed pure axial tension (see 5.2.3, 5.2.4, and 5.2.5).

5.2.3 *Grips for Threaded and Shouldered Specimens and Brittle Materials*—A schematic diagram of a gripping device for threaded-end specimens is shown in Fig. 3, while Fig. 4 shows a device for gripping specimens with shouldered ends. Both of these gripping devices should be attached to the heads of the testing machine through properly lubricated spherical-seated bearings. The distance between spherical bearings should be as great as feasible.

5.2.4 *Grips for Sheet Materials*—The self-adjusting grips shown in Fig. 5 have proven satisfactory for testing sheet materials that cannot be tested satisfactorily in the usual type of wedge grips.

5.2.5 *Grips for Wire*—Grips of either the wedge or snubbing types as shown in Fig. 5 and Fig. 6 or flat wedge grips may be used.

5.3 *Dimension-Measuring Devices*—Micrometers and other devices used for measuring linear dimensions shall be accurate and precise to at least one half the smallest unit to which the individual dimension is required to be measured.

5.4 *Extensometers*—Extensometers used in tension testing shall conform to the requirements of Practice E 83 for the classifications specified by the procedure section of this test method. Extensometers shall be used and verified to include the strains corresponding to the yield strength and elongation at fracture (if determined).

5.4.1 Extensometers with gage lengths equal to or shorter than the nominal gage length of the specimen (dimension shown as “G-Gage Length” in the accompanying figures) may be used to determine the yield behavior. For specimens without a reduced section (for example, full cross sectional area specimens of wire, rod, or bar), the extensometer gage length for the determination of yield behavior shall not exceed 80 % of the distance between grips. For measuring elongation at fracture with an appropriate extensometer, the gage length of the extensometer shall be equal to the nominal gage length required for the specimen being tested.

#### 6. Test Specimens

##### 6.1 General:

6.1.1 *Specimen Size*—Test specimens shall be either substantially full size or machined, as prescribed in the product specifications for the material being tested.

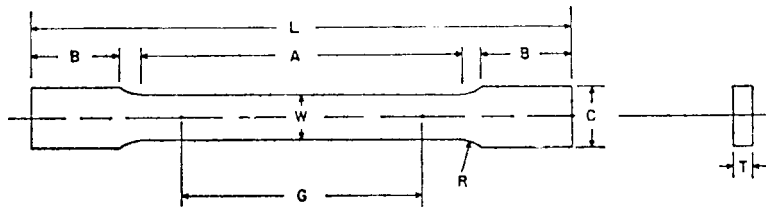
6.1.2 *Location*—Unless otherwise specified, the axis of the test specimen shall be located within the parent material as follows:

6.1.2.1 At the center for products 1 1/2 in. or less in thickness, diameter, or distance between flats.

6.1.2.2 Midway from the center to the surface for products over 1 1/2 in. in thickness, diameter, or distance between flats.

6.1.3 *Specimen Machining*—Improperly prepared test specimens often are the reason for unsatisfactory and incorrect test results. It is important, therefore, that care be exercised in the preparation of specimens, particularly in the machining, to maximize precision and minimize bias in test results.

6.1.3.1 The reduced sections of prepared specimens should be free of cold work, notches, chatter marks, grooves, gouges, burrs, rough surfaces or edges, overheating, or any other



	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 1½-in. Wide	Sheet-Type, ½-in. Wide	¼-in. Wide
	in.	in.	in.
G—Gage length (Note 1 and Note 2)	8.00 ± 0.01	2.000 ± 0.005	1.000 ± 0.003
W—Width (Note 3 and Note 4)	1½ + ⅛, - ¼	0.500 ± 0.010	0.250 ± 0.005
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	1	½	¼
L—Over-all length, (Note 2, Note 7 and Note 8)	18	8	4
A—Length of reduced section, min	9	2¼	1¼
B—Length of grip section, (Note 8)	3	2	1¼
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	2	¾	¾

NOTE 1—For the 1½-in. wide specimen, punch marks for measuring elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the specimen and within the reduced section. Either a set of nine or more punch marks 1 in. apart, or one or more pairs of punch marks 8 in. apart may be used.

NOTE 2—When elongation measurements of 1½-in. wide specimens are not required, a minimum length of reduced section (A) of 2¼ in. may be used with all other dimensions similar to those of the plate-type specimen.

NOTE 3—For the three sizes of specimens, the ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.004, 0.002 or 0.001 in., respectively. Also, there may be a gradual decrease in width from the ends to the center, but the width at each end shall not be more than 0.015, 0.005, or 0.003 in., respectively, larger than the width at the center.

NOTE 4—For each of the three sizes of specimens, narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits; however, unless stated specifically, the requirements for elongation in a product specification shall not apply when these narrower specimens are used.

NOTE 5—The dimension T is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable material specifications. Minimum thickness of 1½-in. wide specimens shall be 3/16 in. Maximum thickness of ½-in. and ¼-in. wide specimens shall be 3/4 in. and ¼ in., respectively.

NOTE 6—For the 1½-in. wide specimen, a ½-in. minimum radius at the ends of the reduced section is permitted for steel specimens under 100 000 psi in tensile strength when a profile cutter is used to machine the reduced section.

NOTE 7—The dimension shown is suggested as a minimum. In determining the minimum length, the grips must not extend in to the transition section between Dimensions A and B, see Note 9.

NOTE 8—To aid in obtaining axial force application during testing of ¼-in. wide specimens, the over-all length should be as large as the material will permit, up to 8.00 in.

NOTE 9—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section large enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips. If the thickness of ½-in. wide specimens is over 3/8 in., longer grips and correspondingly longer grip sections of the specimen may be necessary to prevent failure in the grip section.

NOTE 10—For the three sizes of specimens, the ends of the specimen shall be symmetrical in width with the center line of the reduced section within 0.10, 0.05 and 0.005 in., respectively. However, for referee testing and when required by product specifications, the ends of the ½-in. wide specimen shall be symmetrical within 0.01 in.

NOTE 11—For each specimen type, the radii of all fillets shall be equal to each other within a tolerance of 0.05 in., and the centers of curvature of the two fillets at a particular end shall be located across from each other (on a line perpendicular to the centerline) within a tolerance of 0.10 in.

NOTE 12—Specimens with sides parallel throughout their length are permitted, except for referee testing, provided: (a) the above tolerances are used; (b) an adequate number of marks are provided for determination of elongation; and (c) when yield strength is determined, a suitable extensometer is used. If the fracture occurs at a distance of less than 2W from the edge of the gripping device, the tensile properties determined may not be representative of the material. In acceptance testing, if the properties meet the minimum requirements specified, no further testing is required, but if they are less than the minimum requirements, discard the test and retest.

FIG. 1 Rectangular Tension Test Specimens

condition which can deleteriously affect the properties to be measured.

NOTE 7—Punching or blanking of the reduced section may produce significant cold work or shear burrs, or both, along the edges which should be removed by machining.

6.1.3.2 Within the reduced section of rectangular specimens, edges or corners should not be ground or abraded in a manner which could cause the actual cross-sectional area of the specimen to be significantly different from the calculated area.

6.1.3.3 For brittle materials, large radius fillets at the ends of the gage length should be used.

6.1.3.4 The cross-sectional area of the specimen should be smallest at the center of the reduced section to ensure fracture within the gage length. For this reason, a small taper is permitted in the reduced section of each of the specimens described in the following sections.

6.1.4 *Specimen Surface Finish*—When materials are tested with surface conditions other than as manufactured, the surface

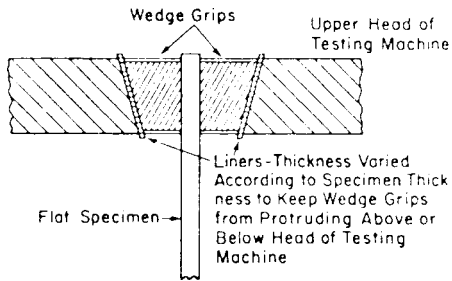


FIG. 2 Wedge Grips with Liners for Flat Specimens

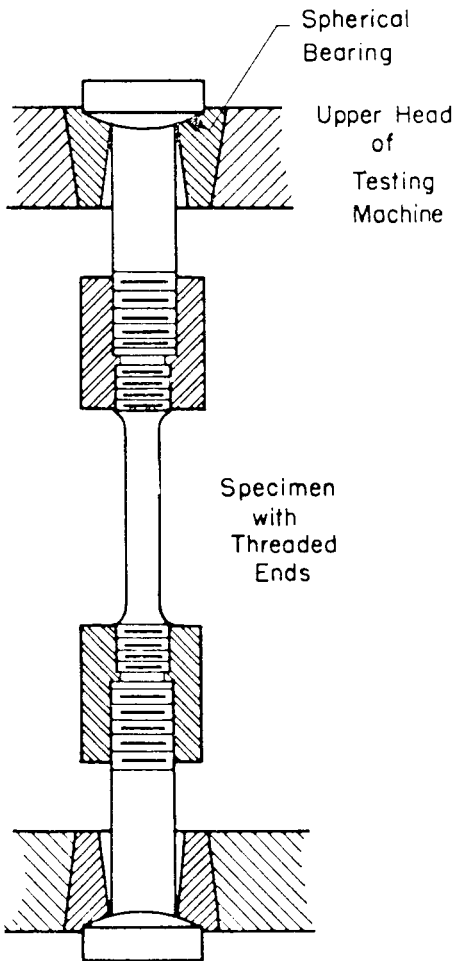


FIG. 3 Gripping Device for Threaded-End Specimens

finish of the test specimens should be as provided in the applicable product specifications.

NOTE 8—Particular attention should be given to the uniformity and quality of surface finish of specimens for high strength and very low ductility materials since this has been shown to be a factor in the variability of test results.

6.2 *Plate-Type Specimens*—The standard plate-type test specimen is shown in Fig. 1. This specimen is used for testing metallic materials in the form of plate, shapes, and flat material having a nominal thickness of  $\frac{3}{16}$  in. or over. When product specifications so permit, other types of specimens may be used, as provided in 6.3, 6.4, and 6.5.

6.3 *Sheet-Type Specimens*:

6.3.1 The standard sheet-type test specimen is shown in Fig.

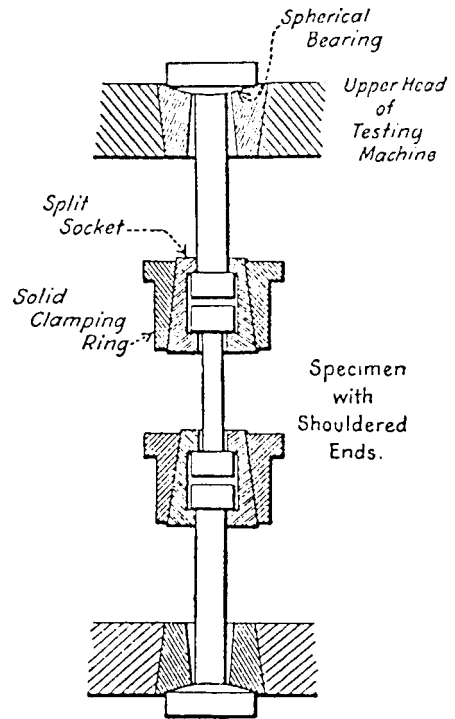


FIG. 4 Gripping Device for Shouldered-End Specimens

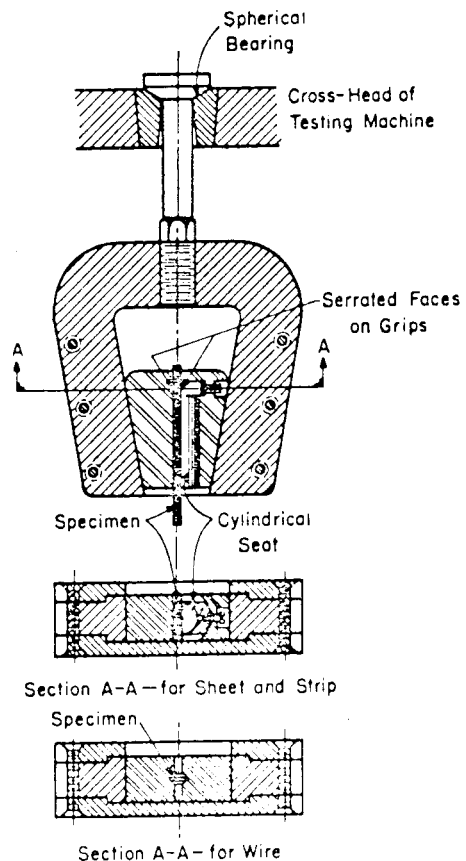


FIG. 5 Gripping Devices for Sheet and Wire Specimens

1. This specimen is used for testing metallic materials in the form of sheet, plate, flat wire, strip, band, hoop, rectangles, and shapes ranging in nominal thickness from 0.005 to  $\frac{3}{4}$  in. When

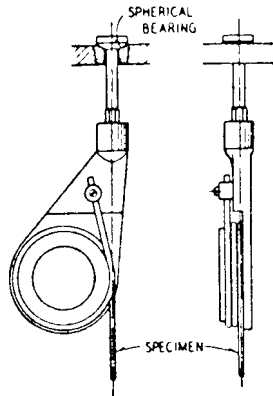


FIG. 6 Snubbing Device for Testing Wire

product specifications so permit, other types of specimens may be used, as provided in 6.2, 6.4, and 6.5.

NOTE 9—Test Methods E 345 may be used for tension testing of materials in thicknesses up to 0.0059 in.

6.3.2 Pin ends as shown in Fig. 7 may be used. In order to avoid buckling in tests of thin and high-strength materials, it may be necessary to use stiffening plates at the grip ends.

6.4 Round Specimens:

6.4.1 The standard 0.500-in. diameter round test specimen shown in Fig. 8 is used quite generally for testing metallic materials, both cast and wrought.

6.4.2 Fig. 8 also shows small-size specimens proportional to the standard specimen. These may be used when it is necessary to test material from which the standard specimen or specimens shown in Fig. 1 cannot be prepared. Other sizes of small round

specimens may be used. In any such small-size specimen it is important that the gage length for measurement of elongation be four times the diameter of the specimen.

6.4.3 The shape of the ends of the specimen outside of the gage length shall be suitable to the material and of a shape to fit the holders or grips of the testing machine so that the forces may be applied axially. Fig. 9 shows specimens with various types of ends that have given satisfactory results.

6.5 Specimens for Sheet, Strip, Flat Wire, and Plate—In testing sheet, plate, flat wire, and strip one of the following types of specimens shall be used:

6.5.1 For material ranging in nominal thickness from 0.005 to 3/4 in., use the sheet-type specimen described in 6.3.

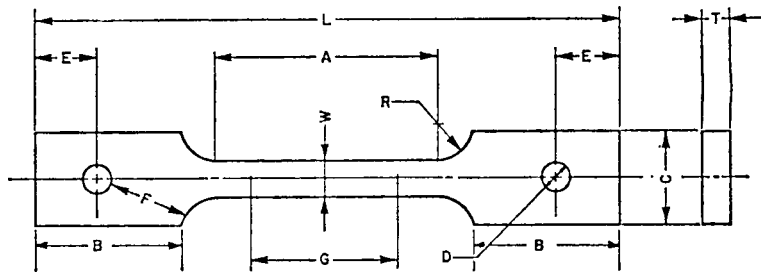
NOTE 10—Attention is called to the fact that either of the flat specimens described in 6.2 and 6.3 may be used for material from 3/16 to 3/4 in. in thickness, and one of the round specimens described in 6.4 may also be used for material 1/2 in. or more in thickness.

6.5.2 For material having a nominal thickness of 3/16 in. or over (Note 10), use the plate-type specimen described in 6.2.

6.5.3 For material having a nominal thickness of 1/2 in. or over (Note 10), use the largest practical size of specimen described in 6.4. When product specifications so permit, a sheet-type 1/2 in. wide specimen conforming to the geometry of Fig. 1 is appropriate, provide the T-Thickness dimension is machined to .400 in., ± .020 in. and this machined thickness is uniform within .004 in. throughout the reduced section. In the event of disagreement, referee specimens shall be the round specimen.

6.6 Specimens for Wire, Rod, and Bar:

6.6.1 For round wire, rod, and bar, test specimens having the



Dimensions	in.
G—Gage length	2.000 ± 0.005
W—Width (Note 1)	0.500 ± 0.010
T—Thickness, max (Note 2)	5/8
R—Radius of fillet, min (Note 3)	1/2
L—Over-all length, min	8
A—Length of reduced section, min	2 1/4
B—Length of grip section, min	2
C—Width of grip section, approximate	2
D—Diameter of hole for pin, min (Note 4)	1/2
E—Edge distance from pin, approximate	1 1/2
F—Distance from hole to fillet, min	1/2

NOTE 1—The ends of the reduced section shall differ in width by not more than 0.002 in. There may be a gradual taper in width from the ends to the center, but the width at each end shall be not more than 0.005 in. greater than the width at the center.

NOTE 2—The dimension T is the thickness of the test specimen as stated in the applicable product specifications.

NOTE 3—For some materials, a fillet radius R larger than 1/2 in. may be needed.

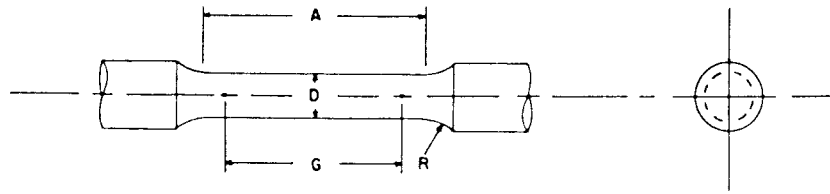
NOTE 4—Holes must be on center line of reduced section, within ±0.002 in.

NOTE 5—Variations of dimensions C, D, E, F, and L may be used that will permit failure within the gage length.

FIG. 7 Pin-Loaded Tension Test Specimen with 2-in. Gage Length



ASTM E 8



	Dimensions				
	Standard Specimen		Small-Size Specimens Proportional to Standard		
	in.	in.	in.	in.	in.
Nominal Diameter	0.500	0.350	0.250	0.160	0.113
G—Gage length	2.000 ± 0.005	1.400 ± 0.005	1.000 ± 0.005	0.640 ± 0.005	0.450 ± 0.005
D—Diameter (Note 1)	0.500 ± 0.010	0.350 ± 0.007	0.250 ± 0.005	0.160 ± 0.003	0.113 ± 0.002
R—Radius of fillet, min	3/8	1/4	3/16	5/32	3/32
A—Length of reduced section, min (Note 2)	2 1/4	1 3/4	1 1/4	3/4	5/8

NOTE 1—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center, with the ends not more than 1 % larger in diameter than the center (controlling dimension).

NOTE 2—If desired, the length of the reduced section may be increased to accommodate an extensometer of any convenient gage length. Reference marks for the measurement of elongation should, nevertheless, be spaced at the indicated gage length.

NOTE 3—The gage length and fillets may be as shown, but the ends may be of any form to fit the holders of the testing machine in such a way that the load shall be axial (see Fig. 9). If the ends are to be held in wedge grips it is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

NOTE 4—On the round specimens in Figs. 8 and 9, the gage lengths are equal to four times the nominal diameter. In some product specifications other specimens may be provided for, but unless the 4-to-1 ratio is maintained within dimensional tolerances, the elongation values may not be comparable with those obtained from the standard test specimen.

NOTE 5—The use of specimens smaller than 0.250-in. diameter shall be restricted to cases when the material to be tested is of insufficient size to obtain larger specimens or when all parties agree to their use for acceptance testing. Smaller specimens require suitable equipment and greater skill in both machining and testing.

NOTE 6—Five sizes of specimens often used have diameters of approximately 0.505, 0.357, 0.252, 0.160, and 0.113 in., the reason being to permit easy calculations of stress from loads, since the corresponding cross-sectional areas are equal or close to 0.200, 0.100, 0.0500, 0.0200, and 0.0100 in.<sup>2</sup>, respectively. Thus, when the actual diameters agree with these values, the stresses (or strengths) may be computed using the simple multiplying factors 5, 10, 20, 50, and 100, respectively. (The metric equivalents of these five diameters do not result in correspondingly convenient cross-sectional areas and multiplying factors.)

**FIG. 8 Standard 0.500-in. Round Tension Test Specimen with 2-in. Gage Length and Examples of Small-Size Specimens Proportional to the Standard Specimen**

full cross-sectional area of the wire, rod, or bar shall be used wherever practicable. The gage length for the measurement of elongation of wire less than 1/8 in. in diameter shall be as prescribed in product specifications. In testing wire, rod, or bar that has a 1/8-in. or larger diameter, unless otherwise specified, a gage length equal to four times the diameter shall be used. The total length of the specimens shall be at least equal to the gage length plus the length of material required for the full use of the grips employed.

6.6.2 For wire of octagonal, hexagonal, or square cross section, for rod or bar of round cross section where the specimen required in 6.6.1 is not practicable, and for rod or bar of octagonal, hexagonal, or square cross section, one of the following types of specimens shall be used:

6.6.2.1 *Full Cross Section* (Note 11)—It is permissible to reduce the test section slightly with abrasive cloth or paper, or machine it sufficiently to ensure fracture within the gage marks. For material not exceeding 0.188 in. in diameter or distance between flats, the cross-sectional area may be reduced to not less than 90 % of the original area without changing the shape of the cross section. For material over 0.188 in. in diameter or distance between flats, the diameter or distance between flats may be reduced by not more than 0.010 in. without changing the shape of the cross section. Square, hexagonal, or octagonal wire or rod not exceeding 0.188 in.

between flats may be turned to a round having a cross-sectional area not smaller than 90 % of the area of the maximum inscribed circle. Fillets, preferably with a radius of 3/8 in., but not less than 1/8 in., shall be used at the ends of the reduced sections. Square, hexagonal, or octagonal rod over 0.188 in. between flats may be turned to a round having a diameter no smaller than 0.010 in. less than the original distance between flats.

