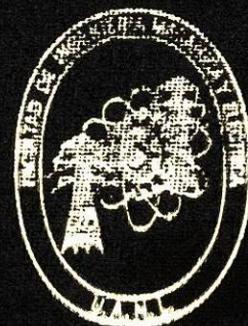


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



MEMORIA PARA EXAMEN PROFESIONAL
DE LA CARRERA DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO

PRESENTA

MIGUEL ANGEL GUAJARDO CAMARGO

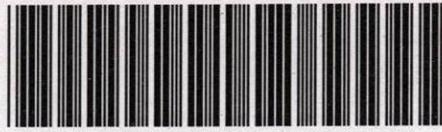
CURSO

PRUEBAS MECANICAS DE LOS MATERIALES

EXPOSITOR: M.C. DANIEL RAMIREZ VILLARREAL

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.
JUNIO DE 1996

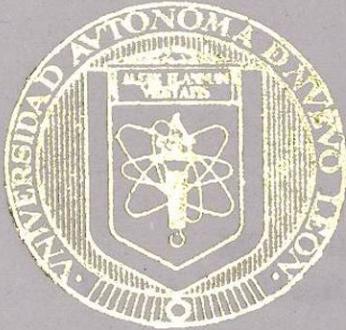
COGNETA 10



1080064377

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



MEMORIA PARA EXAMEN PROFESIONAL
DE LA CARRERA DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO

PRESENTA

MIGUEL ANGEL GUAJARDO CAMARGO

CURSO

PRUEBAS MECANICAS DE LOS MATERIALES

EXPOSITOR: M.C. DANIEL RAMIREZ VILLARREAL

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

JUNIO DE 1996

T
TA410
98



Tesis





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE NUEVO LEÓN.**



**FACULTAD DE INGENIERIA
MECANICA Y ELECTRICA.**

**MEMORIA PARA EXAMEN PROFESIONAL
DE LA CARRERA DE INGENIERO MECANICO ELECTRICO**

PRESENTA

MIGUEL ANGEL GUAJARDO CAMARGO

**CURSO
PRUEBAS MECANICAS DE LOS MATERIALES**

EXPOSITOR: M.C. DANIEL RAMIREZ VILLARREAL

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON.

JUNIO DE 1996.

MEMORIA PARA EXAMEN PROFESIONAL
"PRUEBAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES"

ÍNDICE :

Capítulo:	Página :
I.- Clasificación de los materiales.....	2
II.- Estructura de los materiales.....	3
* Metales	
* Polímeros	
III.- Propiedades y características mecánicas básicas.....	13
IV.- Máquinas, accesorios, aditamentos e instrumentos de medición.....	27
Bibliografía.....	29

I.- Clasificación de los materiales

Los materiales se clasifican básicamente en cuatro clases:

a).- Ferrosos:

**Aceros: Ordinarios
Aleados**

**Fundiciones: Grises: Nodular: Ferrítico
Perlítico**

**Blancas: H. Martensíticos
Aleaciones especiales**

b) No- Ferrosos :

**Cobre y sus aleaciones
Aluminio y sus aleaciones
Níquel, Cromo, Estaño, etc.**

c).- Orgánicos:

**Madera
Polímeros
Elastómeros**

d).- Inorgánicos:

**Fibras compuestas
Cerámicos
Vidrios
Minerales**

II.- Estructura de los materiales

Métales.-

Para los metales su estructura está compuesta por agrupamiento de átomos.
Estados de la materia en la obtención de un metal:

- Sólidos
- Líquidos
- Gaseosos

Tipos de enlace.-

- Enlace Iónico
- Enlace Metálico
- Enlace Covalente
- Enlace Vander-Walls
- Puente de Hidrógeno

La Red o Estructura Cristalina se define como la agrupación de átomos en forma ordenada denominadas celdillas especiales.

Características de la Red:

- Sus longitudes
- Sus ángulos

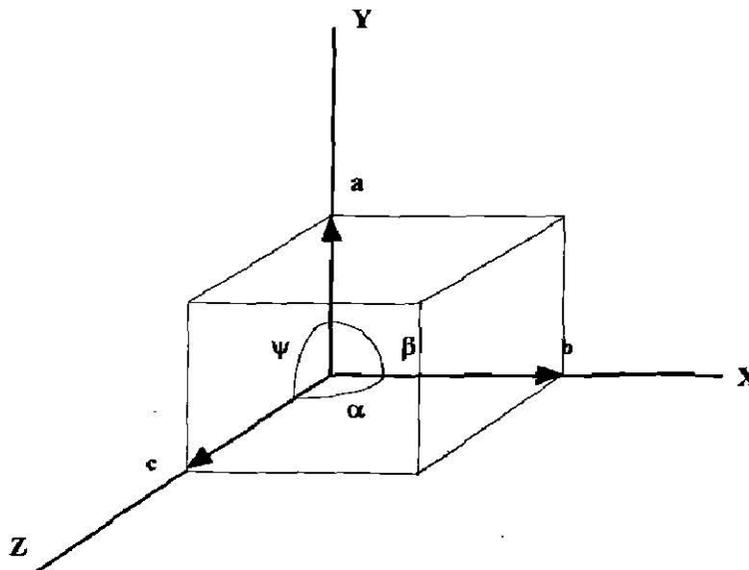
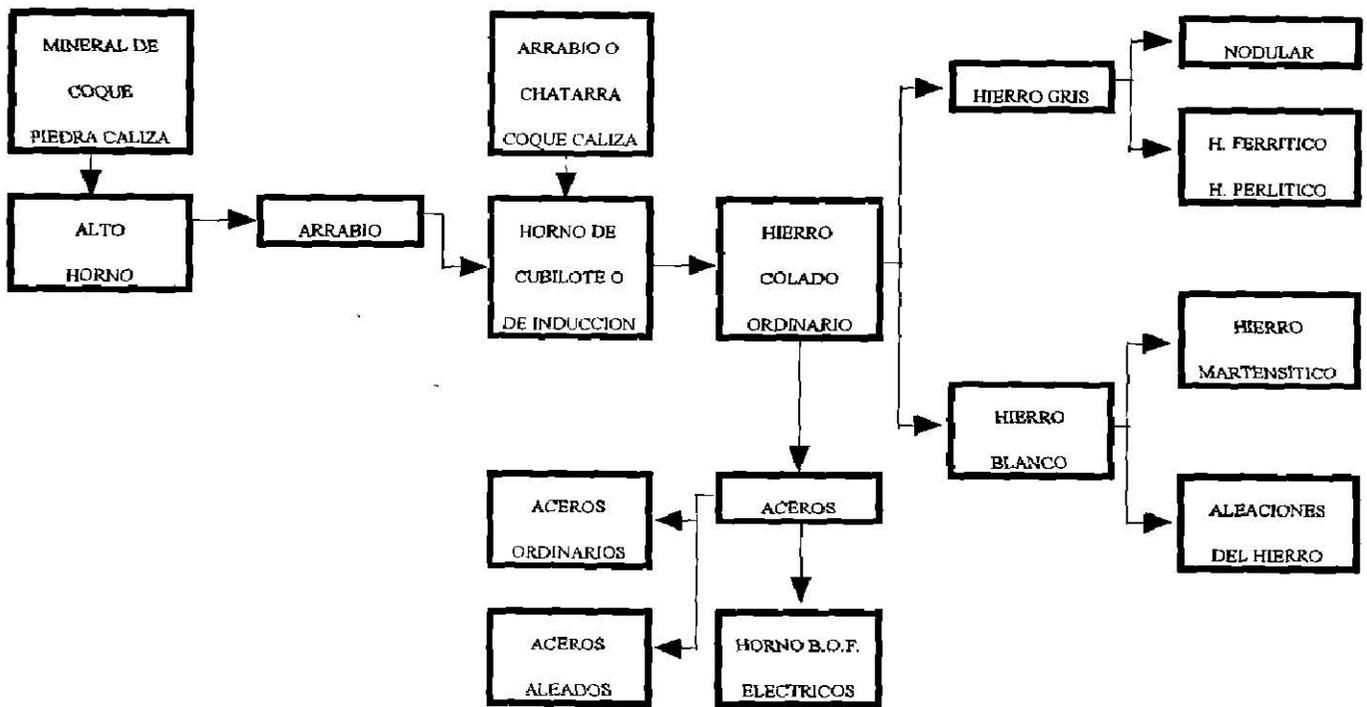


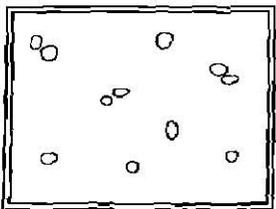
DIAGRAMA DE OBTENCION DEL HIERRO Y EL ACERO



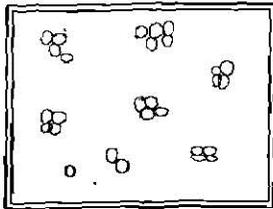
MECANISMOS DE CRISTALIZACION EN LOS METALES

ESTE ES EL PROCESO DE TRANSFORMACION DE UN ESTADO LIQUIDO A UNO SOLIDO DESARROLLANDOSE LOS CRISTALES EN FORMA ORDENADA.

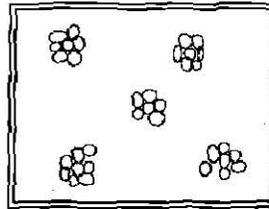
TEMPERATURA ALTA  TEMPERATURA NORMAL



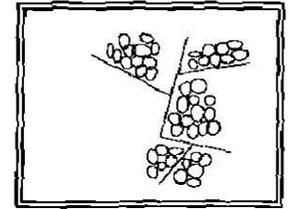
FORMACION DE
NUCLEOS DE ATOMOS



FORMACION DE
DENTRITAS



CRECIMIENTO DE
CRISTALES



FORMACION DE
LIMITES DE GRANO

Existen siete sistemas cristalinos; los cuales son mencionados a continuación:

1.- Monolítico

- a) Simple
- b) De extremos centrados

2.- Triclínico

- a) Simple

3.- Hexagonal

- a) Con extremos centrados

4.- Romboédrico

- a) Simple

5.- Ortorrómbico

- a) Simple
- b) Cuerpo centrado
- c) Extremos centrados
- d) Caras centradas

6.- Tetragonal

- a) Simple
- b) Cuerpo centrado

7.- Cúbico

- a) Simple
- b) Cuerpos centrados
- c) Caras centradas

Los sistemas de cristalización más comunes son:

- Cúbico ***
- Hexagonal ***
- Tetragonal**
- Ortorrómbico**
- Romboédrico**

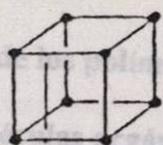
Defectos o imperfecciones del cristal :

- Vacancias**
- Intersticios**
- Dislocaciones (Borde y Helicoidales)**

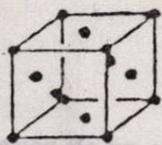
Se define Polimorfismo o Alotropía cuando el material se presenta en varias formas.