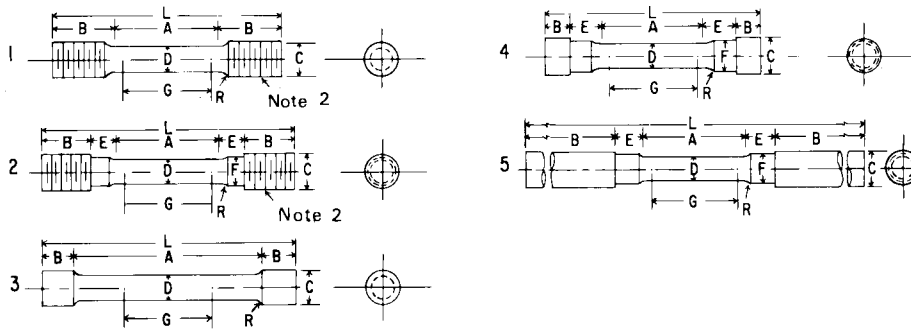
NOTE 11—The ends of copper or copper alloy specimens may be flattened 10 to 50 % from the original dimension in a jig similar to that shown in Fig. 10, to facilitate fracture within the gage marks. In flattening the opposite ends of the test specimen, care shall be taken to ensure that the four flattened surfaces are parallel and that the two parallel surfaces on the same side of the axis of the test specimen lie in the same plane.

6.6.2.2 For rod and bar, the largest practical size of round specimen as described in 6.4 may be used in place of a test specimen of full cross section. Unless otherwise specified in the product specification, specimens shall be parallel to the direction of rolling or extrusion.

6.7 *Specimens for Rectangular Bar*— In testing rectangular bar one of the following types of specimens shall be used:

6.7.1 *Full Cross Section*—It is permissible to reduce the width of the specimen throughout the test section with abrasive cloth or paper, or by machining sufficiently to facilitate fracture within the gage marks, but in no case shall the reduced width





	Dimensions				
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
	in.	in.	in.	in.	in.
G—Gage length	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005
D—Diameter (Note 1)	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010	0.500 ± 0.010
R—Radius of fillet, min	3/8	3/8	1/16	3/8	3/8
A—Length of reduced section	2 1/4, min	2 1/4, min	4, approximately	2 1/4, min	2 1/4, min
L—Over-all length, approximate	5	5 1/2	5 1/2	4 3/4	9 1/2
B—Length of end section (Note 3)	1 3/8, approximately	1, approximately	3/4, approximately	1/2, approximately	3, min
C—Diameter of end section	3/4	3/4	2 3/32	7/8	3/4
E—Length of shoulder and fillet section, approximate	...	5/8	...	3/4	5/8
F—Diameter of shoulder	...	5/8	...	5/8	1 9/32

NOTE 1—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center with the ends not more than 0.005 in. larger in diameter than the center.

NOTE 2—On Specimens 1 and 2, any standard thread is permissible that provides for proper alignment and aids in assuring that the specimen will break within the reduced section.

NOTE 3—On Specimen 5 it is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

FIG. 9 Various Types of Ends for Standard Round Tension Test Specimens

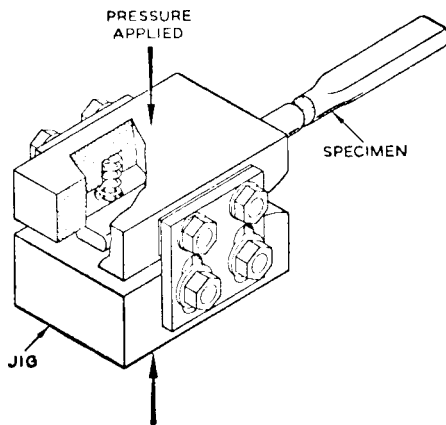


FIG. 10 Squeezing Jig for Flattening Ends of Full-Size Tension Test Specimens

be less than 90 % of the original. The edges of the midlength of the reduced section not less than 3/4 in. in length shall be parallel to each other and to the longitudinal axis of the specimen within 0.002 in. Fillets, preferably with a radius of 3/8 in. but not less than 1/8 in. shall be used at the ends of the reduced sections.

6.7.2 Rectangular bar of thickness small enough to fit the grips of the testing machine but of too great width may be reduced in width by cutting to fit the grips, after which the cut surfaces shall be machined or cut and smoothed to ensure failure within the desired section. The reduced width shall be not less than the original bar thickness. Also, one of the types of specimens described in 6.2, 6.3, and 6.4 may be used.

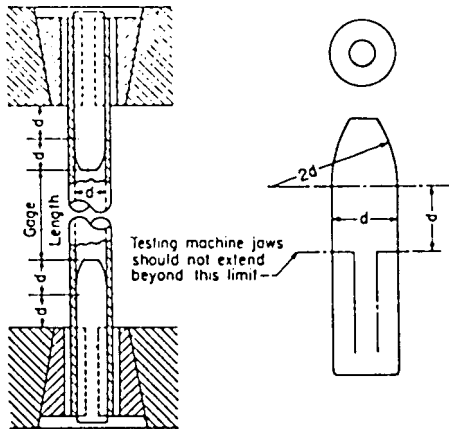
6.8 Shapes, Structural and Other—In testing shapes other than those covered by the preceding sections, one of the types of specimens described in 6.2, 6.3, and 6.4 shall be used.

6.9 Specimens for Pipe and Tube (Note 12):

6.9.1 For all small tube (Note 12), particularly sizes 1 in. and under in nominal outside diameter, and frequently for larger sizes, except as limited by the testing equipment, it is standard practice to use tension test specimens of full-size tubular sections. Snug-fitting metal plugs shall be inserted far enough into the ends of such tubular specimens to permit the testing machine jaws to grip the specimens properly. The plugs shall not extend into that part of the specimen on which the elongation is measured. Elongation is measured over a length of 4D unless otherwise stated in the product specification. Fig. 11 shows a suitable form of plug, the location of the plugs in the specimen, and the location of the specimen in the grips of the testing machine.

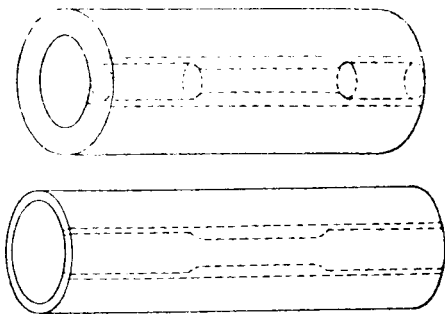
NOTE 12—The term “tube” is used to indicate tubular products in general, and includes pipe, tube, and tubing.

6.9.2 For large-diameter tube that cannot be tested in full section, longitudinal tension test specimens shall be cut as indicated in Fig. 12. Specimens from welded tube shall be located approximately 90° from the weld. If the tube-wall thickness is under 3/4 in., either a specimen of the form and dimensions shown in Fig. 13 or one of the small-size specimens proportional to the standard 1/2-in. specimen, as mentioned in 6.4.2 and shown in Fig. 8, shall be used. Specimens of the type shown in Fig. 13 may be tested with grips having



NOTE 1—The diameter of the plug shall have a slight taper from the line limiting the test machine jaws to the curved section.

**FIG. 11 Metal Plugs for Testing Tubular Specimens, Proper Location of Plugs in Specimen and of Specimens in Heads of Testing Machine**



NOTE 1—The edges of the blank for the specimen shall be cut parallel to each other.

**FIG. 12 Location from Which Longitudinal Tension Test Specimens Are to be Cut from Large-Diameter Tube**

a surface contour corresponding to the curvature of the tube. When grips with curved faces are not available, the ends of the specimens may be flattened without heating. If the tube-wall thickness is  $\frac{3}{4}$  in. or over, the standard specimen shown in Fig. 8 shall be used.

NOTE 13—In clamping of specimens from pipe and tube (as may be done during machining) or in flattening specimen ends (for gripping), care must be taken so as not to subject the reduced section to any deformation or cold work, as this would alter the mechanical properties.

6.9.3 Transverse tension test specimens for tube may be taken from rings cut from the ends of the tube as shown in Fig. 14. Flattening of the specimen may be either after separating as in *A*, or before separating as in *B*. Transverse tension test specimens for large tube under  $\frac{3}{4}$  in. in wall thickness shall be either of the small-size specimens shown in Fig. 8 or of the form and dimensions shown for Specimen 2 in Fig. 13. When using the latter specimen, either or both surfaces of the specimen may be machined to secure a uniform thickness, provided not more than 15 % of the normal wall thickness is removed from each surface. For large tube  $\frac{3}{4}$  in. and over in wall thickness, the standard specimen shown in Fig. 8 shall be used for transverse tension tests. Specimens for transverse tension tests on large welded tube to determine the strength of

welds shall be located perpendicular to the welded seams, with the welds at about the middle of their lengths.

6.10 *Specimens for Forgings*—For testing forgings, the largest round specimen described in 6.4 shall be used. If round specimens are not feasible, then the largest specimen described in 6.5 shall be used.

6.10.1 For forgings, specimens shall be taken as provided in the applicable product specifications, either from the predominant or thickest part of the forging from which a coupon can be obtained, or from a prolongation of the forging, or from separately forged coupons representative of the forging. When not otherwise specified, the axis of the specimen shall be parallel to the direction of grain flow.

6.11 *Specimens for Castings*—In testing castings either the standard specimen shown in Fig. 8 or the specimen shown in Fig. 15 shall be used unless otherwise provided in the product specifications.

6.11.1 Test coupons for castings shall be made as shown in Fig. 16 and Table 1.

6.12 *Specimen for Malleable Iron*—For testing malleable iron the test specimen shown in Fig. 17 shall be used, unless otherwise provided in the product specifications.

6.13 *Specimen for Die Castings*—For testing die castings the test specimen shown in Fig. 18 shall be used unless otherwise provided in the product specifications.

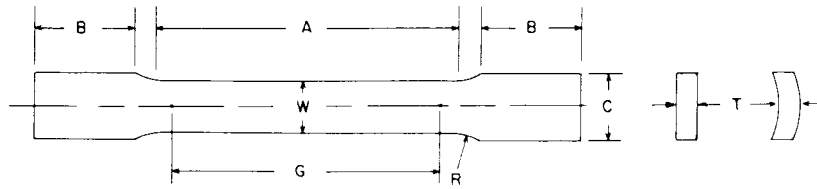
6.14 *Specimens for Powder Metallurgy (P/M) Materials*—For testing powder metallurgy (P/M) materials the test specimens shown in Fig. 19 and Fig. 20 shall be used, unless otherwise provided in the product specifications. When making test specimens in accordance with Fig. 19, shallow transverse grooves, or ridges, may be pressed in the ends to allow gripping by jaws machined to fit the grooves or ridges. Because of shape and other factors, the flat unmachined tensile test specimen (Fig. 19) in the heat treated condition will have an ultimate tensile strength of 50 % to 85 % of that determined in a machined round tensile test specimen (Fig. 20) of like composition and processing.

## 7. Procedures

7.1 *Preparation of the Test Machine*— Upon startup, or following a prolonged period of machine inactivity, the test machine should be exercised or warmed up to normal operating temperatures to minimize errors that may result from transient conditions.

### 7.2 *Measurement of Dimensions of Test Specimens:*

7.2.1 To determine the cross-sectional area of a test specimen, measure the dimensions of the cross section at the center of the reduced section. For referee testing of specimens under  $\frac{3}{16}$  in. in their least dimension, measure the dimensions where the least cross-sectional area is found. Measure and record the cross-sectional dimensions of tension test specimens 0.200 in. and over to the nearest 0.001 in.; the cross-sectional dimensions from 0.100 in. but less than 0.200 in., to the nearest 0.0005 in.; the cross-sectional dimensions from 0.020 in. but less than 0.100 in., to the nearest 0.0001 in.; and when practical, the cross-sectional dimensions less than 0.020 in., to at least the nearest 1 % but in all cases to at least the nearest 0.0001 in.



Dimensions							
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5	Specimen 6	Specimen 7
	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.
G—Gage length	2.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	8.00 ± 0.01	2.000 ± 0.005	4.000 ± 0.005	2.000 ± 0.005	4.000 ± 0.005
W—Width (Note 1)	0.500 ± 0.010	1½ + ⅙ - ¼	1½ + ⅙ - ¼	0.750 ± 0.031	0.750 ± 0.031	1.000 ± 0.062	1.000 ± 0.062
T—Thickness	measured thickness of specimen						
R—Radius of fillet, min	½	1	1	1	1	1	1
A—Length of reduced section, min	2¼	2¼	9	2¼	4½	2¼	½
B—Length of grip section, min (Note 2)	3	3	3	3	3	3	3
C—Width of grip section, approximate (Note 3)	⅛	2	2	1	1	1½	1½

NOTE 1—The ends of the reduced section shall differ in width by not more than 0.002 in. for specimens 1 and 4, and not more than 0.005 in. for specimens 2, 3, 5, 6, and 7. There may be a gradual taper in width from the ends to the center, but the width at each end shall be not more than 0.005 in. greater than the width at the center for 2-in. gage length specimens, not more than 0.008 in. greater than the width at the center for 4-in. gage length specimens, and not more than 0.015 in. greater than the width at the center for 8-in. gage length specimens.

NOTE 2—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

NOTE 3—The ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.05 in. for specimens 1, 4, and 5, and 0.10 in. for specimens 2, 3, 6, and 7.

NOTE 4—For each specimen type, the radii of all fillets shall be equal to each other within a tolerance of 0.05 in., and the centers of curvature of the two fillets at a particular end shall be located across from each other (on a line perpendicular to the centerline) within a tolerance of 0.10 in.

NOTE 5—For circular segments, the cross-sectional area may be calculated by multiplying *W* and *T*. If the ratio of the dimension *W* to the diameter of the tubular section is larger than about ⅓, the error in using this method to calculate the cross-sectional area may be appreciable. In this case, the exact equation (see section 7.2.3) must be used to determine the area.

NOTE 6—Specimens with *G/W* less than 4 should not be used for determination of elongation.

NOTE 7—Specimens with sides parallel throughout their length are permitted, except for referee testing, provided: (a) the above tolerances are used; (b) an adequate number of marks are provided for determination of elongation; and (c) when yield strength is determined, a suitable extensometer is used. If the fracture occurs at a distance of less than 2*W* from the edge of the gripping device, the tensile properties determined may not be representative of the material. If the properties meet the minimum requirements specified, no further testing is required, but if they are less than the minimum requirements, discard the test and retest.

FIG. 13 Tension Test Specimens for Large-Diameter Tubular Products

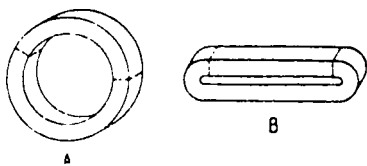


FIG. 14 Location of Transverse Tension Test Specimen in Ring Cut from Tubular Products

NOTE 14—Accurate and precise measurement of specimen dimensions can be one of the most critical aspects of tension testing, depending on specimen geometry. See Appendix X2 for additional information.

NOTE 15—Rough surfaces due to the manufacturing process such as hot rolling, metallic coating, etc., may lead to inaccuracy of the computed areas greater than the measured dimensions would indicate. Therefore, cross-sectional dimensions of test specimens with rough surfaces due to processing may be measured and recorded to the nearest 0.001 in.

NOTE 16—See X2.9 for cautionary information on measurements taken from coated metal products.

7.2.2 Determine cross-sectional areas of full-size test specimens of nonsymmetrical cross sections by weighing a length

not less than 20 times the largest cross-sectional dimension and using the value of density of the material. Determine the weight to the nearest 0.5 % or less.

7.2.3 For materials where the specified elongation is 3 % or less, measure the original gage length to the nearest 0.002 in. prior to testing.

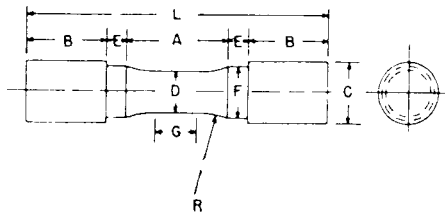
7.2.4 When using specimens of the type shown in Fig. 13 taken from tubes, the cross-sectional area shall be determined as follows:

If  $D/W \leq 6$ :

$$A = [(W/4) \times (D^2 - W^2)^{1/2}] + [(D^2/4) \times \arcsin(W/D)] - [(W/4) \times ((D - 2T)^2 - W^2)^{1/2}] - [((D - 2T)/2)^2 \times \arcsin(W/(D - 2T))] \quad (1)$$

where:

- A* = exact cross-sectional area, in.<sup>2</sup>,
  - W* = width of the specimen in the reduced section, in.,
  - D* = measured outside diameter of the tube, in., and
  - T* = measured wall thickness of the specimen, in.
- arcsin values to be in radians



	Dimensions		
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
	in.	in.	in.
G—Length of parallel section	Shall be equal to or greater than diameter <i>D</i>		
D—Diameter	0.500 ± 0.010	0.750 ± 0.015	1.25 ± 0.02
R—Radius of fillet, min	1	1	2
A—Length of reduced section, min	1¼	1½	2¼
L—Over-all length, min	3¾	4	6¾
B—Length of end section, approximate	1	1	1¾
C—Diameter of end section, approximate	¾	1½	1¾
E—Length of shoulder, min	¼	¼	⅝
F—Diameter of shoulder	⅝ ± ⅛	1⅞ ± ⅛	1⅞ ± ⅛

NOTE 1—Note—The reduced section and shoulders (dimensions *A*, *D*, *E*, *F*, *G*, and *R*) shall be as shown, but the ends may be of any form to fit the holders of the testing machine in such a way that the force can be axial. Commonly the ends are threaded and have the dimensions *B* and *C* given above.

FIG. 15 Standard Tension Test Specimen for Cast Iron

If  $D/W > 6$ , the exact equation or the following equation may be used:

$$A = W \times T \quad (2)$$

where:

- A* = approximate cross-sectional area, in.<sup>2</sup>,
- W* = width of the specimen in the reduced section, in., and
- T* = measured wall thickness of the specimen, in.

NOTE 17—See X2.8 for cautionary information on measurements and calculations for specimens taken from large-diameter tubing.

### 7.3 Gage Length Marking of Test Specimens:

7.3.1 The gage length for the determination of elongation shall be in accordance with the product specifications for the material being tested. Gage marks shall be stamped lightly with a punch, scribed lightly with dividers or drawn with ink as preferred. For material that is sensitive to the effect of slight notches and for small specimens, the use of layout ink will aid in locating the original gage marks after fracture.

### 7.4 Zeroing of the Testing Machine:

7.4.1 The testing machine shall be set up in such a manner that zero force indication signifies a state of zero force on the specimen. Any force (or preload) imparted by the gripping of the specimen (see Note 18) must be indicated by the force measuring system unless the preload is physically removed prior to testing. Artificial methods of removing the preload on the specimen, such as taring it out by a zero adjust pot or removing it mathematically by software, are prohibited because these would affect the accuracy of the test results.

NOTE 18—Preloads generated by gripping of specimens may be either tensile or compressive in nature and may be the result of such things as:

- grip design
- malfunction of gripping apparatus (sticking, binding, etc.)
- excessive gripping force
- sensitivity of the control loop

NOTE 19—It is the operator's responsibility to verify that an observed preload is acceptable and to ensure that grips operate in a smooth manner. Unless otherwise specified, it is recommended that momentary (dynamic) forces due to gripping not exceed 20 % of the material's nominal yield strength and that static preloads not exceed 10 % of the material's nominal yield strength.

### 7.5 Gripping of the Test Specimen:

7.5.1 For specimens with reduced sections, gripping of the specimen shall be restricted to the grip section, because gripping in the reduced section or in the fillet can significantly affect test results.

### 7.6 Speed of Testing:

7.6.1 Speed of testing may be defined in terms of (a) rate of straining of the specimen, (b) rate of stressing of the specimen, (c) rate of separation of the two heads of the testing machine during a test, (d) the elapsed time for completing part or all of the test, or (e) free-running crosshead speed (rate of movement of the crosshead of the testing machine when not under load).

7.6.2 Specifying suitable numerical limits for speed and selection of the method are the responsibilities of the product committees. Suitable limits for speed of testing should be specified for materials for which the differences resulting from the use of different speeds are of such magnitude that the test results are unsatisfactory for determining the acceptability of the material. In such instances, depending upon the material and the use for which the test results are intended, one or more of the methods described in the following paragraphs is recommended for specifying speed of testing.

NOTE 20—Speed of testing can affect test values because of the rate sensitivity of materials and the temperature-time effects.

7.6.2.1 *Rate of Straining*—The allowable limits for rate of straining shall be specified in inches per inch per minute. Some testing machines are equipped with pacing or indicating devices for the measurement and control of rate of straining, but in the absence of such a device the average rate of straining can be determined with a timing device by observing the time required to effect a known increment of strain.

7.6.2.2 *Rate of Stressing*—The allowable limits for rate of stressing shall be specified in pounds per square inch per minute. Many testing machines are equipped with pacing or indicating devices for the measurement and control of the rate of stressing, but in the absence of such a device the average rate of stressing can be determined with a timing device by observing the time required to apply a known increment of stress.