*** En metales**

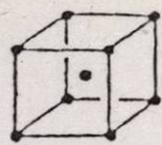
REDES ESPACIALES O TIPOS DE ESTRUCTURAS CRISTALINAS



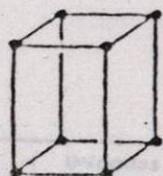
Cúbica simple



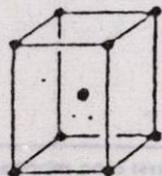
Cúbica centrada en las caras



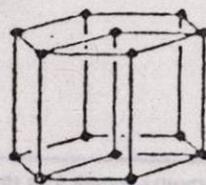
Cúbica centrada en el cuerpo



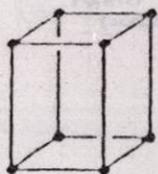
Tetragonal simple



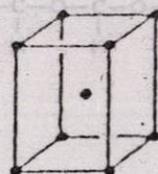
Tetragonal centrada en el cuerpo



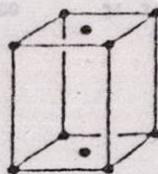
Hexagonal



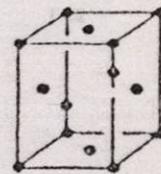
Ortorrónica simple



Ortorrónica centrada en el cuerpo



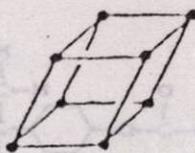
Ortorrónica centrada en las bases



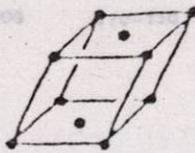
Ortorrónica centrada en las caras



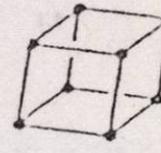
Romboédrica



Monoclínica simple



Monoclínica centrada en las bases



Triclínica

Los siete sistemas de estructura cristalina y las 14 redes de Bravais.

Estructura de los polímeros.-

Son macromoléculas orgánicas que a través de un enlace químico forman el monómero (ó unidad monomérica), el cual se repetirá en millones de veces en cadenas lineales o cruzadas para finalmente constituir un polímero.

Ejemplo.-

Unidades repetitivas y propiedades para termoplásticos típicos que tienen estructuras de cadena complicadas

Polímero	Estructura	Resistencia a la tensión (psi)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (ksi)	Densidad (g/cm ³)
Poliéster (acetato)		9,500-12,000	25-75	520	1.42
Poliéster (dacrón)		8,000-10,500	50-300	400-600	1.36
Policarbonato		9,000-11,000	110-130	500-400	1.2
Celulosa		2,000-8,000	5-50	200-250	1.50

Polímeros.

Características generales de los polímeros :

- * Ligeros**
- * Resistentes a la corrosión**
- * Aislantes eléctricos**
- * Baja resistencia a la tensión**
- * No pueden ser usados en temperaturas altas**
- * Muy prácticos para manejar**

Clasificación de los polímeros:

♦♦ Según su mecanismo de polimerización :

a) Polímeros por adición: son cadenas formadas por el enlace covalente de las moléculas.

b) Polímeros por condensación: se producen cuando se unen dos o más tipos de moléculas mediante una reacción química que libera agua.

♦♦ Según su estructura :

a) Polímeros lineales: son cadenas largas de moléculas, las cuales son formadas por una reacción de adición o de condensación.

b) Polímeros de red: son estructuras reticulares tridimensional producidos mediante un proceso de enlaces cruzados que implica una reacción de adición condensación.

♦♦ Según su comportamiento :

a) Polímeros Termoplásticos: Son polímeros de estructura línea, que se comportan de manera plástica a elevadas temperaturas, y pueden ser conformados a temperaturas elevadas, enfriados y luego recalentados y conformados.

b) Polímeros Termoestables o Termofijos: son de red o de estructura tridimensional reticulado, por lo que se consideran rígidos y no se ablandan cuando se calientan; se forman por reacción de condensación; no se pueden reprocesar debido a que parte de las moléculas salen del material.

♦♦ **Según su grado de polimerización.-**

- a) Homopolímeros (un solo material)
- b) Copolímeros (dos o más tipos)
- c) Oligopolímeros (pocos monómeros)
- d) Polímeros

♦♦ **Según su naturaleza.-**

- a) Naturales (lino, seda, asbesto, celulosa)
- b) Artificiales o sintéticos (rayón, nitrato de celulosa)
- c) Por su origen
- d) Vegetales (algodón, celulosa, etc.)
- e) Animales
- f) Minerales (asbestos, fibra de vidrio)

Polímeros Inorgánicos:

- Son macromoléculas que se constituyen de cadenas que no contienen átomos de carbono.

Clasificación de los polímeros inorgánicos:

* Naturales:

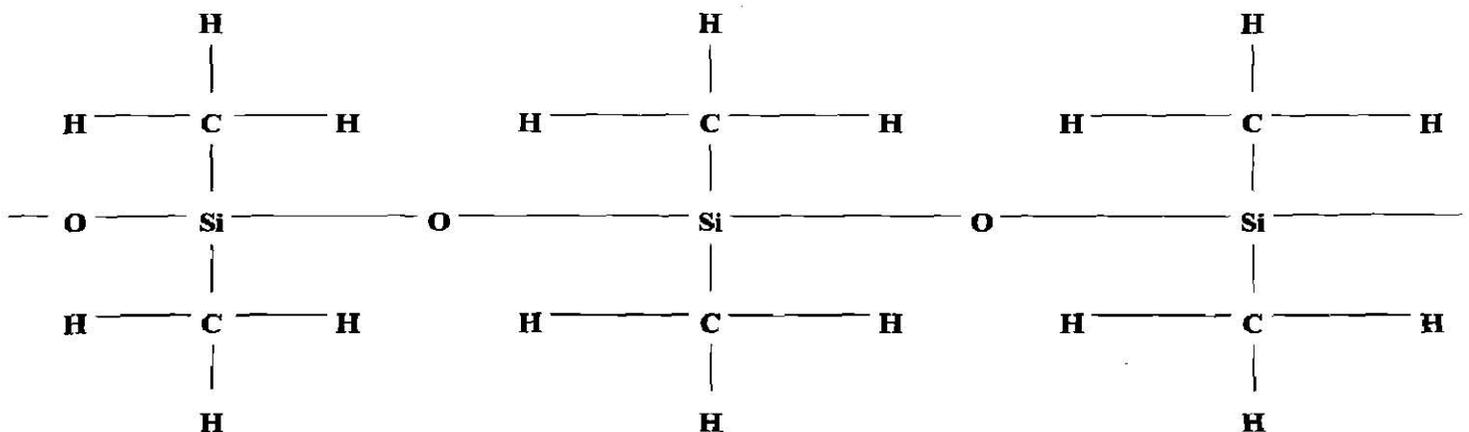
Asbestos
Fibras de carbono

* Artificiales:

silicones
Fibras de vidrio

Elastómeros:

-Se define como elastómero (caucho o hules) a una cadena polimérica que se encuentra enrollada debido al arreglo de los enlaces, por lo que al aplicarse una fuerza se alarga al desenrollarse las cadenas lineales, deslizándose unas sobre otras y provocando una combinación de deformación plástica y elástica. Tienen un comportamiento intermedio y la capacidad de deformarse elásticamente en alto grado sin cambiar de forma.



SILICON

III.- Propiedades y características mecánicas en los materiales

Basándonos en un ensaye estático de tensión y su gráfica de comportamiento esfuerzo vs deformación unitaria, obtendremos las siguientes características y propiedades básicas en los materiales:

- * Resistencia mecánica
- * Ductilidad
- * Rigidez
- * Resiliencia
- * Tenacidad
- * Estándares de probetas
- * Velocidad de ensayo
- * Textura de grano
- * Tipos de fallas

Se define como resistencia mecánica a la oposición que ofrece el material a través de su fuerza interna (molecular) a la fuerza o carga aplicada.

La resistencia mecánica se mide a través de:

1.- Límite Proporcional (σ_{LP}).- Es el mayor esfuerzo que un material es capaz de desarrollar sin perder la proporcionalidad entre esfuerzo y deformación; es decir, que representará el último punto en la pendiente de la gráfica; cumpliendo con la Ley de Hooke.

2.- Límite Elástico (σ_{LE}).- Es el mayor esfuerzo que un material es capaz de desarrollar sin que ocurra la deformación permanente al retirar el esfuerzo, la determinación de éste límite elástico no es práctico y rara vez se realiza.