7.6.2.3 *Rate of Separation of Heads During Tests*—The allowable limits for rate of separation of the heads of the testing machine, during a test, shall be specified in inches per inch of length of reduced section (or distance between grips for specimens not having reduced sections) per minute. The limits for the rate of separation may be further qualified by specifying different limits for various types and sizes of specimens. Many testing machines are equipped with pacing or indicating devices for the measurement and control of the rate of separation of the heads of the machine during a test, but in the

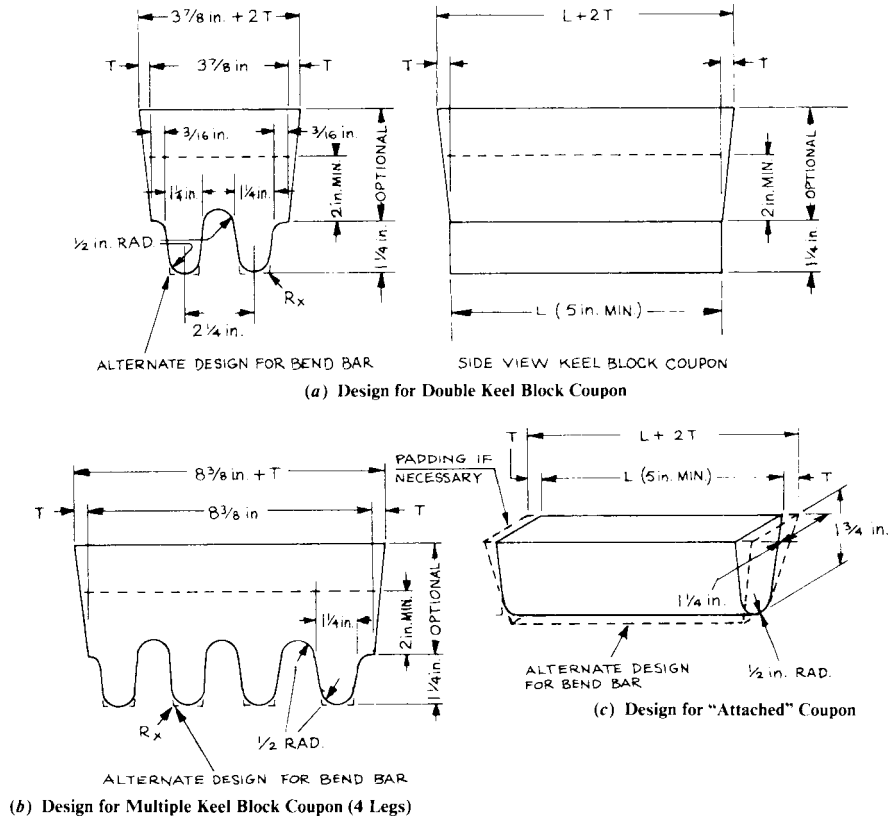


FIG. 16 Test Coupons for Castings (see Table 1 for Details of Design)

TABLE 1 Details of Test Coupon Design for Castings (See Fig. 16)

NOTE 1—*Test Coupons for Large and Heavy Steel Castings:* The test coupons in Fig. 16 are to be used for large and heavy steel castings. However, at the option of the foundry the cross-sectional area and length of the standard coupon may be increased as desired. This provision does not apply to Specification A 356/A 356M.

NOTE 2—*Bend Bar:* If a bend bar is required, an alternate design (as shown by dotted lines in Fig. 16) is indicated.

	Log Design (5 in.)		Riser Design
1. <i>L</i> (length)	A 5-in. minimum length will be used. This length may be increased at the option of the foundry to accommodate additional test bars (see Note 1).	1. <i>L</i> (length)	The length of the riser at the base will be the same as the top length of the leg. The length of the riser at the top therefore depends on the amount of taper added to the riser.
2. End taper	Use of and size of end taper is at the option of the foundry.	2. Width	The width of the riser at the base of a multiple-leg coupon shall be $n(2\frac{1}{4} \text{ in.}) - \frac{5}{8} \text{ in.}$ where <i>n</i> equals the number of legs attached to the coupon. The width of the riser at the top is therefore dependent on the amount of taper added to the riser.
3. Height	1 1/4 in.		
4. Width (at top)	1 1/4 in. (see Note 1)		
5. Radius (at bottom)	1/2 in. max		
6. Spacing between legs	A 1/2-in. radius will be used between the legs.		
7. Location of test bars	The tensile, bend, and impact bars will be taken from the lower portion of the leg (see Note 2).		
8. Number of legs	The number of legs attached to the coupon is at the option of the foundry providing they are equispaced according to Item 6.	3. <i>T</i> (riser taper) Height	Use of and size is at the option of the foundry. The minimum height of the riser shall be 2 in. The maximum height is at the option of the foundry for the following reasons: (a) many risers are cast open, (b) different compositions may require variation in risering for soundness, or (c) different pouring temperatures may require variation in risering for soundness.
9. <i>R<sub>s</sub></i>	Radius from 0 to approximately 1/16 in.		

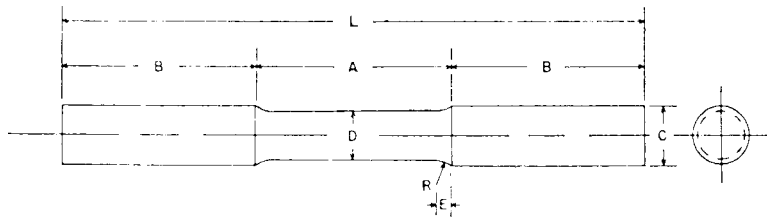
absence of such a device the average rate of separation of the heads can be experimentally determined by using suitable length-measuring and timing devices.

7.6.2.4 *Elapsed Time*—The allowable limits for the elapsed time from the beginning of force application (or from some specified stress) to the instant of fracture, to the maximum

force, or to some other stated stress, shall be specified in minutes or seconds. The elapsed time can be determined with a timing device.

7.6.2.5 *Free-Running Crosshead Speed*— The allowable limits for the rate of movement of the crosshead of the testing machine, with no force applied by the testing machine, shall be

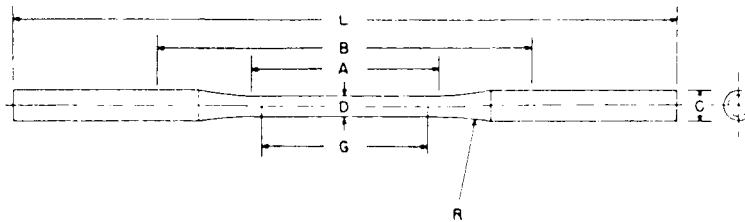




Dimensions

	in.
D—Diameter	5/8
R—Radius of fillet	5/16
A—Length of reduced section	2 1/2
L—Over-all length	7 1/2
B—Length of end section	2 1/2
C—Diameter of end section	3/4
E—Length of fillet	3/16

FIG. 17 Standard Tension Test Specimen for Malleable Iron



Dimensions

	in
G—Gage length	2.000 ± 0.005
D—Diameter (see Note)	0.250 ± 0.005
R—Radius of fillet, min	3
A—Length of reduced section, min	2 1/4
L—Over-all length, min	9
B—Distance between grips, min	4 1/2
C—Diameter of end section, approximate	3/8

NOTE 1—The reduced section may have a gradual taper from the end toward the center, with the ends not more than 0.005 in. larger in diameter than the center.

FIG. 18 Standard Tension Test Specimens for Die Castings

specified in inches per inch of length of reduced section (or distance between grips for specimens not having reduced sections) per minute. The limits for the crosshead speed may be further qualified by specifying different limits for various types and sizes of specimens. The average crosshead speed can be experimentally determined by using suitable length-measuring and timing devices.

NOTE 21—For machines not having crossheads or having stationary crossheads, the phrase “free-running crosshead speed” may be interpreted to mean the free-running rate of grip separation.

7.6.3 *Speed of Testing When Determining Yield Properties*—Unless otherwise specified, any convenient speed of testing may be used up to one half the specified yield strength or up to one quarter the specified tensile strength, whichever is smaller. The speed above this point shall be within the limits specified. If different speed limitations are required for use in determining yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area, they should be stated in the product specifications. In the

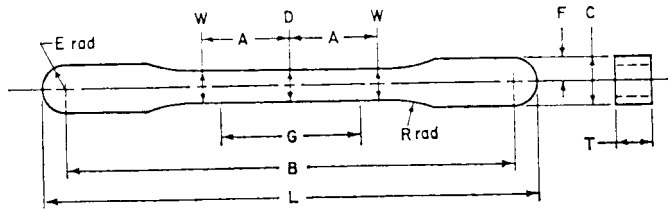
absence of any specified limitations on speed of testing, the following general rules shall apply:

NOTE 22—In the previous and following paragraphs, the yield properties referred to include yield strength and yield point elongation.

7.6.3.1 The speed of testing shall be such that the forces and strains used in obtaining the test results are accurately indicated.

7.6.3.2 When performing a test to determine yield properties, the rate of stress application shall be between 10 000 and 100 000 psi/min.

NOTE 23—When a specimen being tested begins to yield, the stressing rate decreases and may even become negative in the case of a specimen with discontinuous yielding. To maintain a constant stressing rate would require the testing machine to operate at extremely high speeds and, in many cases, this is not practical. The speed of the testing machine shall not be increased in order to maintain a stressing rate when the specimen begins to yield. In practice, it is simpler to use either a strain rate, a rate of separation of the heads, or a free-running crosshead speed which approximates the desired stressing rate. As an example, use a strain rate



Pressing Area = 1.00 in.<sup>2</sup>  
 Dimensions Specified, are Those of the Die  
 Pressing Area = 1.00 in.<sup>2</sup>

Dimensions	
	in.
G—Gage length	1.000 ± 0.003
D—Width at center	0.225 ± 0.001
W—Width at end of reduced section	0.235 ± 0.001
T—Compact to this thickness	0.140 to 0.250
R—Radius of fillet	1
A—Half-length of reduced section	5/8
B—Grip length	3.187 ± 0.001
L—Overall length	3.529 ± 0.001
C—Width of grip section	0.343 ± 0.001
F—Half-width of grip section	0.171 ± 0.001
E—End radius	0.171 ± 0.001

NOTE 1—Note—Dimensions Specified, except G and T, are those of the die.

**FIG. 19 Standard Flat Unmachined Tension Test Specimens for Powder Metallurgy (P/M) Products**

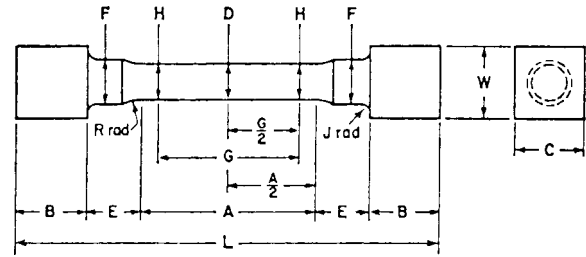
that is less than 100 000 psi divided by the nominal Young's Modulus of the material being tested. As another example, find a rate of separation of the heads through experimentation which would approximate the desired stressing rate prior to the onset of yielding, and maintain that rate of separation of the heads through the region that yield properties are determined. While both of these methods will provide similar rates of stressing and straining prior to the onset of yielding, the rates of stressing and straining may be different in the region where yield properties are determined. This difference is due to the change in the rate of elastic deformation of the testing machine, before and after the onset of yielding. In addition, the use of any of the methods other than rate of straining may result in different stressing and straining rates when using different testing machines, due to differences in the stiffness of the testing machines used.

**7.6.4 Speed of Testing When Determining Tensile Strength**—In the absence of any specified limitations on speed of testing, the following general rules shall apply for materials with expected elongations greater than 5 %. When determining only the tensile strength, or after the yield behavior has been recorded, the speed of the testing machine shall be set between 0.05 and 0.5 in./in. of the length of the reduced section (or distance between the grips for specimens not having a reduced section) per minute. Alternatively, an extensometer and strain rate indicator may be used to set the strain rate between 0.05 and 0.5 in./in./min.

NOTE 24—For materials with expected elongations less than or equal to 5 %, the speed of the testing machine may be maintained throughout the test at the speed used to determine yield properties.

NOTE 25—Tensile strength and elongation are sensitive to test speed for many materials (see Appendix X1) to the extent that variations within the range of test speeds given above can significantly affect results.

**7.7 Determination of Yield Strength**—Determine yield strength by any of the methods described in 7.7.1 to 7.7.4.



Approximate Pressing Area of Unmachined Compact = 1.166 in.<sup>2</sup>  
**Machining Recommendations**

1. Rough machine reduced section to 1/4 -in. diameter
2. Finish turn 0.187/0.191-in. diameter with radii and taper
3. Polish with 00 emery cloth
4. Lap with crocus cloth

Dimensions	
	in.
G—Gage length	1.000 ± 0.003
D—Diameter at center of reduced section	0.187 ± 0.001
H—Diameter at ends of gage length	0.191 ± 0.001
R—Radius of fillet	0.250 ± 0.005
A—Length of reduced section	1.875 ± 0.003
L—Overall length (die cavity length)	3, nominal
B—Length of end section	0.310 ± 0.005
C—Compact to this end thickness	0.395 ± 0.005
W—Die cavity width	0.395 ± 0.003
E—Length of shoulder	0.250 ± 0.005
F—Diameter of shoulder	0.310 ± 0.001
J—End fillet radius	0.050 ± 0.005

NOTE 1—The gage length and fillets of the specimen shall be as shown. The ends as shown are designed to provide a practical minimum pressing area. Other end designs are acceptable, and in some cases are required for high-strength sintered materials.

NOTE 2—It is recommended that the test specimen be gripped with a split collet and supported under the shoulders. The radius of the collet support circular edge is to be not less than the end fillet radius of the test specimen.

NOTE 3—Diameters D and H are to be concentric within 0.001 in. total indicator runoff (T.I.R.), and free of scratches and tool marks.

**FIG. 20 Standard Round Machined Tension Test Specimen for Powder Metallurgy (P/M) Products**

Where extensometers are employed, use only those which are verified over a strain range in which the yield strength will be determined (see 5.4).

NOTE 26—For example, a verified strain range of 0.2 % to 2.0 % is appropriate for use in determining the yield strengths of many metals.

NOTE 27—Determination of yield behavior on materials which cannot support an appropriate extensometer (thin wire, for example) is problematic and outside the scope of this standard.

**7.7.1 Offset Method**—To determine the yield strength by the offset method, it is necessary to secure data (autographic or numerical) from which a stress-strain diagram may be drawn. Then on the stress-strain diagram (Fig. 21) lay off Om equal to the specified value of the offset, draw mn parallel to OA, and thus locate r, the intersection of mn with the stress-strain diagram (Note 33). In reporting values of yield strength obtained by this method, the specified value of offset used should be stated in parentheses after the term yield strength. Thus:

$$\text{Yield strength (offset = 0.2 \%)} = 52\,000 \text{ psi} \quad (3)$$

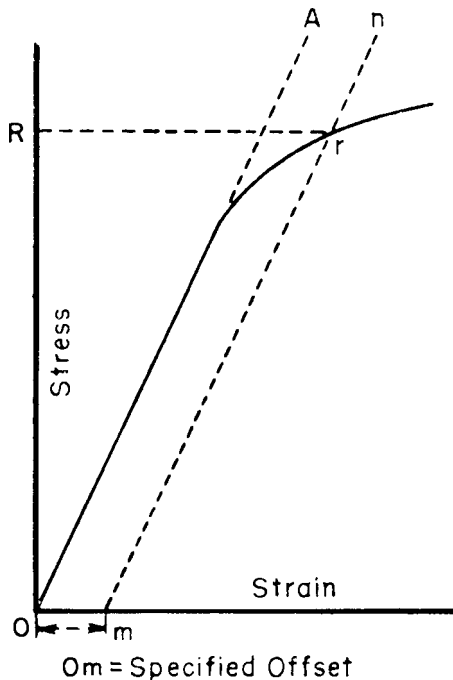


FIG. 21 Stress-Strain Diagram for Determination of Yield Strength by the Offset Method

In using this method, a Class B2 or better extensometer (see Practice E 83) shall be used.

NOTE 28—There are two general types of extensometers, averaging and non-averaging, the use of which is dependent on the product tested. For most machined specimens, there are minimal differences. However, for some forgings and tube sections, significant differences in measured yield strength can occur. For these cases, it is recommended that the averaging type be used.

NOTE 29—When there is a disagreement over yield properties, the offset method for determining yield strength is recommended as the referee method.

7.7.2 *Extension-Under-Load Method*—Yield strength by the extension-under-load method may be determined by: (1) using autographic or numerical devices to secure stress-strain data, and then analyzing this data (graphically or using automated methods) to determine the stress value at the specified value of extension, or (2) using devices that indicate when the specified extension occurs, so that the stress then occurring may be ascertained (Note 31). Any of these devices may be automatic. This method is illustrated in Fig. 22. The stress at the specified extension shall be reported as follows:

$$\text{yield strength (EUL = 0.5 \%)} = 52\ 000 \text{ psi} \quad (4)$$

Extensometers and other devices used in determination of the extension shall meet Class B2 requirements (see Practice E 83) at the strain of interest, except where use of low-magnification Class C devices is helpful, such as in facilitating measurement of YPE, if observed. If Class C devices are used, this must be reported along with the results.

NOTE 30—The appropriate value of the total extension must be specified. For steels with nominal yield strengths of less than 80 000 psi, an appropriate value is 0.005 in./in. (0.5 %) of the gage length. For higher strength steels, a greater extension or the offset method should be used.

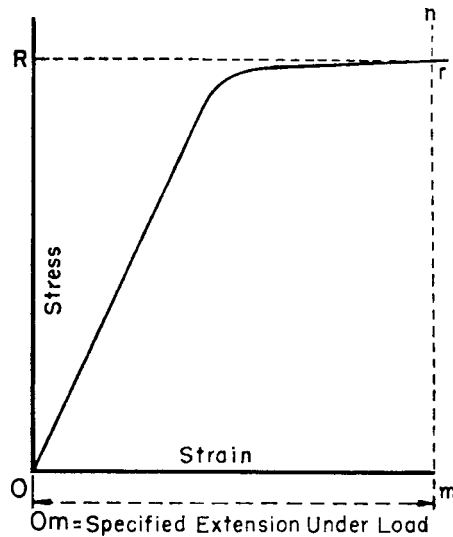


FIG. 22 Stress-Strain Diagram for Determination of Yield Strength by the Extension-Under-Load Method

NOTE 31—When no other means of measuring elongation are available, a pair of dividers or similar device can be used to determine a point of detectable elongation between two gage marks on the specimen. The gage length shall be 2 in. The stress corresponding to the load at the instant of detectable elongation may be recorded as the *approximate* extension-under-load yield strength.

7.7.3 *Autographic Diagram Method (for materials exhibiting discontinuous yielding)*—Obtain stress-strain (or force/elongation) data or construct a stress-strain (or load-elongation) diagram using an autographic device. Determine the upper or lower yield strength as follows:

7.7.3.1 Record the stress corresponding to the maximum force at the onset of discontinuous yielding as the upper yield strength. This is illustrated in Fig. 23 and Fig. 24.

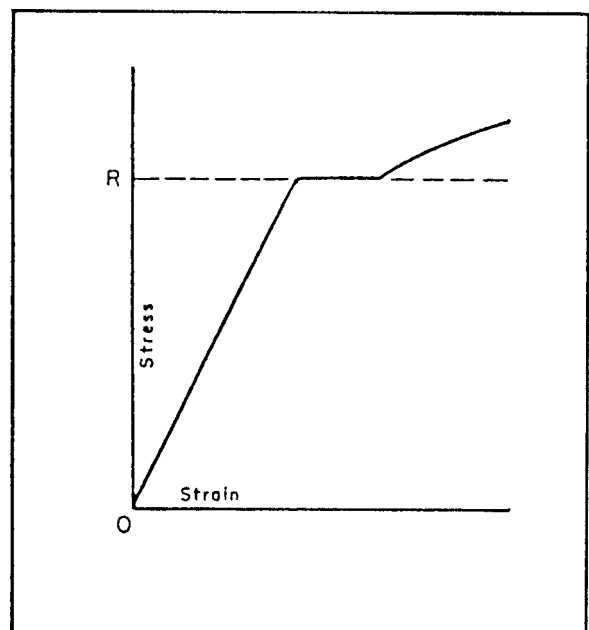


FIG. 23 Stress-Strain Diagram Showing Upper Yield Strength Corresponding with Top of Knee



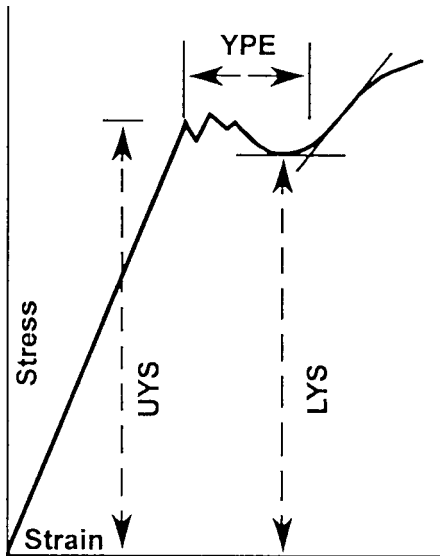


FIG. 24 Stress-Strain Diagram Showing Yield Point Elongation and Upper and Lower Yield Strengths

NOTE 32—If multiple peaks are observed at the onset of discontinuous yielding, the first is considered the upper yield strength. (See Fig. 24.)

7.7.3.2 Record the minimum stress observed during discontinuous yielding (ignoring transient effects) as the lower yield strength. This is illustrated in Fig. 24.