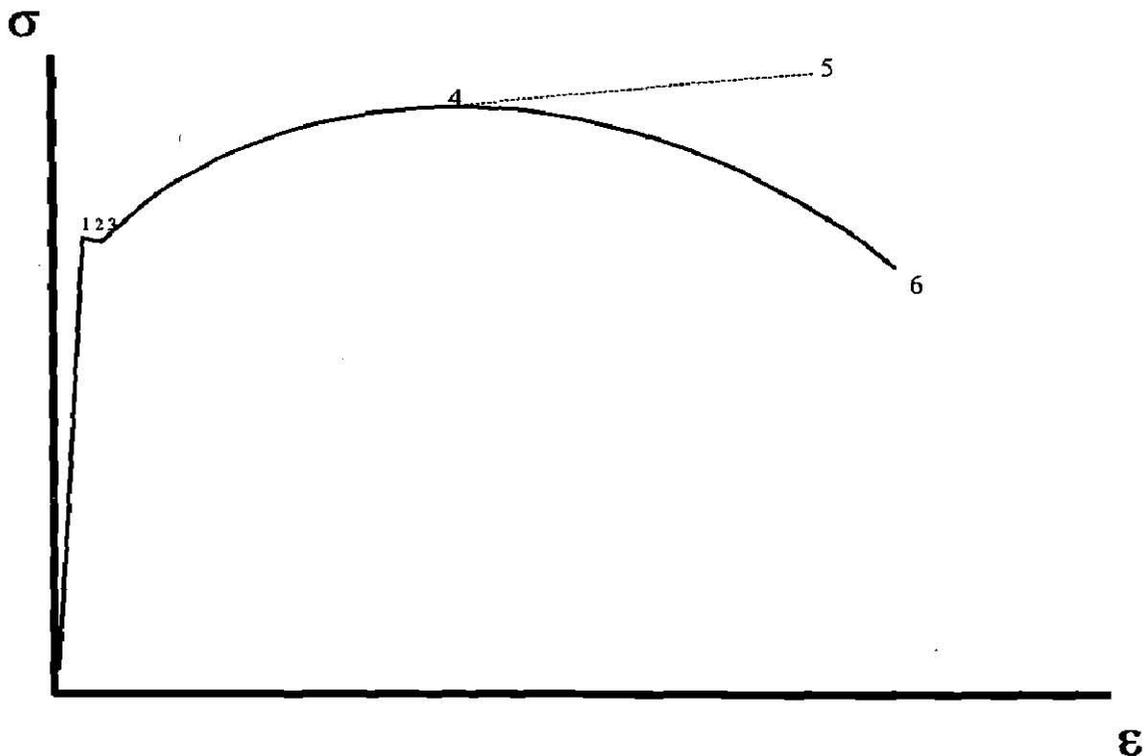
3.- Resistencia a la Cedencia ($\sigma_{Y.P.}$).- Es el esfuerzo al cual ocurre un aumento de (deformación) sin oponerse a la fuerza aplicada por lo que los incrementos de carga en la máquina de pruebas para algunos materiales.

4.- Resistencia Máxima ($\sigma_{Max.}$).- Es el esfuerzo máximo que puede desarrollar el material debido a la carga aplicada, durante un ensaye hasta la ruptura. (Se observa en la probeta el inicio de la reducción de área en materiales dúctiles).

5.- Esfuerzo de Ruptura (σ_{Rup}).- es el esfuerzo nominal al ocurrir falla y se obtiene dividiendo la carga decreciente registrada en la carátula o pantalla de la máquina y el área inicial de la probeta.

6.- Esfuerzo de Ruptura Real o Verdadero (σ_{RupR}).- Es el esfuerzo nominal al ocurrir la falla y se obtiene dividiendo la carga entre el área real, la cual disminuye conforme se aplica la carga.

Este esfuerzo es improbable sobre la sección crítica o de falla, ya que el laminado del metal causa el desarrollo de una compleja distribución de esfuerzos.

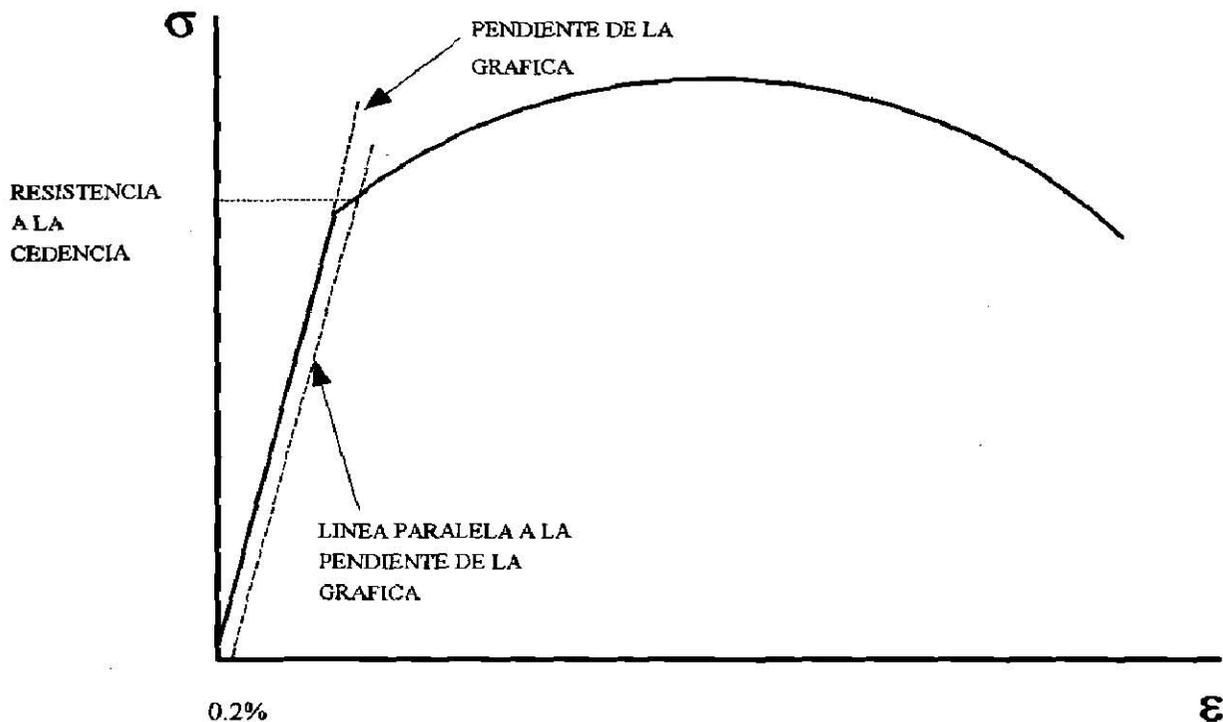


Obtención del Punto de Cedencia.