NOTE 33—Yield properties of materials exhibiting yield point elongation are often less repeatable and less reproducible than those of similar materials having no YPE. Offset and EUL yield strengths may be significantly affected by force fluctuations occurring in the region where the offset or extension intersects the stress-strain curve. Determination of upper or lower yield strengths (or both) may therefore be preferable for such materials, although these properties are dependent on variables such as test machine stiffness and alignment. Speed of testing may also have a significant effect, regardless of the method employed.

NOTE 34—Where low-magnification autographic recordings are needed to facilitate measurement of yield point elongation for materials which may exhibit discontinuous yielding, Class C extensometers may be employed. When this is done but the material exhibits no discontinuous yielding, the extension-under-load yield strength may be determined instead, using the autographic recording (see Extension-Under-Load Method).

7.7.4 *Halt-of-the-Force Method (for materials exhibiting discontinuous yielding)*—Apply an increasing force to the specimen at a uniform deformation rate. When the force hesitates, record the corresponding stress as the upper yield strength.

NOTE 35—The Halt-of-the-Force Method was formerly known as the Halt-of-the-Pointer Method, the Drop-of-the-Beam Method, and the Halt-of-the-Load Method.

7.8 *Yield Point Elongation*—Calculate the yield point elongation from the stress-strain diagram or data by determining the difference in strain between the upper yield strength (first zero slope) and the onset of uniform strain hardening (see definition of YPE and Fig. 24).

NOTE 36—The stress-strain curve of a material exhibiting only a hint of the behavior causing YPE may have an inflection at the onset of yielding with no point where the slope reaches zero (Fig. 25). Such a material has no YPE, but may be characterized as exhibiting an *inflection*. Materials

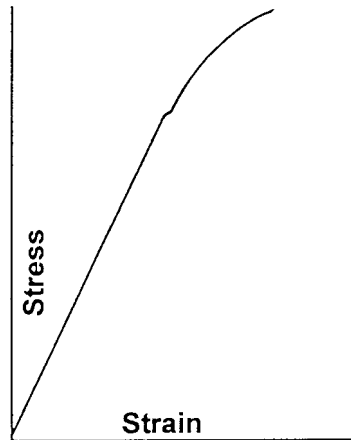


FIG. 25 Stress-Strain Diagram With an Inflection, But No YPE

exhibiting inflections, like those with measurable YPE, may in certain applications acquire an unacceptable surface appearance during forming.

7.9 *Tensile Strength*—Calculate the tensile strength by dividing the maximum force carried by the specimen during the tension test by the original cross-sectional area of the specimen.

NOTE 37—If the upper yield strength is the maximum stress recorded, and if the stress-strain curve resembles that of Fig. 26, it is recommended that the maximum stress *after discontinuous yielding* be reported as the tensile strength. Where this may occur, determination of the tensile strength should be in accordance with the agreement between the parties involved.

7.10 *Elongation:*

7.10.1 In reporting values of elongation, give both the original gage length and the percentage increase. If any device other than an extensometer is placed in contact with the specimen's reduced section during the test, this also shall be noted.

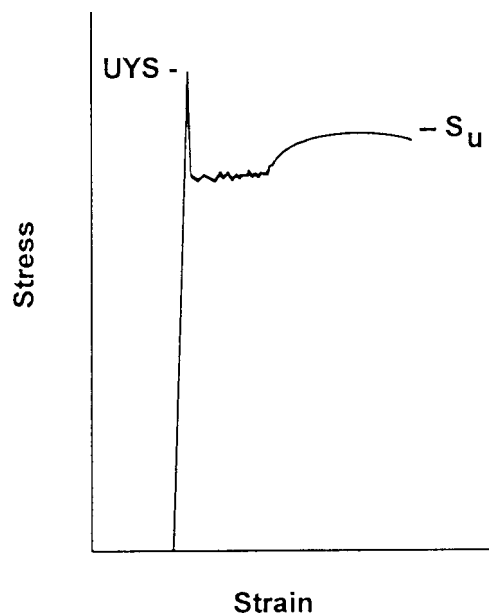


FIG. 26 Stress-Strain Diagram in Which the Upper Yield Strength is the Maximum Stress Recorded

Example: elongation = 30 % increase (2-in. gage length) (5)

NOTE 38—Elongation results are very sensitive to variables such as: (a) speed of testing, (b) specimen geometry (gage length, diameter, width, and thickness), (c) heat dissipation (through grips, extensometers, or other devices in contact with the reduced section), (d) surface finish in reduced section (especially burrs or notches), (e) alignment, and (f) fillets and tapers. Parties involved in comparison or conformance testing should standardize the above items, and it is recommended that use of ancillary devices (such as extensometer supports) which may remove heat from specimens be avoided. See Appendix X1. for additional information on the effects of these variables.

7.10.2 When the specified elongation is greater than 3 %, fit ends of the fractured specimen together carefully and measure the distance between the gage marks to the nearest 0.01 in. for gage lengths of 2 in. and under, and to at least the nearest 0.5 % of the gage length for gage lengths over 2 in. A percentage scale reading to 0.5 % of the gage length may be used.

7.10.3 When the *specified* elongation is 3 % or less, determine the elongation of the specimen using the following procedure, except that the procedure given in 7.10.2 may be used instead when the *measured* elongation is greater than 3 %.

7.10.3.1 Prior to testing, measure the original gage length of the specimen to the nearest 0.002 in.

7.10.3.2 Remove partly torn fragments that will interfere with fitting together the ends of the fractured specimen or with making the final measurement.

7.10.3.3 Fit the fractured ends together with matched surfaces and apply a force along the axis of the specimen sufficient to close the fractured ends together. If desired, this force may then be removed carefully, provided the specimen remains intact.

NOTE 39—The use of a force of approximately 2000 psi has been found to give satisfactory results on test specimens of aluminum alloy.

7.10.3.4 Measure the final gage length to the nearest 0.002 in. and report the elongation to the nearest 0.2 %.

7.10.4 Elongation measured per paragraph 7.10.2 or 7.10.3 may be affected by location of the fracture, relative to the marked gage length. If any part of the fracture occurs outside the gage marks or is located less than 25 % of the elongated gage length from either gage mark, the elongation value obtained using that pair of gage marks may be abnormally low and non-representative of the material. If such an elongation measure is obtained in acceptance testing involving only a minimum requirement and meets the requirement, no further testing need be done. Otherwise, discard the test and retest the material.

7.10.5 Elongation at fracture is defined as the elongation measured just prior to the sudden decrease in force associated with fracture. For many ductile materials not exhibiting a sudden decrease in force, the elongation at fracture can be taken as the strain measured just prior to when the force falls below 10 % of the maximum force encountered during the test.

7.10.5.1 Elongation at fracture shall include elastic and plastic elongation and may be determined with autographic or automated methods using extensometers verified over the strain range of interest (see 5.4). Use a class B2 or better extensometer for materials having less than 5 % elongation, a class C or better extensometer for materials having elongation

greater than or equal to 5 % but less than 50 %, and a class D or better extensometer for materials having 50 % or greater elongation. In all cases, the extensometer gage length shall be the nominal gage length required for the specimen being tested. Due to the lack of precision in fitting fractured ends together, the elongation after fracture using the manual methods of the preceding paragraphs may differ from the elongation at fracture determined with extensometers.

7.10.5.2 Percent elongation at fracture may be calculated directly from elongation at fracture data and be reported instead of percent elongation as calculated in paragraphs 7.10.2 to 7.10.3. However, these two parameters are not interchangeable. Use of the elongation at fracture method generally provides more repeatable results.

NOTE 40—When disagreements arise over the percent elongation results, agreement must be reached on which method to use to obtain the results.

#### 7.11 Reduction of Area:

7.11.1 The reduced area used to calculate reduction of area (see 7.11.2 and 7.11.3) shall be the minimum cross section at the location of fracture.

7.11.2 *Specimens with Originally Circular Cross Sections*—Fit the ends of the fractured specimen together and measure the reduced diameter to the same accuracy as the original measurement.

NOTE 41—Because of anisotropy, circular cross sections often do not remain circular during straining in tension. The shape is usually elliptical, thus, the area may be calculated by  $\pi \cdot d_1 \cdot d_2 / 4$ , where  $d_1$  and  $d_2$  are the major and minor diameters, respectively.

7.11.3 *Specimens with Original Rectangular Cross Sections*—Fit the ends of the fractured specimen together and measure the thickness and width at the minimum cross section to the same accuracy as the original measurements.

NOTE 42—Because of the constraint to deformation that occurs at the corners of rectangular specimens, the dimensions at the center of the original flat surfaces are less than those at the corners. The shapes of these surfaces are often assumed to be parabolic. When this assumption is made, an effective thickness,  $t_e$ , may be calculated as follows:  $(t_1 + 4 t_2 + t_3) / 6$ , where  $t_1$  and  $t_3$  are the thicknesses at the corners, and  $t_2$  is the thickness at mid-width. An effective width may be similarly calculated.

7.11.4 Calculate the reduced area based upon the dimensions determined in 7.11.2 or 7.11.3. The difference between the area thus found and the area of the original cross section expressed as a percentage of the original area is the reduction of area.

7.11.5 If any part of the fracture takes place outside the middle half of the reduced section or in a punched or scribed gage mark within the reduced section, the reduction of area value obtained may not be representative of the material. In acceptance testing, if the reduction of area so calculated meets the minimum requirements specified, no further testing is required, but if the reduction of area is less than the minimum requirements, discard the test results and retest.

7.11.6 Results of measurements of reduction of area shall be rounded using the procedures of Practice E 29 and any specific procedures in the product specifications. In the absence of a specified procedure, it is recommended that reduction of area test values in the range from 0 to 10 % be rounded to the

nearest 0.5 % and test values of 10 % and greater to the nearest 1 %.

7.12 *Rounding Reported Test Data for Yield Strength and Tensile Strength*—Test data should be rounded using the procedures of Practice E 29 and the specific procedures in the product specifications. In the absence of a specified procedure for rounding the test data, one of the procedures described in the following paragraphs is recommended.

7.12.1 For test values up to 50 000 psi, round to the nearest 100 psi; for test values of 50 000 psi and up to 100 000 psi, round to the nearest 500 psi; for test values of 100 000 psi and greater, round to the nearest 1000 psi.

NOTE 43—For steel products, see Test Methods and Definitions A 370.

7.12.2 For all test values, round to the nearest 100 psi.

NOTE 44—For aluminum- and magnesium-alloy products, see Methods B 557.

7.12.3 For all test values, round to the nearest 500 psi.

7.13 *Replacement of Specimens*—A test specimen may be discarded and a replacement specimen selected from the same lot of material in the following cases:

7.13.1 The original specimen had a poorly machined surface,

7.13.2 The original specimen had the wrong dimensions,

7.13.3 The specimen's properties were changed because of poor machining practice,

7.13.4 The test procedure was incorrect,

7.13.5 The fracture was outside the gage length,

7.13.6 For elongation determinations, the fracture was outside the middle half of the gage length, or

7.13.7 There was a malfunction of the testing equipment.

NOTE 45—The tension specimen is inappropriate for assessing some types of imperfections in a material. Other methods and specimens employing ultrasonics, dye penetrants, radiography, etc., may be considered when flaws such as cracks, flakes, porosity, etc., are revealed during a test and soundness is a condition of acceptance.

## 8. Report

8.1 Test information on materials not covered by a product specification should be reported in accordance with 8.2 or both 8.2 and 8.3.

8.2 Test information to be reported shall include the following when applicable:

8.2.1 Material and sample identification.

8.2.2 Specimen type (see Section 6).

8.2.3 Yield strength and the method used to determine yield strength (see 7.7).

8.2.4 Yield point elongation (see 7.8).

8.2.5 Tensile strength (see 7.9).

8.2.6 Elongation (report original gage length, percentage increase, and method used to determine elongation) (see 7.10).

8.2.7 Reduction of area (see 7.11).

8.3 Test information to be available on request shall include:

8.3.1 Specimen test section dimension(s).

8.3.2 Equation used to calculate cross-sectional area of rectangular specimens taken from large-diameter tubular products.

8.3.3 Speed and method used to determine speed of testing (see 7.6).

8.3.4 Method used for rounding of test results (see 7.12).

8.3.5 Reasons for replacement specimens (see 7.13).

## 9. Precision and Bias

9.1 *Precision*—An interlaboratory test program<sup>7</sup> gave the following values for coefficients of variation for the most commonly measured tensile properties:

	Coefficient of Variation, %				
	Tensile Strength	Yield Strength Offset = 0.02 %	Yield Strength Offset = 0.2 %	Elongation Gage Length = 4 Diameter	Reduction of Area
CV % <sub>r</sub>	0.9	2.7	1.4	2.8	2.8
CV % <sub>R</sub>	1.3	4.5	2.3	5.4	4.6

CV %<sub>r</sub> = repeatability coefficient of variation in percent within a laboratory  
 CV %<sub>R</sub> = repeatability coefficient of variation in percent between laboratories

9.1.1 The values shown are the averages from tests on six frequently tested metals, selected to include most of the normal range for each property listed above. When these materials are compared, a large difference in coefficient of variation is found. Therefore, the values above should not be used to judge whether the difference between duplicate tests of a specific material is larger than expected. The values are provided to allow potential users of this test method to assess, in general terms, its usefulness for a proposed application.

9.2 *Bias*—The procedures in Test Methods E 8 for measuring tensile properties have no bias because these properties can be defined only in terms of a test method.

## 10. Keywords

10.1 accuracy; bending stress; discontinuous yielding; drop-of-the-beam; eccentric force application; elastic extension; elongation; extension-under-load; extensometer; force; free-running crosshead speed; gage length; halt-of-the force; percent elongation; plastic extension; preload; rate of stressing; rate of straining; reduced section; reduction of area; sensitivity; strain; stress; taring; tensile strength; tension testing; yield point elongation; yield strength

<sup>7</sup> Supporting data can be found in Appendix I and additional data are available from ASTM Headquarters. Request RR: E28-1004.

## APPENDICES

### (Nonmandatory Information)

#### X1. FACTORS AFFECTING TENSION TEST RESULTS

X1.1 The precision and bias of tension test strength and ductility measurements depend on strict adherence to the stated test procedure and are influenced by instrumental and material factors, specimen preparation, and measurement/testing errors.

X1.2 The consistency of agreement for repeated tests of the same material is dependent on the homogeneity of the material, and the repeatability of specimen preparation, test conditions, and measurements of the tension test parameters.

X1.3 Instrumental factors that can affect test results include: the stiffness, damping capacity, natural frequency, and mass of moving parts of the tensile test machine; accuracy of force indication and use of forces within the verified range of the machine; rate of force application, alignment of the test specimen with the applied force, parallelness of the grips, grip pressure, nature of the force control used, appropriateness and calibration of extensometers, heat dissipation (by grips, extensometers, or ancillary devices), and so forth.

X1.4 Material factors that can affect test results include: representativeness and homogeneity of the test material, sampling scheme, and specimen preparation (surface finish, dimensional accuracy, fillets at the ends of the gage length, taper in the gage length, bent specimens, thread quality, and so forth).

X1.4.1 Some materials are very sensitive to the quality of the surface finish of the test specimen (see Note 8) and must be ground to a fine finish, or polished to obtain correct results.

X1.4.2 Test results for specimens with as-cast, as-rolled, as-forged, or other non-machined surface conditions can be affected by the nature of the surface (see Note 15).

X1.4.3 Test specimens taken from appendages to the part or component, such as prolongs or risers, or from separately produced castings (for example, keel blocks) may produce test results that are not representative of the part or component.

X1.4.4 Test specimen dimensions can influence test results. For cylindrical or rectangular specimens, changing the test specimen size generally has a negligible effect on the yield and tensile strength but may influence the upper yield strength, if one is present, and elongation and reduction of area values. Comparison of elongation values determined using different specimens requires that the following ratio be controlled:

$$L_o/(A_o)^{1/2} \quad (X1.1)$$

where:

$L_o$  = original gage length of specimen, and

$A_o$  = original cross-sectional area of specimen.

X1.4.4.1 Specimens with smaller  $L_o/(A_o)^{1/2}$  ratios generally give greater elongation and reduction in area values. This is the case for example, when the width or thickness of a rectangular tensile test specimen is increased.

X1.4.4.2 Holding the  $L_o/(A_o)^{1/2}$  ratio constant minimizes, but does not necessarily eliminate, differences. Depending on

material and test conditions, increasing the size of the proportional specimen of Fig. 8 may be found to increase or decrease elongation and reduction in area values somewhat.

X1.4.5 Use of a taper in the gage length, up to the allowed 1 % limit, can result in lower elongation values. Reductions of as much as 15 % have been reported for a 1 % taper.

X1.4.6 Changes in the strain rate can affect the yield strength, tensile strength, and elongation values, especially for materials which are highly strain rate sensitive. In general, the yield strength and tensile strength will increase with increasing strain rate, although the effect on tensile strength is generally less pronounced. Elongation values generally decrease as the strain rate increases.

X1.4.7 Brittle materials require careful specimen preparation, high quality surface finishes, large fillets at the ends of the gage length, oversize threaded grip sections, and cannot tolerate punch or scribe marks as gage length indicators.

X1.4.8 Flattening of tubular products to permit testing does alter the material properties, generally nonuniformly, in the flattened region which may affect test results.

X1.5 Measurement errors that can affect test results include: verification of the test force, extensometers, micrometers, dividers, and other measurement devices, alignment and zeroing of chart recording devices, and so forth.

X1.5.1 Measurement of the dimensions of as-cast, as-rolled, as-forged, and other test specimens with non-machined surfaces may be imprecise due to the irregularity of the surface flatness.

X1.5.2 Materials with anisotropic flow characteristics may exhibit non-circular cross sections after fracture and measurement precision may be affected, as a result (see Note 37).

X1.5.3 The corners of rectangular test specimens are subject to constraint during deformation and the originally flat surfaces may be parabolic in shape after testing which will affect the precision of final cross-sectional area measurements (see Note 42).

X1.5.4 If any portion of the fracture occurs outside of the middle of the gage length, or in a punch or scribe mark within the gage length, the elongation and reduction of area values may not be representative of the material. Wire specimens that break at or within the grips may not produce test results representative of the material.

X1.5.5 Use of specimens with shouldered ends (“button-head” tensiles) will produce lower 0.02 % offset yield strength values than threaded specimens.

X1.6 Because standard reference materials with certified tensile property values are not available, it is not possible to rigorously define the bias of tension tests. However, by the use of carefully designed and controlled interlaboratory studies, a reasonable definition of the precision of tension test results can be obtained.



X1.6.1 An interlaboratory test program<sup>7</sup> was conducted in which six specimens each, of six different materials were prepared and tested by each of six different laboratories. Tables X1.1-X1.5 present the precision statistics, as defined in Practice E 691, for: tensile strength, 0.02 % yield strength, 0.2 % yield strength, % elongation in 4D, and % reduction in area. In each table, the first column lists the six materials tested, the second column lists the average of the average results obtained by the laboratories, the third and fifth columns list the repeatability and reproducibility standard deviations, the fourth and sixth columns list the coefficients of variation for these standard deviations, and the seventh and eighth columns list the 95 % repeatability and reproducibility limits.

X1.6.2 The averages (below columns four and six in each table) of the coefficients of variation permit a relative comparison of the repeatability (within-laboratory precision) and reproducibility (between-laboratory precision) of the tension test parameters. This shows that the ductility measurements exhibit less repeatability and reproducibility than the strength measurements. The overall ranking from the least to the most repeatable and reproducible is: % elongation in 4D, % reduction in area, 0.02 % offset yield strength, 0.2 % offset yield strength, and tensile strength. Note that the rankings are in the same order for the repeatability and reproducibility average coefficients of variation and that the reproducibility (between-laboratory precision) is poorer than the repeatability (within-laboratory precision), as would be expected.

X1.6.3 No comments about bias can be made for the interlaboratory study due to the lack of certified test results for these specimens. However, examination of the test results showed that one laboratory consistently exhibited higher than average strength values and lower than average ductility values for most of the specimens. One other laboratory had consistently lower than average tensile strength results for all specimens.

## X2. MEASUREMENT OF SPECIMEN DIMENSIONS

X2.1 Measurement of specimen dimensions is critical in tension testing, and it becomes more critical with decreasing specimen size, as a given absolute error becomes a larger relative (percent) error. Measuring devices and procedures should be selected carefully, so as to minimize measurement error and provide good repeatability and reproducibility.

X2.2 Relative measurement error should be kept at or below 1 %, where possible. Ideally, this 1 % error should include not only the resolution of the measuring device but also the variability commonly referred to as repeatability and reproducibility. (Repeatability is the ability of any operator to obtain similar measurements in repeated trials. Reproducibility is the ability of multiple operators to obtain similar measurements.)

X2.3 Formal evaluation of gage repeatability and reproducibility (GR and R) by way of a GR and R study is highly recommended. A GR and R study involves having multiple

operators each take two or three measurements of a number of parts—in this case, test specimens. Analysis, usually done by computer, involves comparing the observed measurement variations to a tolerance the procedure is to determine conformance to. High GR and R percentages (more than 20 %) indicate much variability relative to the tolerance, whereas low percentages (10 % or lower) indicate the opposite. The analysis also estimates, independently, the repeatability and reproducibility.

X2.4 GR and R studies in which nontechnical personnel used different brands and models of hand-held micrometers have given results varying from about 10 % (excellent) to nearly 100 % (essentially useless), relative to a dimensional tolerance of 0.003 in. The user is therefore advised to be very careful in selecting devices, setting up measurement procedures, and training personnel.

X2.5 With a 0.003 in. tolerance, a 10 % GR and R result

**TABLE X1.1 Precision Statistics—Tensile Strength, ksi**

NOTE 1— X is the average of the cell averages, that is, the grand mean for the test parameter,  
 $s_r$  is the repeatability standard deviation (within-laboratory precision),  
 $s_r/X$  is the coefficient of variation in %,  
 $s_R$  is the reproducibility standard deviation (between-laboratory precision),  
 $s_R/X$  is the coefficient of variation, %,   
 $r$  is the 95 % repeatability limits,  
 $R$  is the 95 % reproducibility limits.

Material	X	$s_r$	$s_r/X, \%$	$s_R$	$s_R/X, \%$	$r$	R
EC-H19	25.66	0.63	2.45	0.63	2.45	1.76	1.76
2024-T351	71.26	0.88	1.24	0.96	1.34	2.47	2.68
ASTM A105	86.57	0.60	0.69	1.27	1.47	1.68	3.55
AISI 316	100.75	0.39	0.39	1.22	1.21	1.09	3.39
Inconel 600	99.48	0.42	0.43	0.72	0.72	1.19	2.02
SAE 51410	181.73	0.46	0.25	1.14	0.63	1.29	3.20
		Averages:	0.91		1.30		

**TABLE X1.2 Precision Statistics—0.02 % Yield Strength, ksi**

Material	X	$s_r$	$s_r/X, \%$	$s_R$	$s_R/X, \%$	$r$	R
EC-H19	16.16	0.65	4.00	1.19	7.37	1.81	3.33
2024-T351	51.38	0.84	1.64	0.89	1.73	2.36	2.49
ASTM A105	59.66	1.20	2.02	1.90	3.18	3.37	5.31
AISI 316	48.75	2.42	4.97	4.63	9.49	6.68	12.91
Inconel 600	38.74	0.46	1.18	0.76	1.96	1.28	2.13
SAE 51410	104.90	2.40	2.29	3.17	3.02	6.73	8.88
		Averages:	2.68		4.46		

**TABLE X1.3 Precision Statistics—0.2 % Yield Strength, ksi**

Material	X	$s_r$	$s_r/X, \%$	$s_R$	$s_R/X, \%$	$r$	R
EC-H19	22.98	0.47	2.06	0.48	2.07	1.33	1.33
2024-T351	52.64	0.74	1.41	0.79	1.49	2.08	2.20
ASTM A105	58.36	0.83	1.42	1.44	2.47	2.31	4.03
AISI 316	69.78	0.95	1.36	2.83	4.06	2.63	7.93
Inconel 600	38.91	0.36	0.93	0.85	2.17	1.01	2.37
SAE 51410	140.33	1.29	0.92	2.30	1.64	3.60	6.45
		Averages:	1.35		2.32		

**TABLE X1.4 Precision Statistics—% Elongation in 4D**

NOTE 1—Length of reduced section = 6D.

Material	X	$s_r$	$s_r/X, \%$	$s_R$	$s_R/X, \%$	$r$	R
EC-H19	17.42	0.64	3.69	0.92	5.30	1.80	2.59
2024-T351	19.76	0.58	2.94	1.58	7.99	1.65	4.43
ASTM A105	29.10	0.76	2.62	0.98	3.38	2.13	2.76
AISI 316	40.07	1.10	2.75	2.14	5.35	3.09	6.00
Inconel 600	44.28	0.66	1.50	1.54	3.48	1.86	4.31
SAE 51410	14.48	0.48	3.29	0.99	6.83	1.34	2.77
		Averages:	2.80		5.39		

(exceptionally good, even for digital hand-held micrometers reading to 0.00005 in.) indicates that the total variation due to repeatability and reproducibility is around 0.0003 in. This is less than or equal to 1 % only if all dimensions to be measured are greater than or equal to 0.03 in. The relative error in using this device to measure thickness of a 0.01 in. flat tensile specimen would be 3 %—which is considerably more than that allowed for load or strain measurement.

X2.6 Dimensional measurement errors can be identified as the cause of many *out-of-control* signals, as indicated by

statistical process control (SPC) charts used to monitor tension testing procedures. This has been the experience of a production laboratory employing SPC methodology and the best hand-held micrometers available (from a GR and R standpoint) in testing of 0.018 in. to 0.25 in. flat rolled steel products.

X2.7 Factors which affect GR and R, sometimes dramatically, and which should be considered in the selection and evaluation of hardware and procedures include:

- X2.7.1 Resolution,
- X2.7.2 Verification,

**TABLE X1.5 Precision Statistics—% Reduction in Area**

Material	X	S <sub>F</sub>	s <sub>F</sub> /X, %	S <sub>R</sub>	S <sub>R</sub> /X, %	r	R
EC-H19	79.15	1.93	2.43	2.01	2.54	5.44	5.67
2024-T351	30.41	2.09	6.87	3.59	11.79	5.79	10.01
ASTM A105	65.59	0.84	1.28	1.26	1.92	2.35	3.53
AISI 316	71.49	0.99	1.39	1.60	2.25	2.78	4.50
Inconel 600	59.34	0.67	1.14	0.70	1.18	1.89	1.97
SAE 51410	50.49	1.86	3.69	3.95	7.81	5.21	11.05
Averages:			2.80		4.58		

X2.7.3 Zeroing,

X2.7.4 Type of anvil (flat, rounded, or pointed),

X2.7.5 Cleanliness of part and anvil surfaces,

X2.7.6 User-friendliness of measuring device,

X2.7.7 Stability/temperature variations,

X2.7.8 Coating removal,

X2.7.9 Operator technique, and

X2.7.10 Ratchets or other features used to regulate the clamping force.

X2.8 Flat anvils are generally preferred for measuring the dimensions of round or flat specimens which have relatively smooth surfaces. One exception is that rounded or pointed anvils must be used in measuring the thickness of curved specimens taken from large-diameter tubing (see Fig. 13), to prevent overstating the thickness. (Another concern for these curved specimens is the error that can be introduced through use of the equation  $A = W \times T$ ; see 7.2.4.)

X2.9 Heavy coatings should generally be removed from at least one grip end of flat specimens taken from coated products to permit accurate measurement of base metal thickness, assuming (a) the base metal properties are what are desired, (b) the coating does not contribute significantly to the strength of

the product, and (c) coating removal can be easily accomplished (some coatings may be easily removed by chemical stripping). Otherwise, it may be advisable to leave the coating intact and determine the base metal thickness by an alternate method. Where this issue may arise, all parties involved in comparison or conformance testing should agree as to whether or not coatings are to be removed before measurement.

X2.10 As an example of how the considerations identified above affect dimensional measurement procedures, consider the case of measuring the thickness of 0.015 in. painted, flat rolled steel specimens. The paint should be removed prior to measurement, if possible. The measurement device used should have flat anvils, must read to 0.0001 in. or better, and must have excellent repeatability and reproducibility. Since GR and R is a significant concern, it will be best to use a device which has a feature for regulating the clamping force used, and devices without digital displays should be avoided to prevent reading errors. Before use of the device, and periodically during use, the anvils should be cleaned, and the device should be verified or zeroed (if an electronic display is used) or both. Finally, personnel should be trained and audited periodically to ensure that the measuring device is being used correctly and consistently by all.

## SUMMARY OF CHANGES

This section identifies the principal changes to this standard that have been incorporated since the last issue.

- (1) Note 16 was inserted, subsequent notes renumbered.
- (2) X2.9 was revised.
- (3) 7.10.4 was revised.
- (4) 6.5.3 was revised.

- (5) In Fig. 1, Note 7 was added and subsequent notes of this figure were renumbered. The new note was to eliminate a minimum requirement for the length of the test specimen.

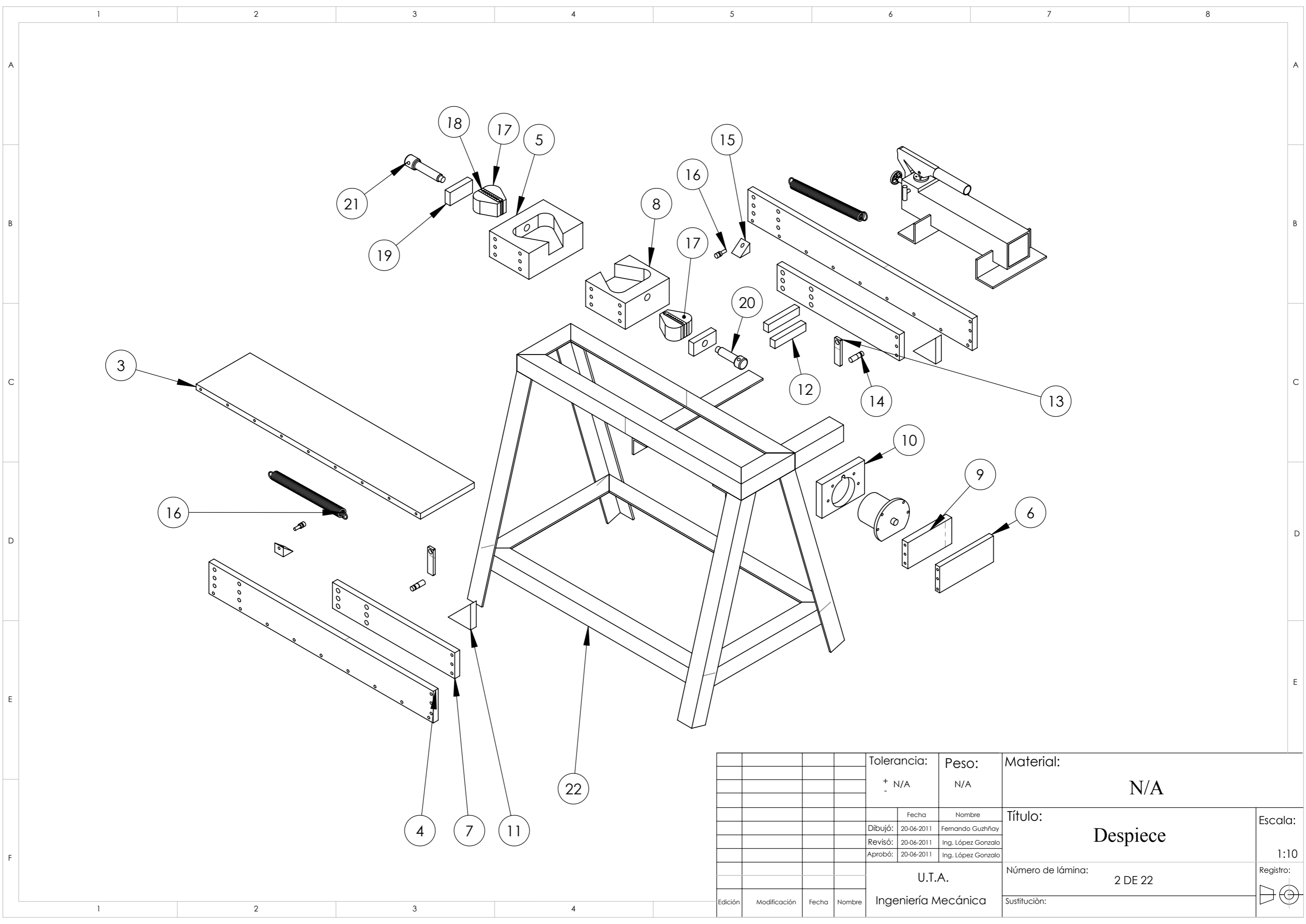
*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

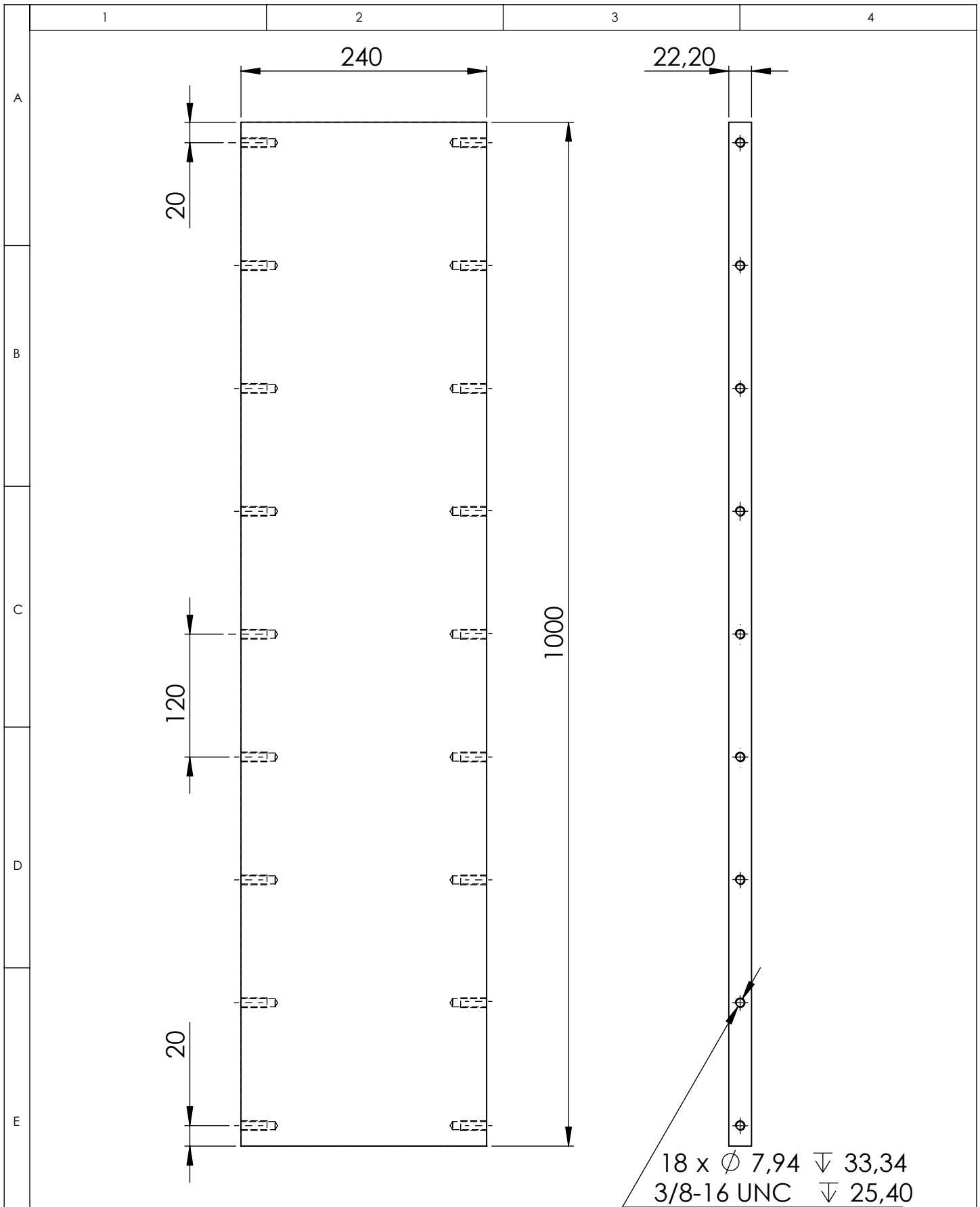
*This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*





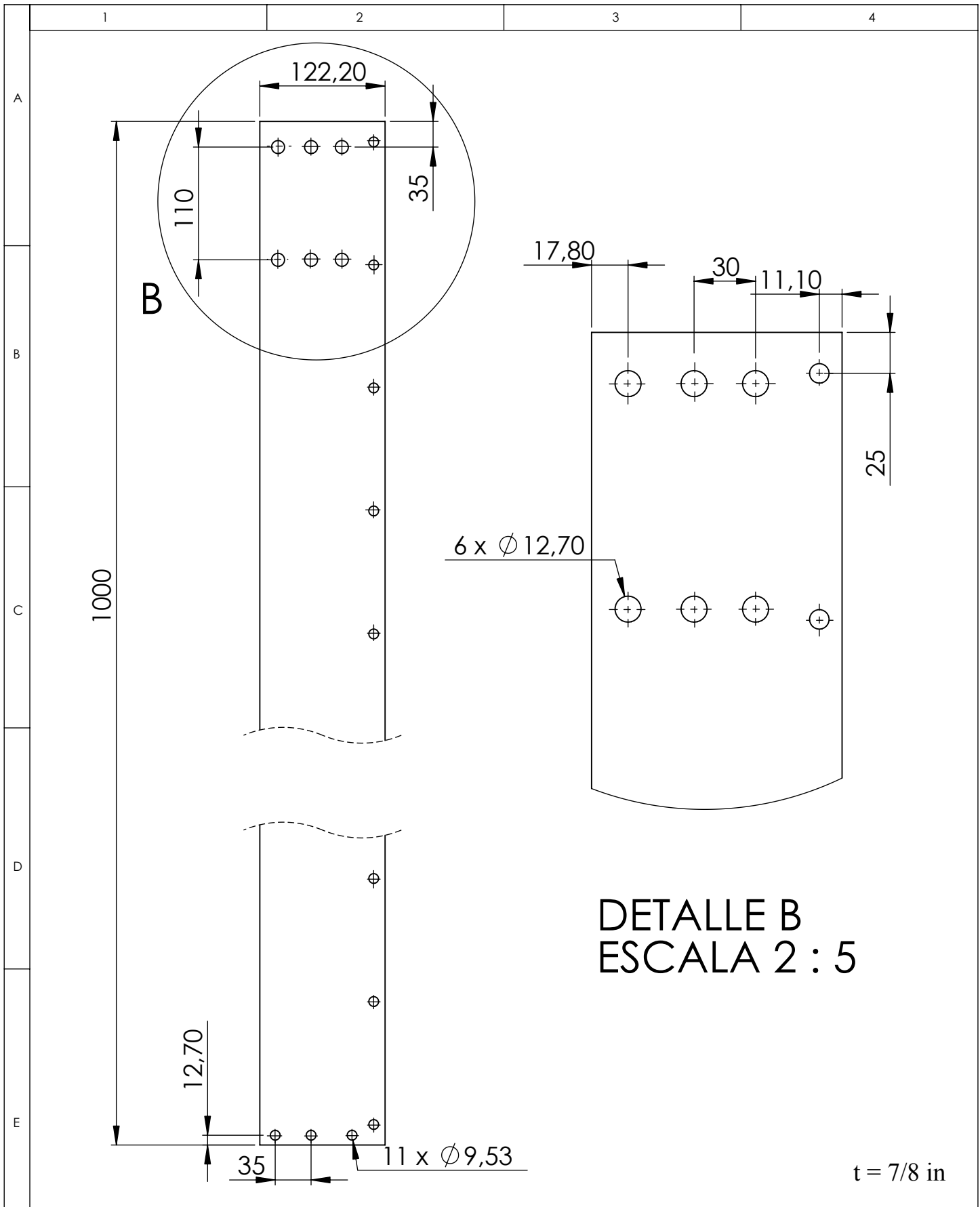


				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				+ N/A	N/A	N/A	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujó:	20-06-2011	Fernando Guzhñay	1:10
				Revisó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	Registro:
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	
				U.T.A.		Número de lámina:	
				Ingeniería Mecánica		2 DE 22	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	