El *punto de cedencia* esta definido como el esfuerzo al cual ocurre una gran deformación sin incremento de carga o esfuerzo.

En algunos materiales este punto de cedencia no se presenta como en otros, que a través de la oscilación de la aguja en la carátula de la lectura de carga o del canal en el display de carga, se puede detectar dicho punto en la Máquina Universal.

Al método para determinar el punto de cedencia se le conoce como el método "Offset" o de "Desplazamiento". El método consiste en trazar una línea recta paralela a la pendiente de la gráfica a partir de un valor de deformación unitaria de 0.001, 0.002, 0.003 in/in.; que representará 0.1%, 0.2%, y 0.3% de deformación unitaria respectivamente. El valor más usual es el de 0.2%.



Zonas en la Gráfica de Esfuerzo VS Deformación.-

Existen tres zonas dentro del gráfico de Esfuerzo VS Deformación, las cuales se mencionan a continuación:

1ª Zona Elástica.- Se considera desde el origen hasta el punto límite proporcional. Se emplea en el diseño de elementos de máquinas y estructuras.

2ª Zona Plástica.- Esta zona está considerada desde el punto de cedencia hasta el punto de esfuerzo máximo.

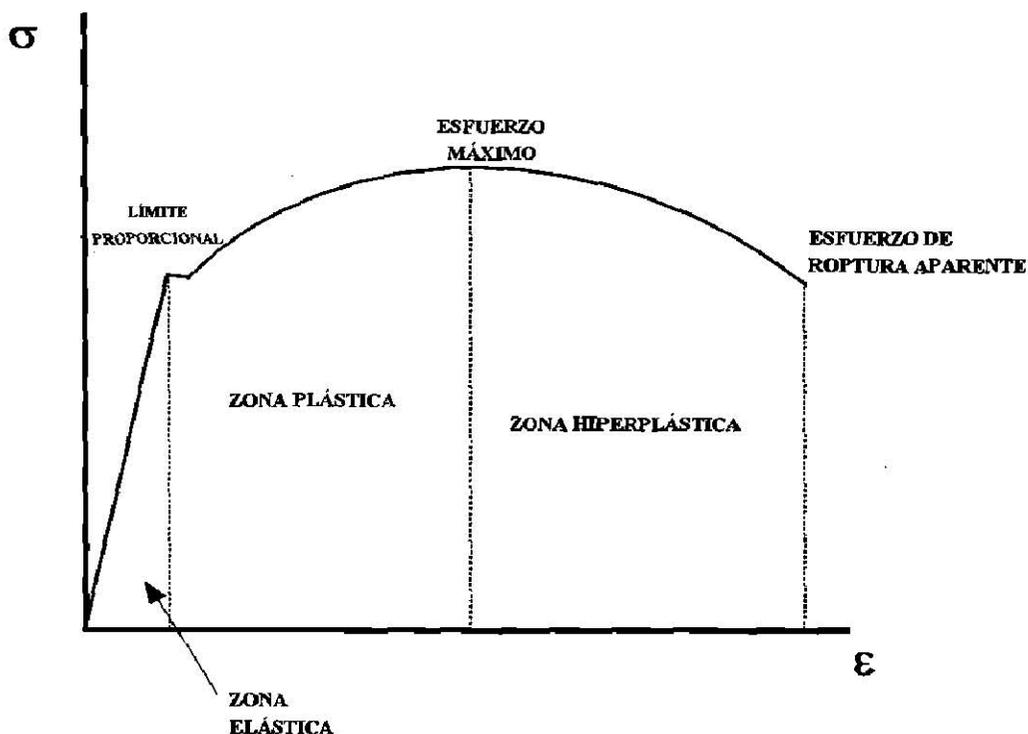
La lectura de esta zona es de vital importancia cuando se le está dando forma al material; como por ejemplo, en los procesos de mecanizado (torneado, troquelado, doblado, extruido, etc.), en los laminados (en caliente o en frío).

Esta zona se divide en:

- Zona de cedencia
- Zona de endurecimiento por deformación.

3ª (Zona Hiperplástica).- Se considera en algunos materiales desde el punto de esfuerzo máximo, hasta el punto de ruptura aparente.

Esta zona es muy utilizada en el diseño de elementos de máquinas, productos y estructuras que deben absorber grandes cantidades de energía mecánica (energía cinética o potencial).



La **Ductilidad** es la propiedad de los materiales de deformarse en grande.

La **Fragilidad** es la propiedad que tienen los materiales de no presentar deformación macroscópica.

Estas dos propiedades son medidas en :

– Para el Ensayo de Tensión a través de:

a) % de Elongación.- Se obtiene midiendo la longitud inicial (L_0) y la final (L_f) de la probeta y luego sustituyendo en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Elong.} = (L_f - L_0) / L_0 \times 100$$

b) % de Reducción de Área.- Se obtiene midiendo el diámetro inicial y final de la probeta, calculando el área respectiva y sustituyendo en la siguiente ecuación

$$\% \text{ de Reduce. de Área} = (A_0 - A_f) / A_0 \times 100$$

– Para el Ensayo de Compresión a través de:

a) % de Aumento de Área.- Se obtiene midiendo los diámetros inicial y final, calculando el área respectiva y sustituyendo en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Aumento de Área} = (A_f - A_0) / A_0 \times 100$$

b) % de Reducción Longitud.- Se obtiene midiendo la longitud inicial y final de la probeta y sustituyendo en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Reducción de Longitud} = (L_0 - L_f) / L_0 \times 100$$

Se recomienda que los materiales tengan un % de elongación, un % de reducción de área, un % de aumento de área, un % de reducción de longitud, mayor de 5% para que se consideren dúctiles.

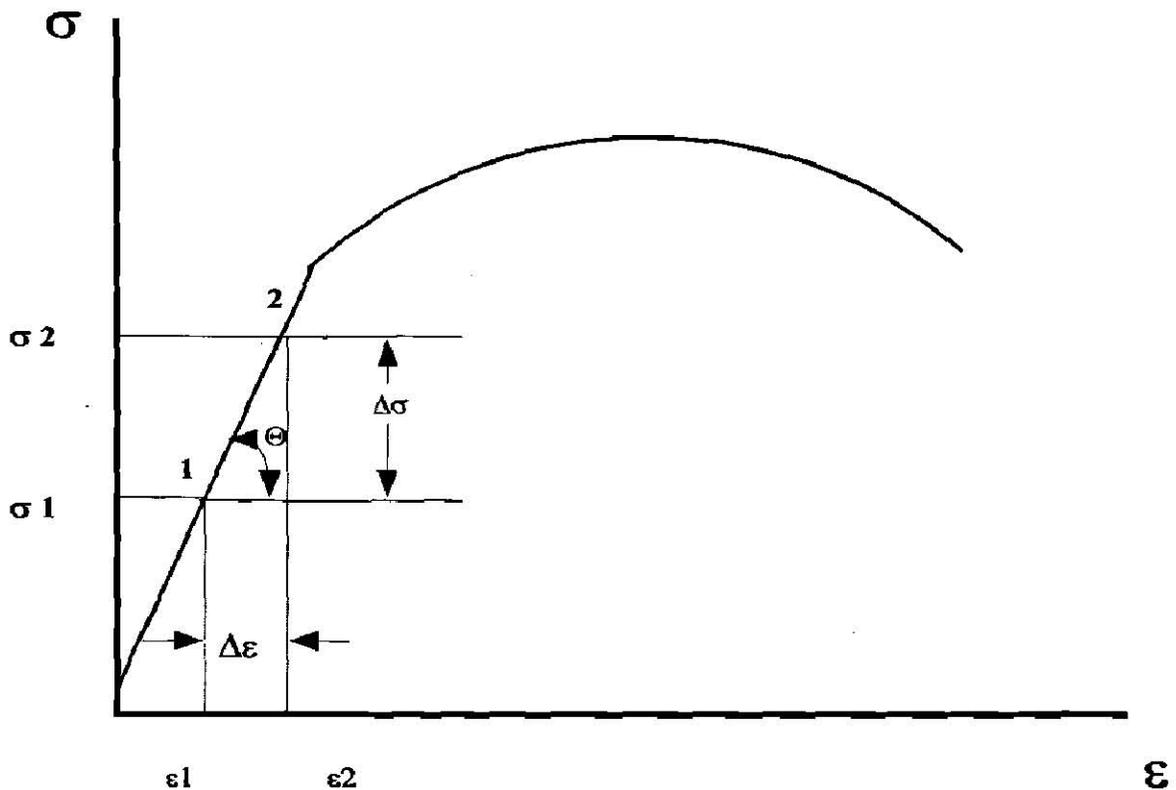
Rigidez.-

Es el esfuerzo requerido para producir una deformación dada.

Se mide a través de la obtención del módulo de elasticidad para carga axial (E) y representa la tangente de la pendiente en la gráfica Esfuerzo VS Deformación, éste módulo se puede obtener considerando dos puntos sobre la pendiente y realizando un triángulo como se muestra en la siguiente figura:

$$E = \text{Tg } \Theta = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon = (\sigma_2 - \sigma_1) / (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)$$

(GPa, Lb/in², Kg/cm²)



MATERIAL	MODULO ELÁSTICO (E)		
	E6 (Kg / cm2)	(GPa)	E6 (Lb / Lb2)
Acero ordinario	2.10	200	30
Aluminio	0.71	70	10
Latón	0.98	100	11
Hierro colado	1.05	120	11.6
Madera	0.09	183	1.2
Concreto	0.25	500	3.5
Plástico	0.56	116	0.8