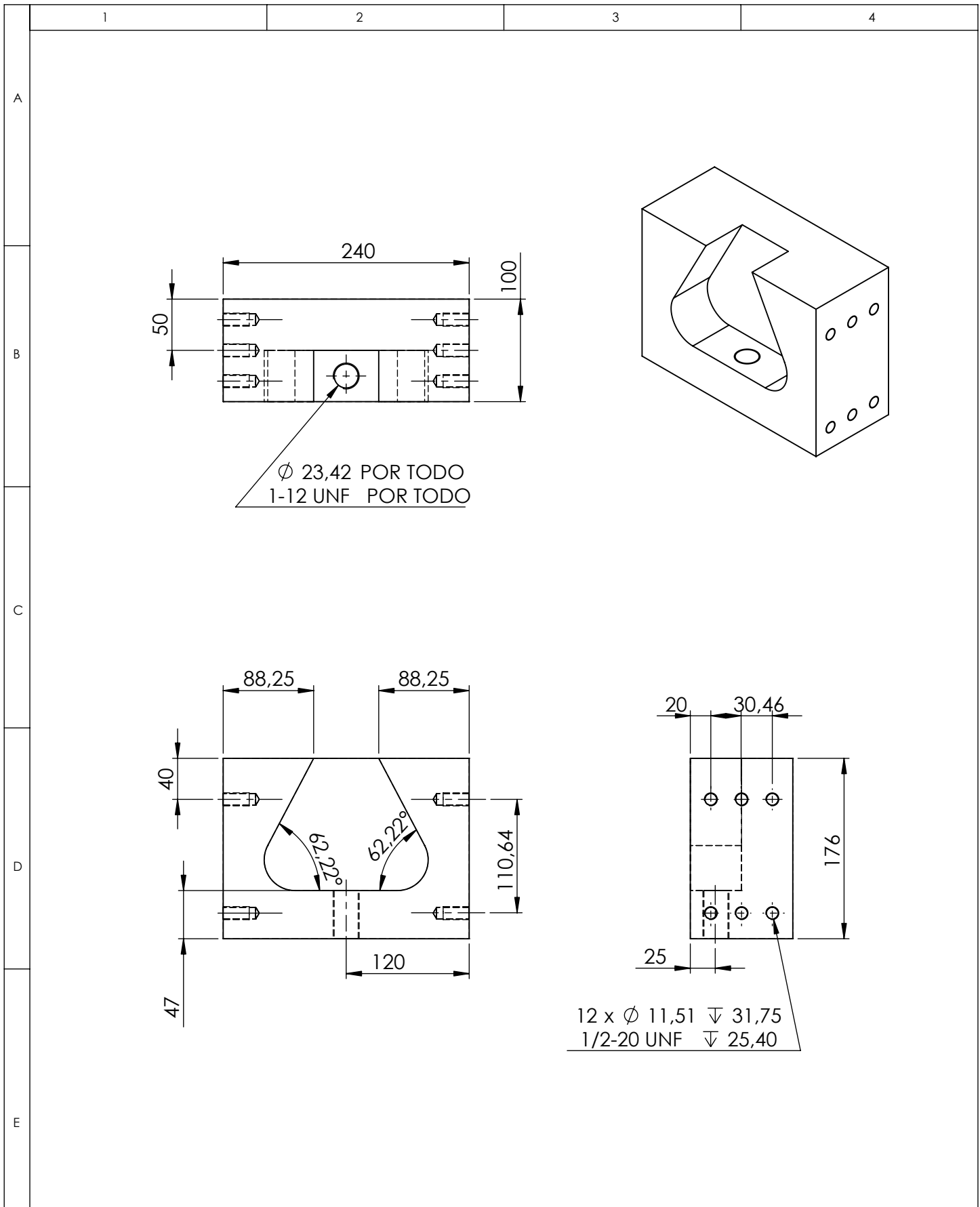


18 x  $\phi$  7,94  $\nabla$  33,34  
 3/8-16 UNC  $\nabla$  25,40

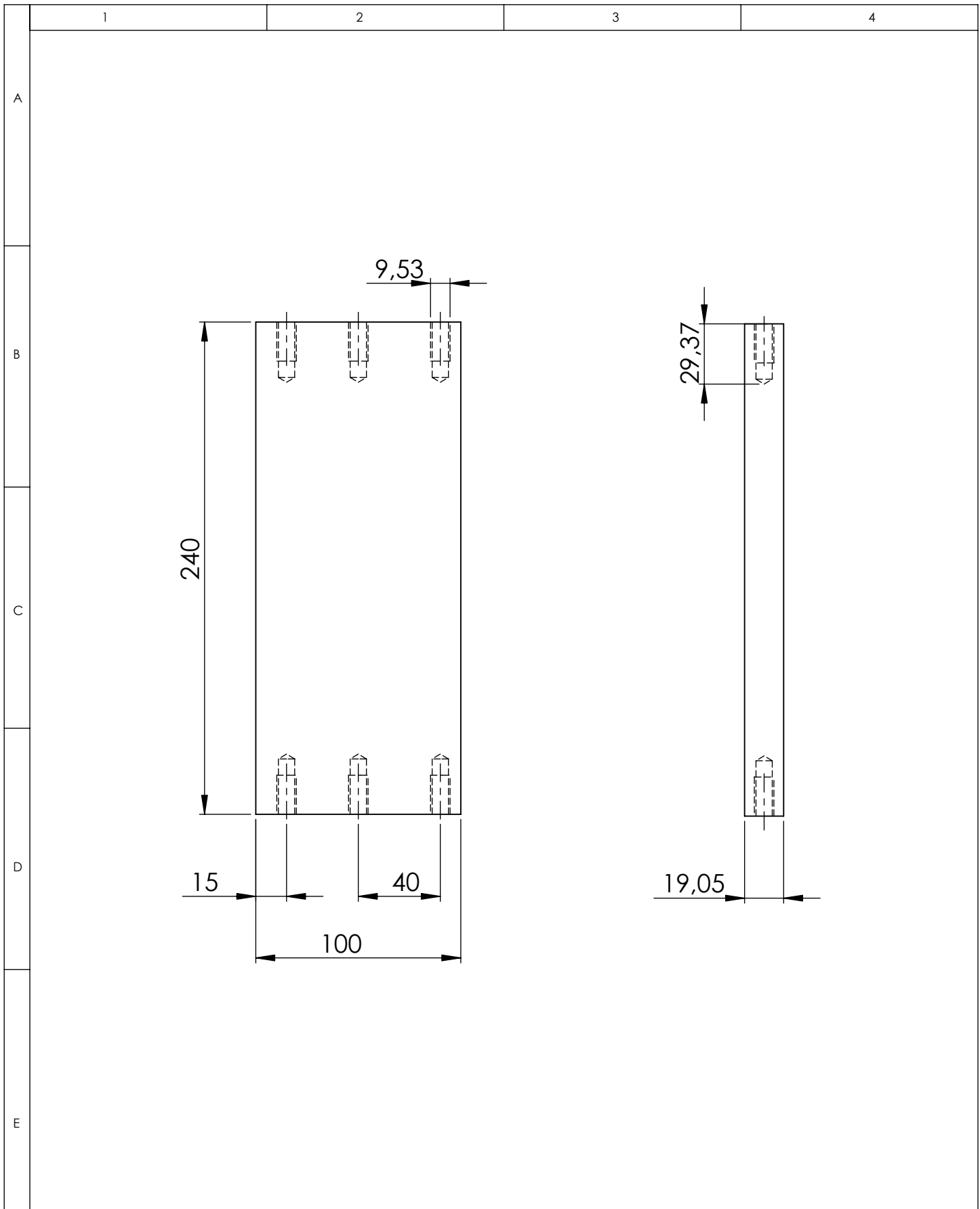
				Tolerancia: $\pm$ 0,5 mm	Peso: 41.4 Kg	Material: <b>Acero ASTM A-36</b>	
				Fecha	Nombre	Título: <b>Base</b>	
				Dibujó:	20-06-2011	Escala: 1:5	
				Revisó:	20-06-2011	Número de lámina: 3 DE 22	
				Aprobó:	20-06-2011	Registro: 	
				U.T.A.		Sustitución:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica			



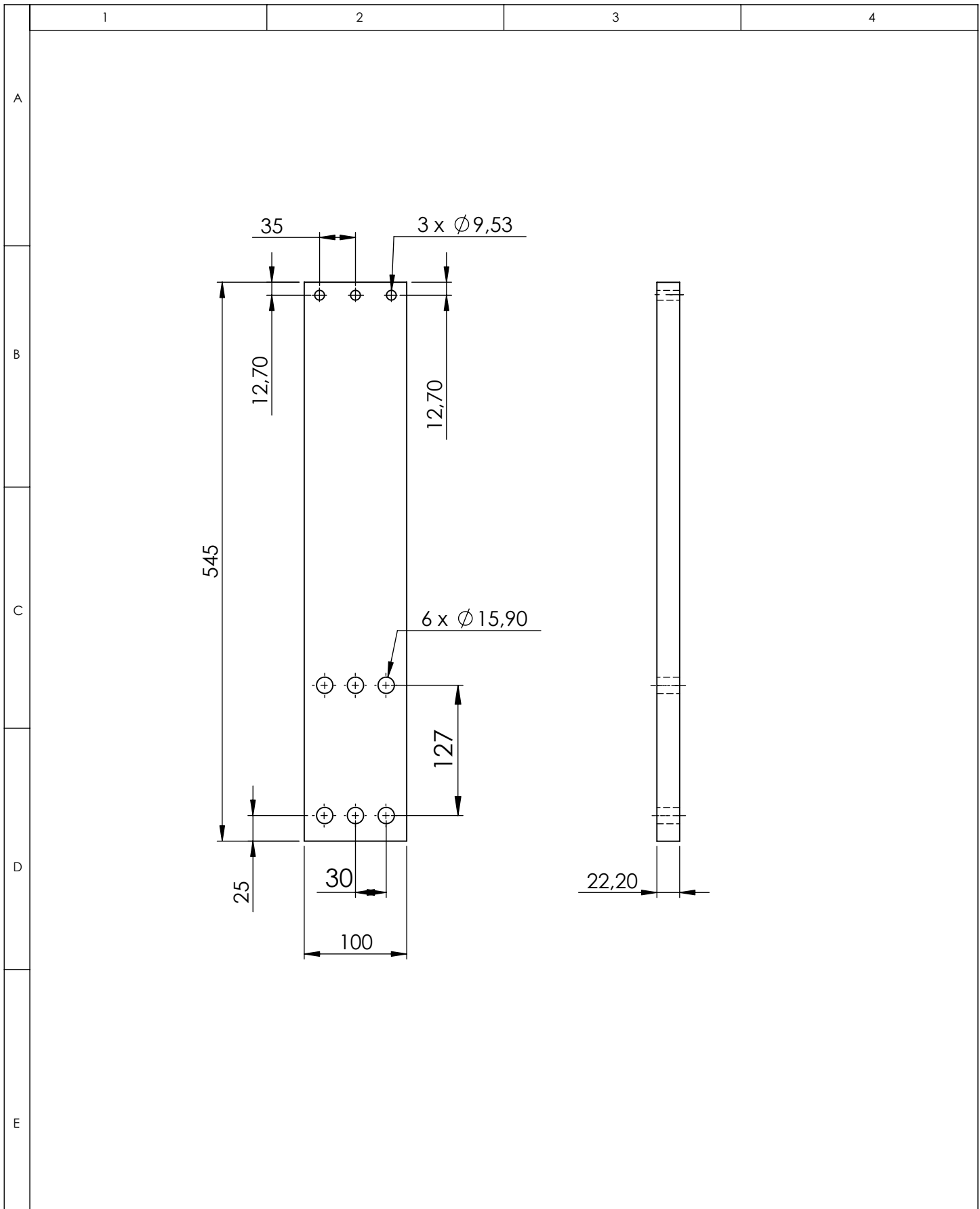
				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				$\pm$ 0.5 mm	20.88 Kg	Acero ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujó:	20-06-2011	Fernando Guzhñay	Escala: 1:5
				Revisó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	
				U.T.A.		Número de lámina:	Registro: 
				Ingeniería Mecánica		4 DE 22	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



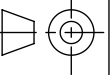
				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				$\pm 0,5$ mm	25,996 Kg	Acero ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujó:	20-06-2011	Fernando Guzhñay	
				Revisó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	
				U.T.A.		Número de lámina:	5 DE 22
				Ingeniería Mecánica		Escala:	
						1:5	
						Registro:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				
						Sustitución:	



				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				± 0.5 mm	3.51 Kg	Acero ASTM A-36			
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:		
				Dibujó:	20-06-2011			Placa de unión fija	1:2.5
				Revisó:	20-06-2011				
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo			
				U.T.A.			Número de lámina:	Registro:	
				Ingeniería Mecánica		6 DE 22	⊕		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:			



				Tolerancia: + 0.5 mm - 0.5 mm	Peso: 9.20 Kg	Material: <b>Acero ASTM A-36</b>	
						Título: <b>Lateral móvil</b>	Escala: 1:5
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 20-06-2011	Fernando Guzhñay		
				Revisó: 20-06-2011	Ing. López Gonzalo		
				Aprobó: 20-06-2011	Ing. López Gonzalo		
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 7 DE 22	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



1

2

3

4

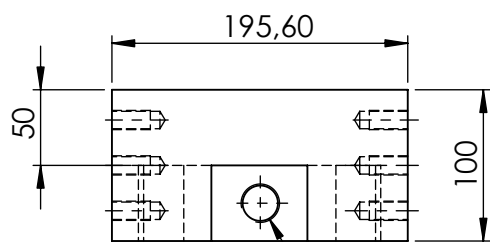
A

B

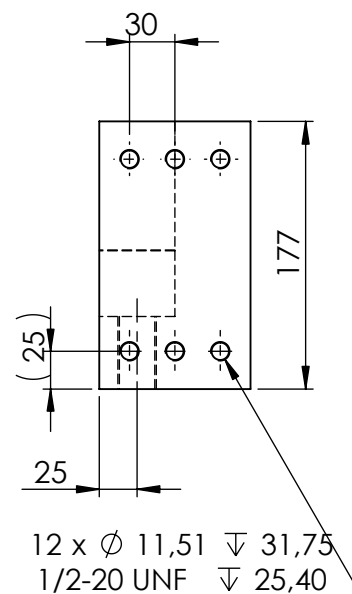
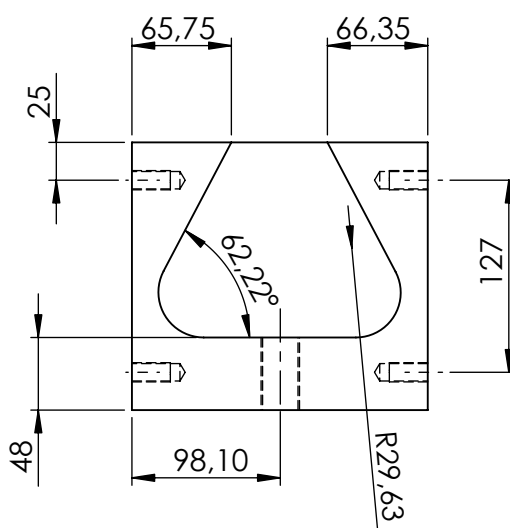
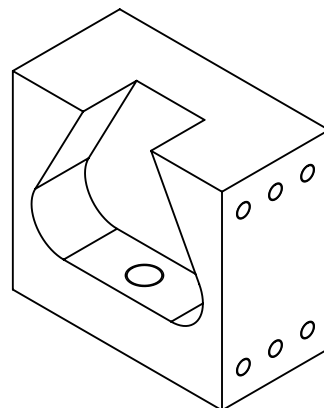
C

D

E



$\varnothing 23,42$  POR TODO  
1-12 UNF POR TODO



12 x  $\varnothing 11,51$   $\nabla 31,75$   
1/2-20 UNF  $\nabla 25,40$

Tolerancia:

$\pm 0,5$  mm

Peso:

20.05 Kg

Material:

Acero ASTM A-36

Fecha

Nombre

Dibujó:

20-06-2011

Fernando Guzhñay

Revisó:

20-06-2011

Ing. López Gonzalo

Aprobó:

20-06-2011

Ing. López Gonzalo

Título:

Bloque Móvil

Escala:

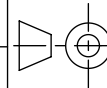
1:5

U.T.A.

Número de lámina:

8 DE 22

Registro:



Edición

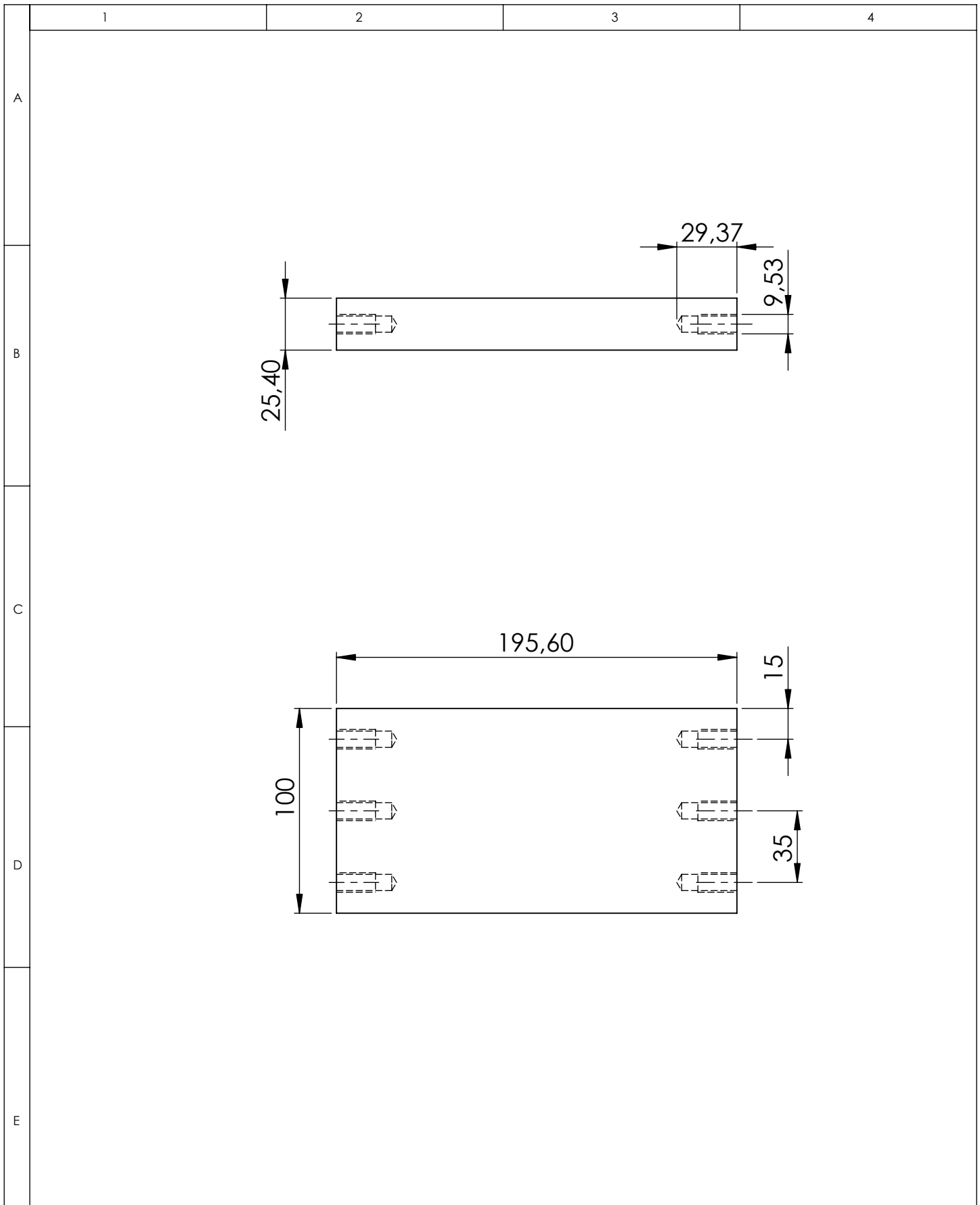
Modificación

Fecha

Nombre

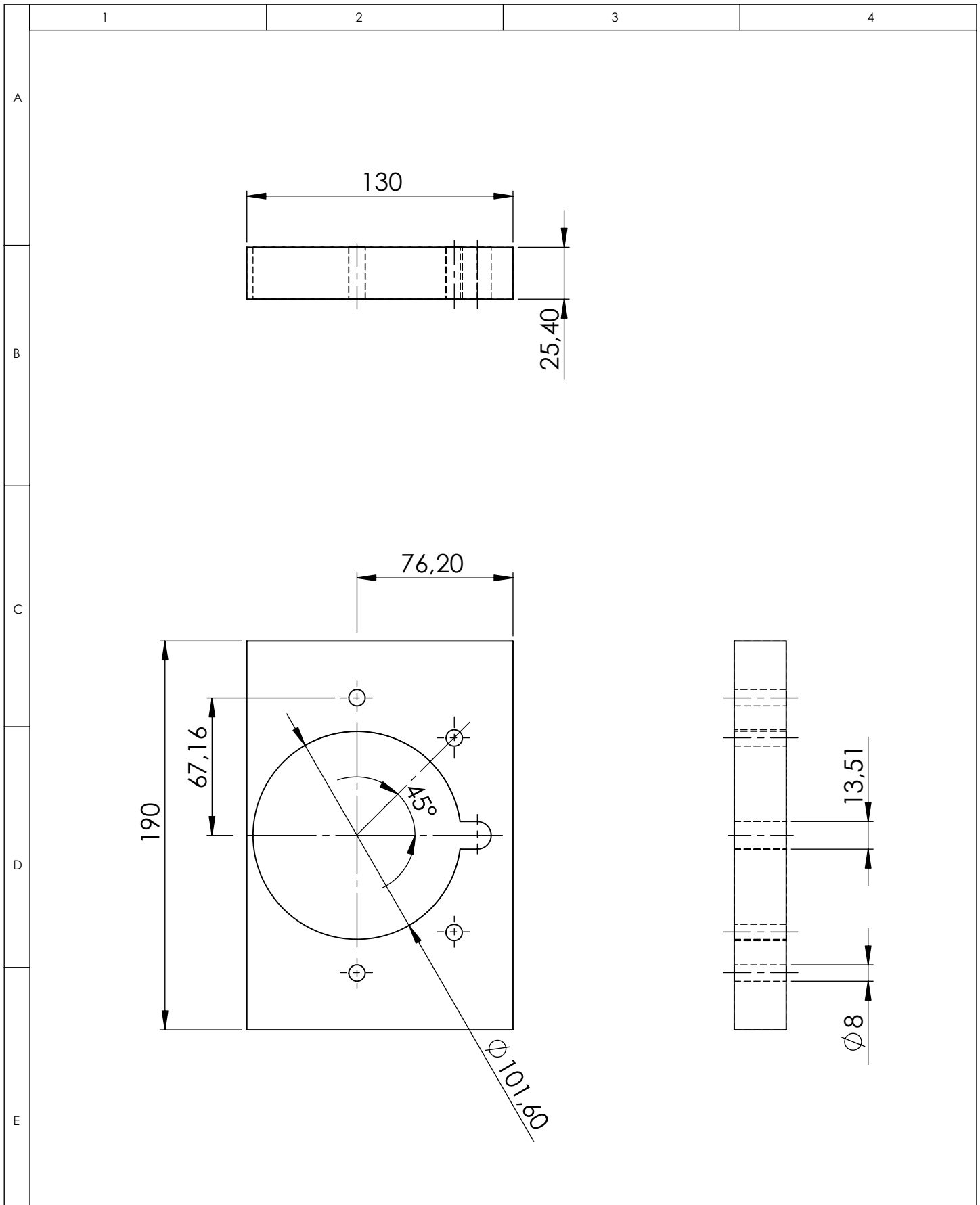
Ingeniería Mecánica

Sustitución:

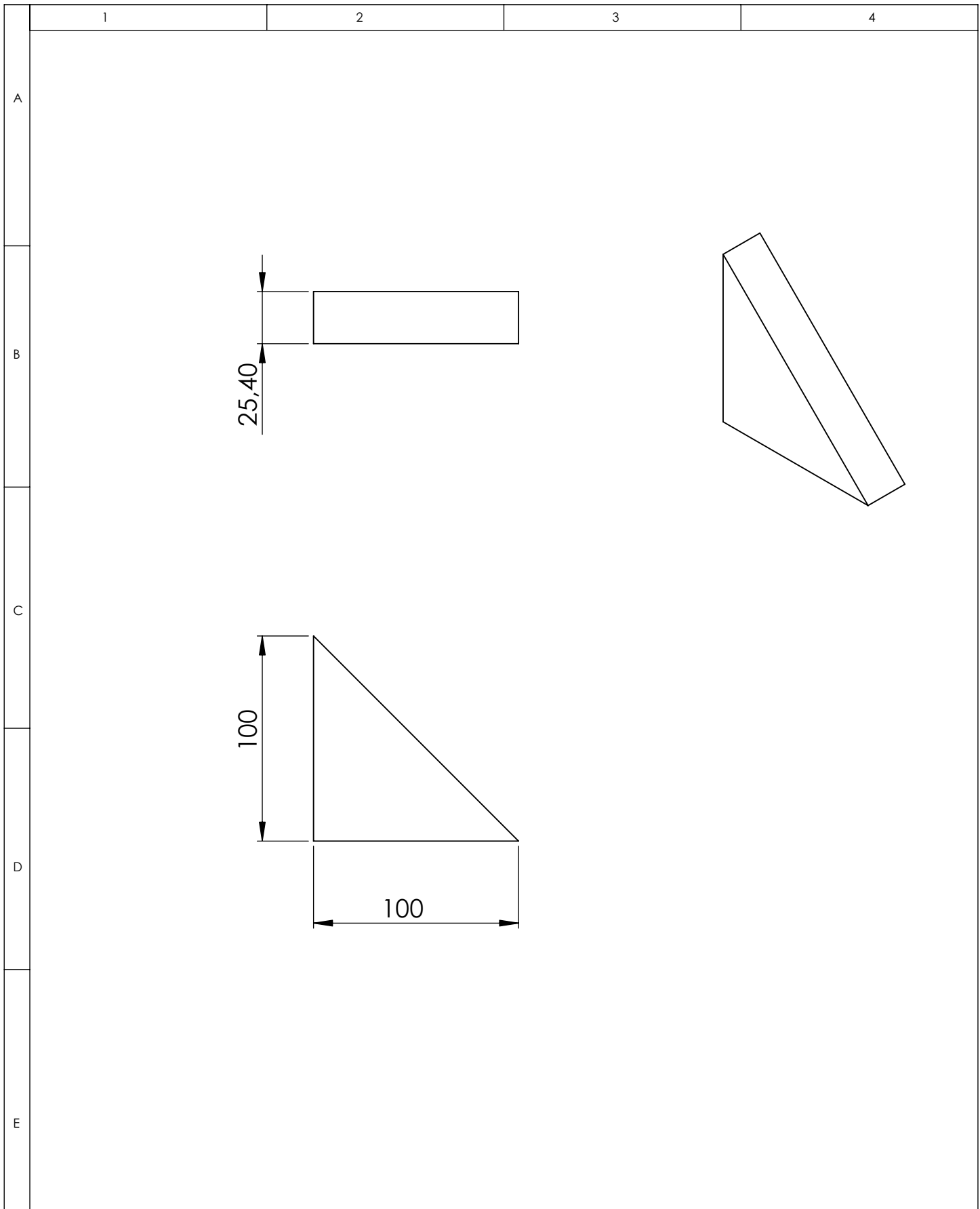


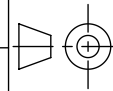
				Tolerancia:	Peso:	Material:				
				± 0.5 mm	3.82Kg	<b>Acero ASTM A-36</b>				
						<b>Título:</b> <b>Placa de fijación móvil</b>			Escala:	
				Fecha	Nombre				1:2.5	
				Dibujó:	20-06-2011				Fernando Guzhñay	
				Revisó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	<b>Número de lámina:</b> <b>9 DE 22</b>			Registro:
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo				
				<b>U.T.A.</b>		<b>Sustitución:</b>				
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>Ingeniería Mecánica</b>						

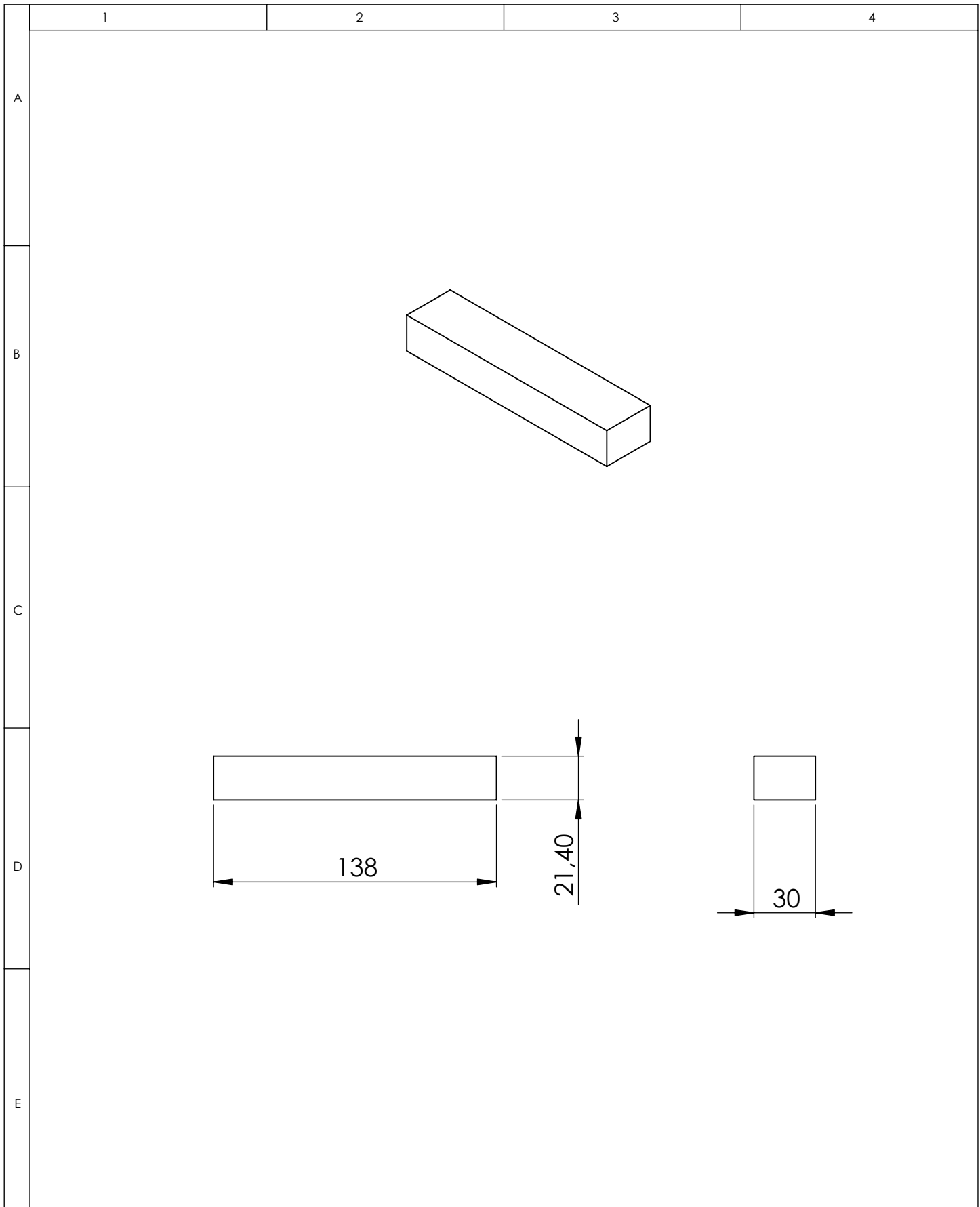


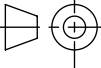


				Tolerancia: ± 0.5 mm	Peso: 3.21 Kg	Material: <b>Acero ASTM A-36</b>		
				Fecha	Nombre	Título: <b>Apoyo del cilindro</b>	Escala:	
				Dibujó:	20-06-2011		Ing. Fernando Guzhñay	1: 2.5
				Revisó:	20-06-2011		Ing. López Gonzalo	
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	Registro:	
				U.T.A.		Número de lámina:	10 DE 22	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		Sustitución:		

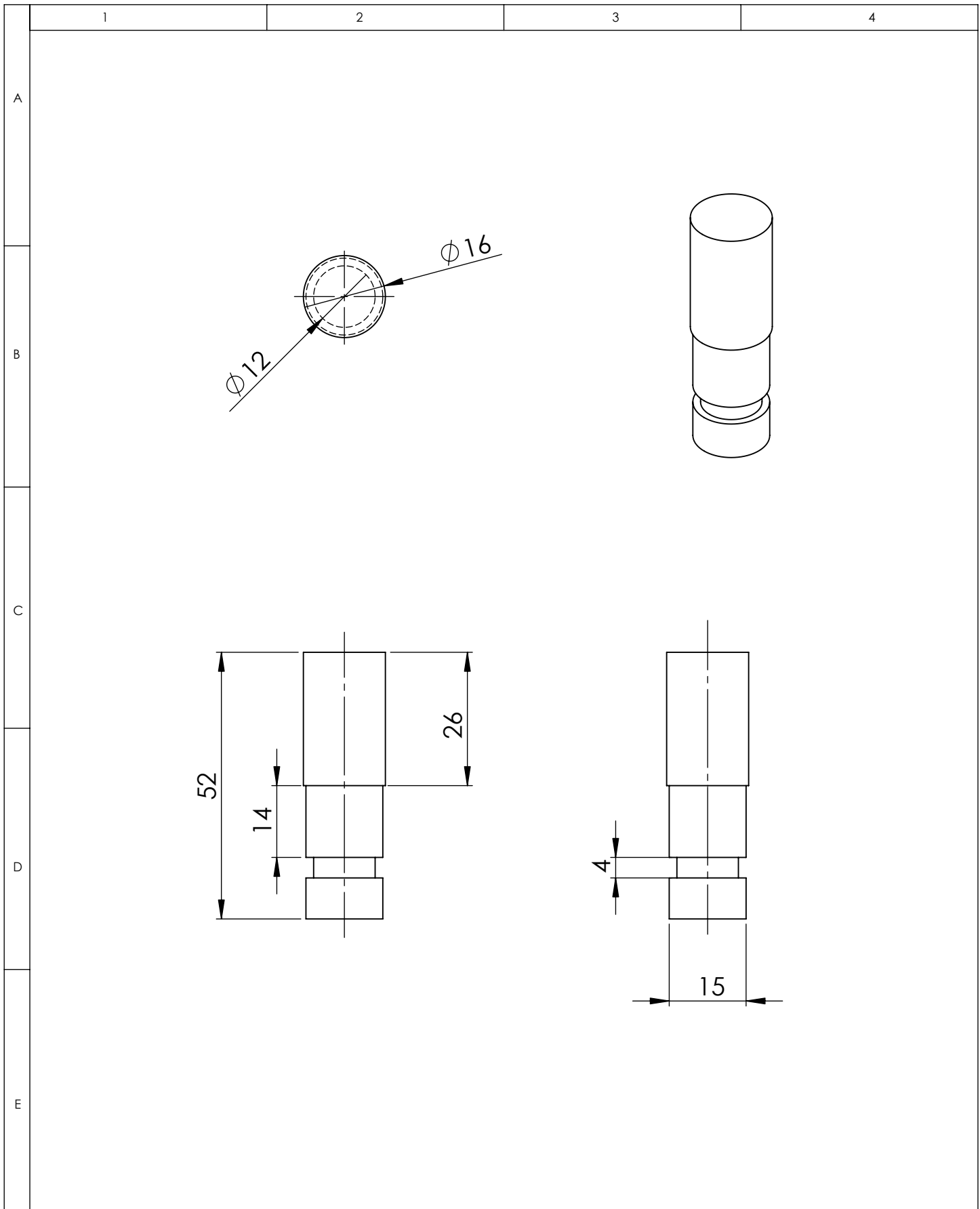


				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				± 0.5 mm	4.12 Kg	<b>Acero ASTM A-36</b>			
					Fecha	Nombre	<b>Título:</b> <b>Refuerzo soporte del cilindro</b>		Escala:
				Dibujó:	20-06-2011	Fernando Guzhñay			1:2.5
				Revisó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo			
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	Número de lámina:		Registro:
				<b>U.T.A.</b>		11 DE 22			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica			Sustitución:		

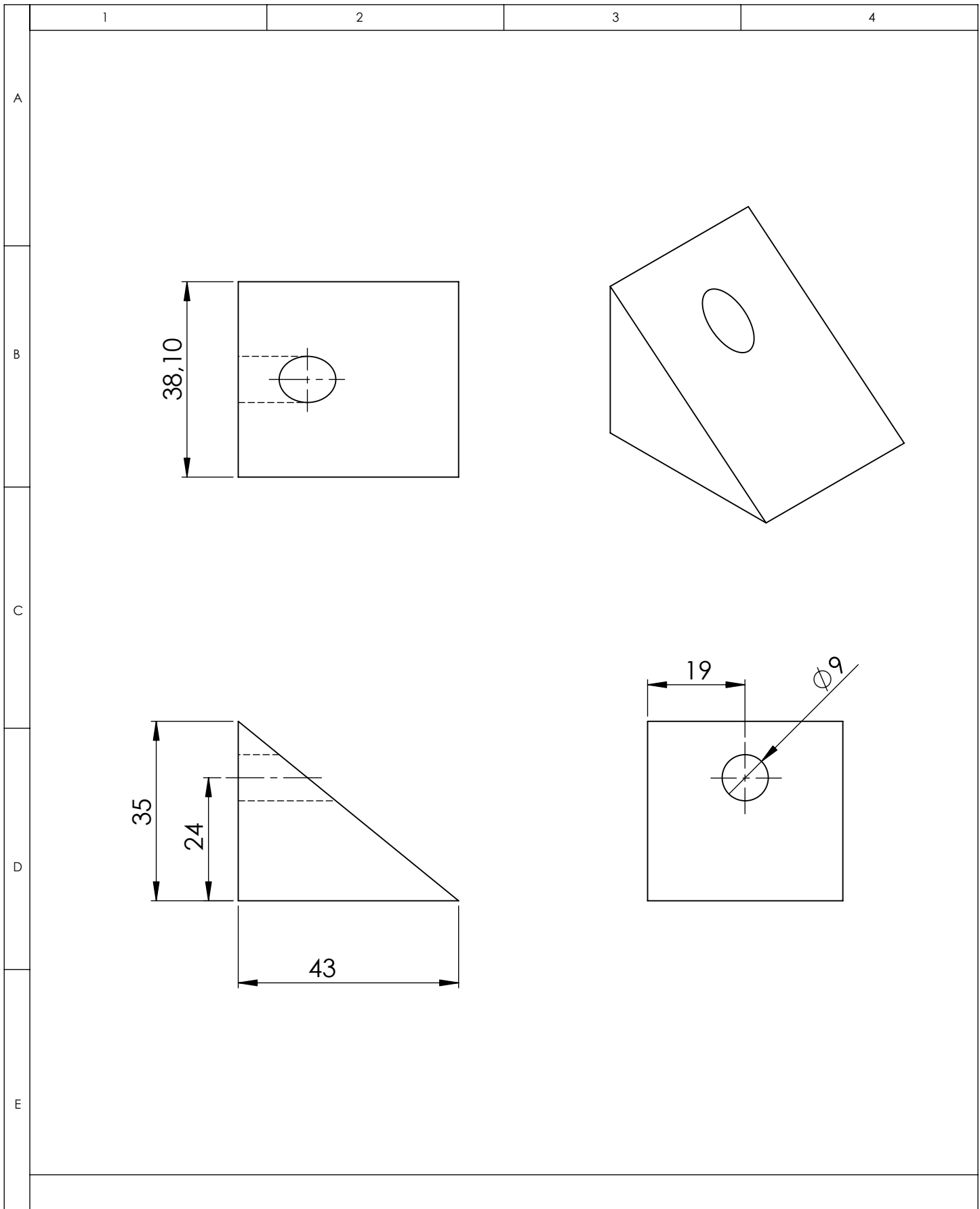


				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				± 0.5 mm	0.691 Kg	<b>Acero estructural ASTM A-36</b>			
					Fecha	Nombre	<b>Título:</b> <b>Placa de refuerzo</b>		Escala:
				Dibujó:	20-06-2011	Fernando Guzhñay			1: 2.5
				Revisó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo			
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo			
				<b>U.T.A.</b>		Número de lámina:		12 DE 22	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		Sustitución:		Registro: 	

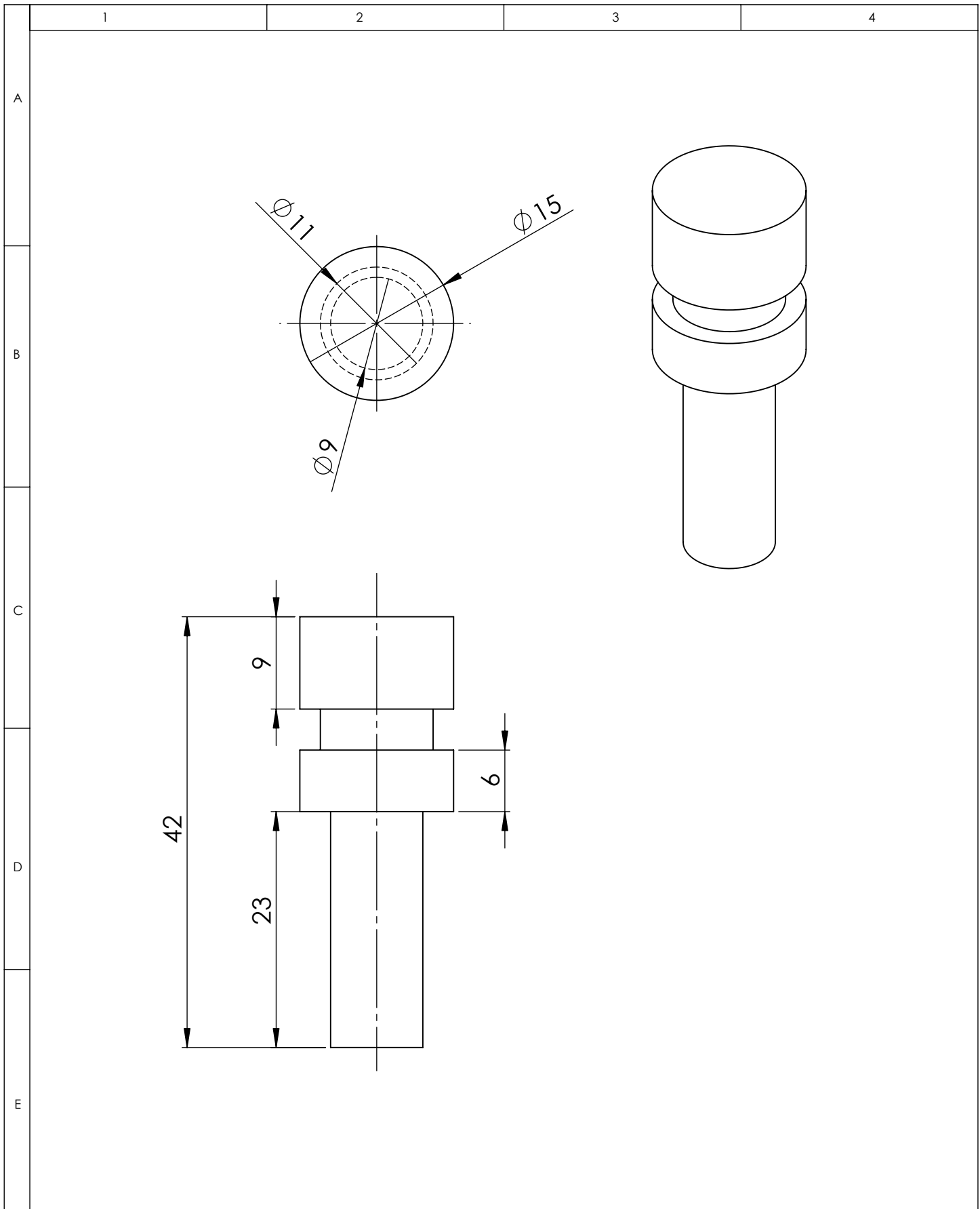




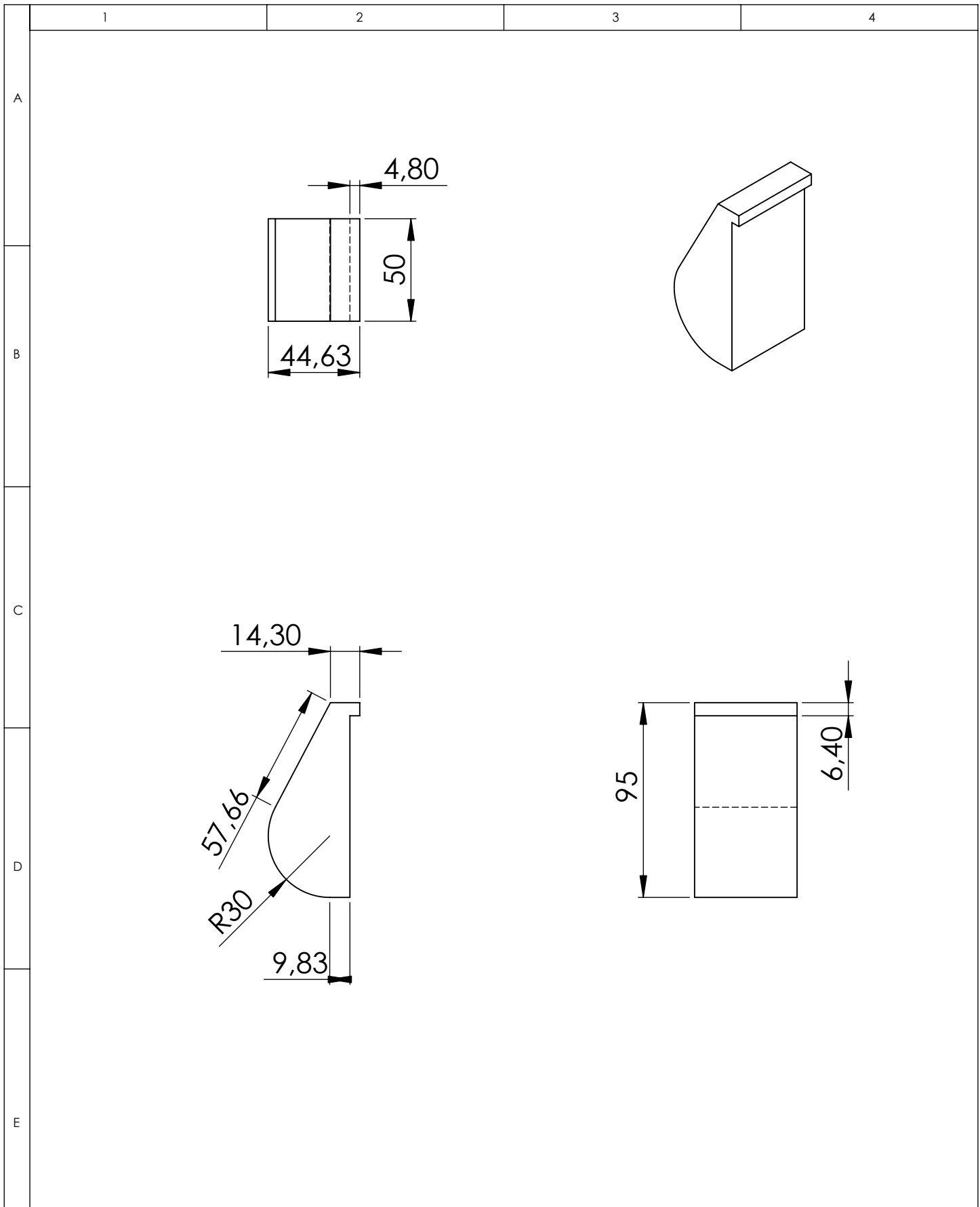
				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				± 0.5 mm	0.076 Kg	AISI 1020			
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:		
				Dibujó:	20-06-2011			Soporte del resorte	1:1
				Revisó:	20-06-2011				
				Aprobó:	20-06-2011	14 DE 22	⊕		
				U.T.A.		Sustitución:			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica					



				Tolerancia: ± 0.5 mm	Peso: 0.22 Kg	Material: <b>Acero estructural ASTM A-36</b>	
				Fecha	Nombre	<b>Título:</b>  <b>Refuerzo</b>	Escala:  1:1
				Dibujó:	20-06-2011		Fernando Guzhñay
				Revisó:	20-06-2011		Ing. López Gonzalo
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	
				<b>U.T.A.</b>		Número de lámina: 15 DE 22	Registro: 
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>Ingeniería Mecánica</b>		Sustitución:	

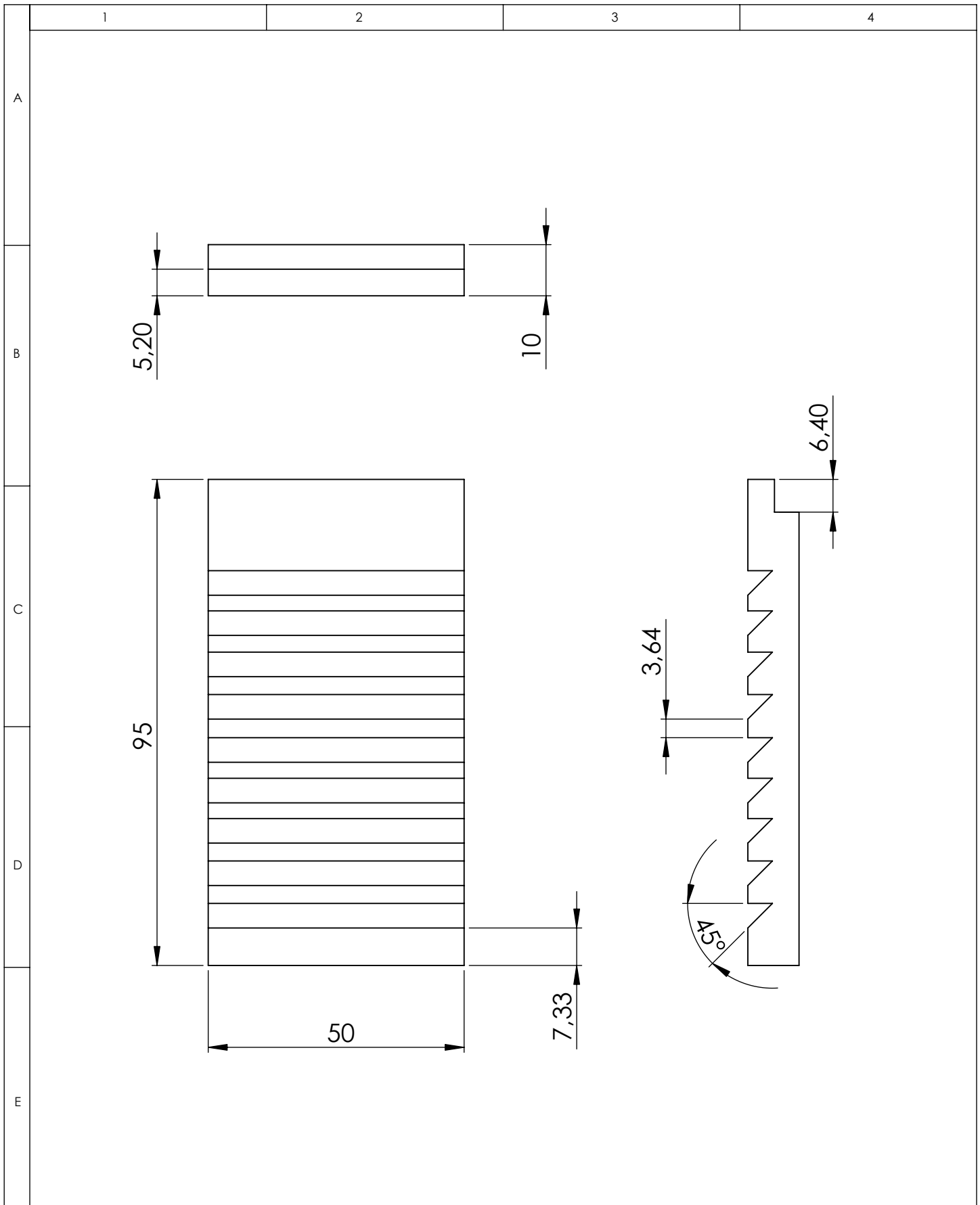


				Tolerancia: $\pm 0.5 \text{ mm}$	Peso: 0.035 Kg	Material: <b>AISI 1020</b>	
						Título: <b>Apoyo</b>	Escala: 2:1
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 20-06-2011	Fernando Guzhñay		
				Revisó: 20-06-2011	Ing. López Gonzalo		
				Aprobó: 20-06-2011	Ing. López Gonzalo		
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 16 DE 22	Registro: 
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	

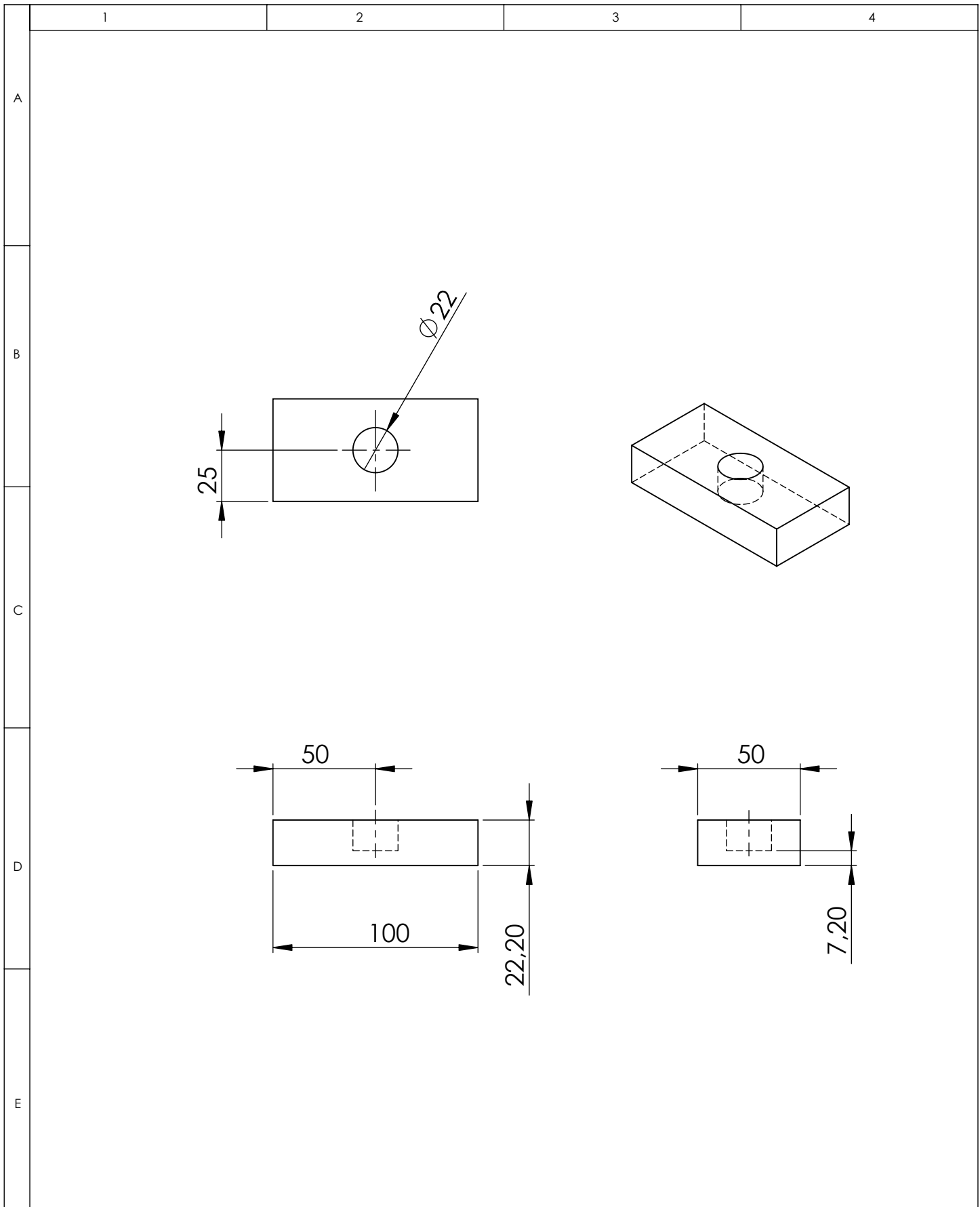


				Tolerancia: ± 0.5 mm	Peso: 1.07 Kg	Material: Acero tratado termicamente	
				Fecha	Nombre	Título: <b>Mordaza</b>	Escala: 1:2.5
				Dibujó:	20-06-2011		Fernando Guzhñay
				Revisó:	20-06-2011		Ing. López Gonzalo
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	
				U.T.A.		Número de lámina: 17 DE 22	Registro: 
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		Sustitución:	

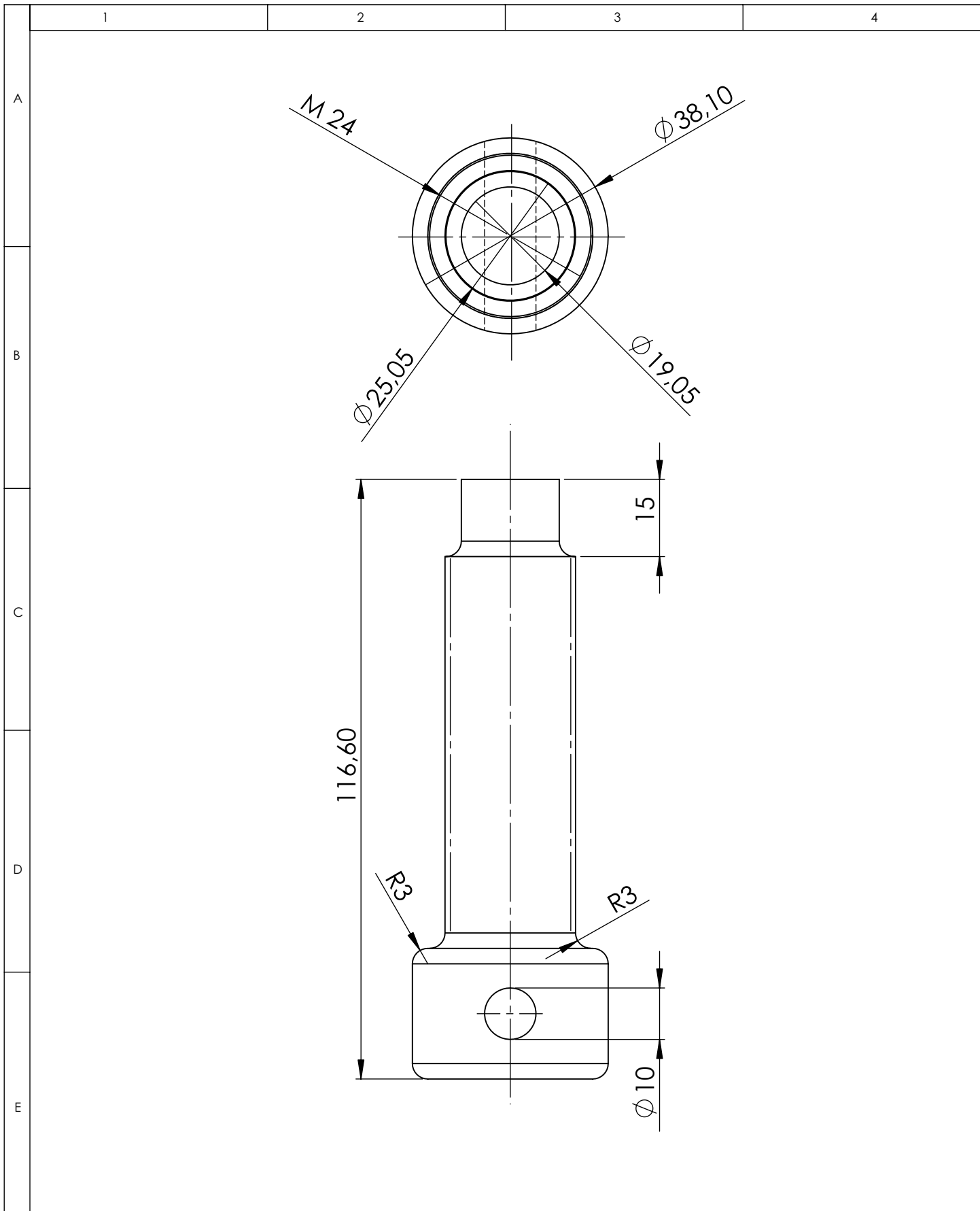




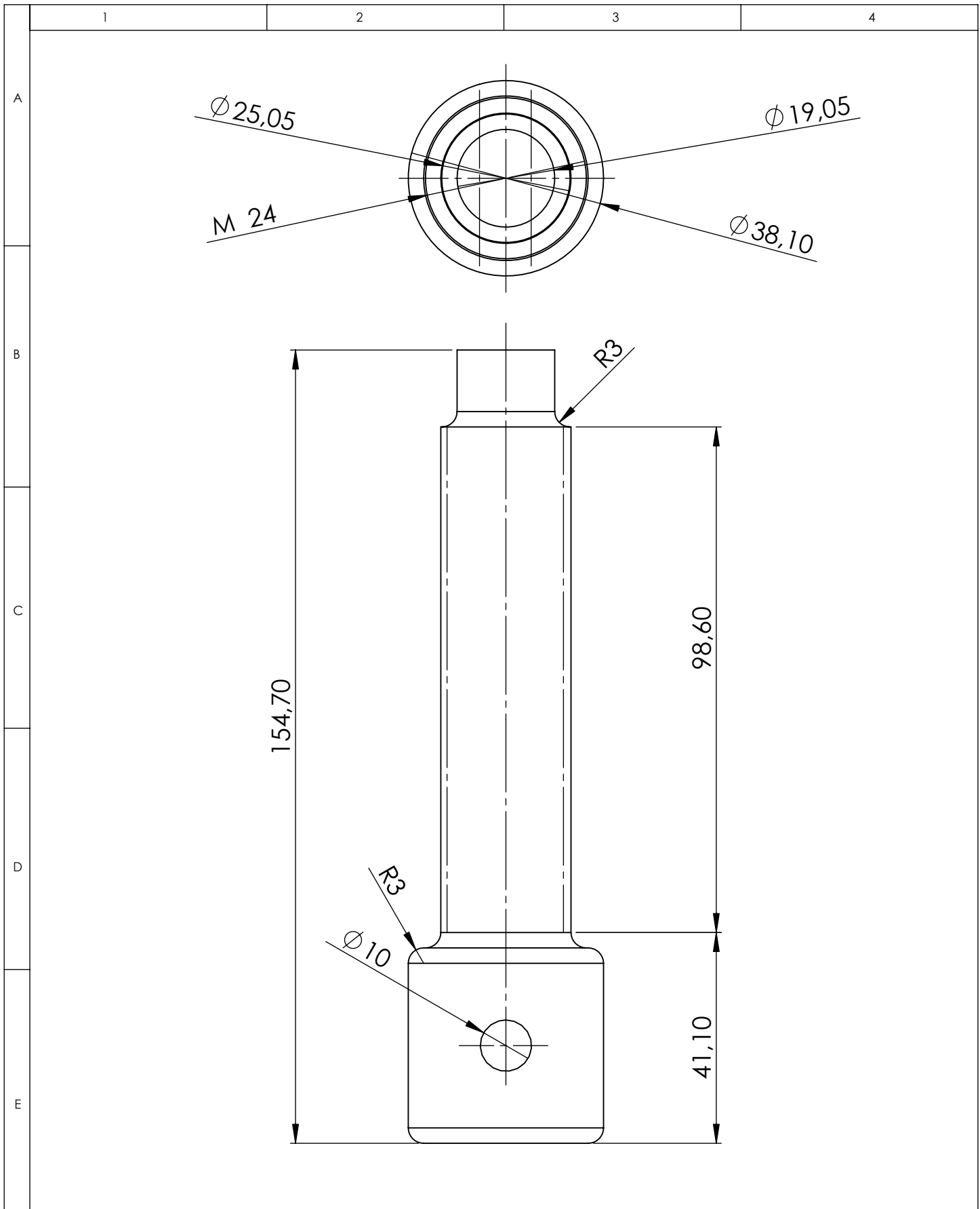
				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				± 0.5 mm	0.318 Kg	Acero tratado		
				Fecha	Nombre	Título:		
				Dibujó:	20-06-2011	Fernando Guzhñay		
				Revisó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo		
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo		
				U.T.A.		Número de lámina:	18 DE 22	
				Ingeniería Mecánica		Sustitución:		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					Registro:



				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				± 0.5 mm	0.821 Kg	<b>Acero estructural ASTM A-36</b>			
					Fecha	Nombre	<b>Título:</b>  <b>Tope</b>		Escala:
				Dibujó:	20-06-2011	Fernando Guzhñay			1:2.5
				Revisó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo			
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo	Número de lámina:		Registro:
				<b>U.T.A.</b>		19 DE 22			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>Ingeniería Mecánica</b>			Sustitución:		



				Tolerancia: ± 0.5 mm	Peso: 0.543 Kg	Material: <b>AISI 1020</b>		
				Fecha	Nombre	Título: <b>Eje de de presión</b>	Escala: 1:1	
				Dibujó:	20-06-2011			Fernando Guzhñay
				Revisó:	20-06-2011			Ing. López Gonzalo
				Aprobó:	20-06-2011	Ing. López Gonzalo		
				U.T.A.		Número de lámina: 20 DE 22	Registro:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		Sustitución:		



				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 0.76 Kg	Material: <b>AISI 1020</b>	
				Fecha	Nombre	Título: <b>Tornillo de presión 2</b>	Escala: 1:1
				Dibujó: 20-06-2011	Fernando Guzhñay		
				Revisó: 20-06-2011	Ing. López Gonzalo		
				Aprobó: 20-06-2011	Ing. López Gonzalo		
				U.T.A.		Número de lámina: 21 DE 22	Registro: 
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		Sustitución:	