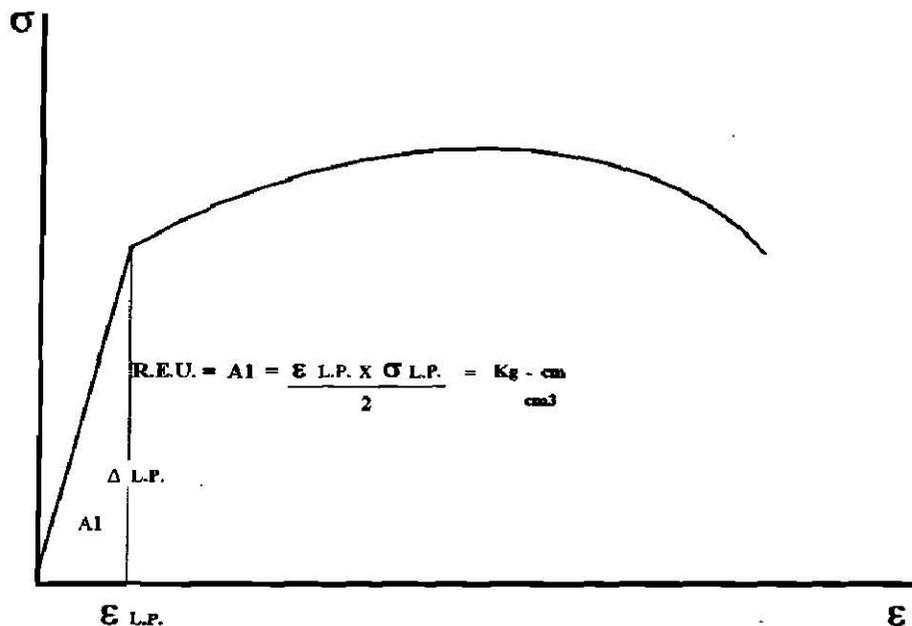
Valores promedios del módulo de elasticidad de algunos materiales.

Resiliencia estática.-

Es la propiedad que tienen los materiales de absorber energía hasta su límite proporcional o elástico (energía elástica).

También se le conoce como medida de la resistencia a la energía elástica.

La Resiliencia Elástica Unitaria (R.E.U.) o módulo de resiliencia es la energía almacenada por unidad de volumen en límite elástico o proporcional; y representa el área (A1) bajo la pendiente de la gráfica Esfuerzo VS Deformación mostrada en la siguiente figura:



$$\text{R.E.U.} = A_1 = 1/2 (\sigma_{L.P.} \epsilon_{L.P.}) \quad (\text{kg} - \text{cm}/\text{cm}^3)$$

$$\text{Volumen Inicial (V}_0\text{)} = A_0 \times L_0 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\text{Resiliencia Elástica Total (RET)} = \text{REU} \times V_0$$

$$\text{RET} = 1/2 (\sigma_{L.P.} \epsilon_{L.P.}) \times V_0 \text{ (kg} - \text{cm)}$$

L.P. = Límite Proporcional

Tenacidad.-

Se define como la propiedad que tienen los materiales de absorber energía hasta el punto de ruptura (también conocida como energía plástica).

Representa el área total bajo la gráfica Esfuerzo VS Deformación, ésta se puede medir a través de seccionar el área en áreas regulares y sumarlas, o con el planímetro, el cual es un instrumento para determinar el área de una gráfica.

El valor así obtenido será la Tenacidad unitaria.

$$\text{Tenacidad Unitaria (TU)} = \text{Área Total}$$

$$\text{TU} = 1/2 (\sigma_{\text{MAX}} + \sigma_{\text{Y.P.}}) \epsilon_{\text{MAX}} \quad (\text{kg} - \text{cm.} / \text{cm}^3)$$

$$\text{Volumen inicial (V}_0\text{)} = A_0 \times L_0 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\text{Tenacidad Total (TT)} = \text{TU} \times V_0 \text{ (kg} - \text{cm.)}$$

Y.P. (Yield Point): Punto de cedencia.

Estándar de Probetas para Pruebas de Tensión.-

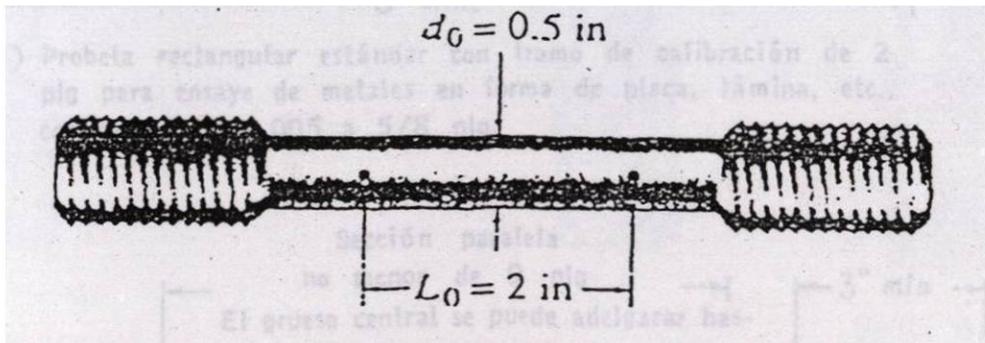
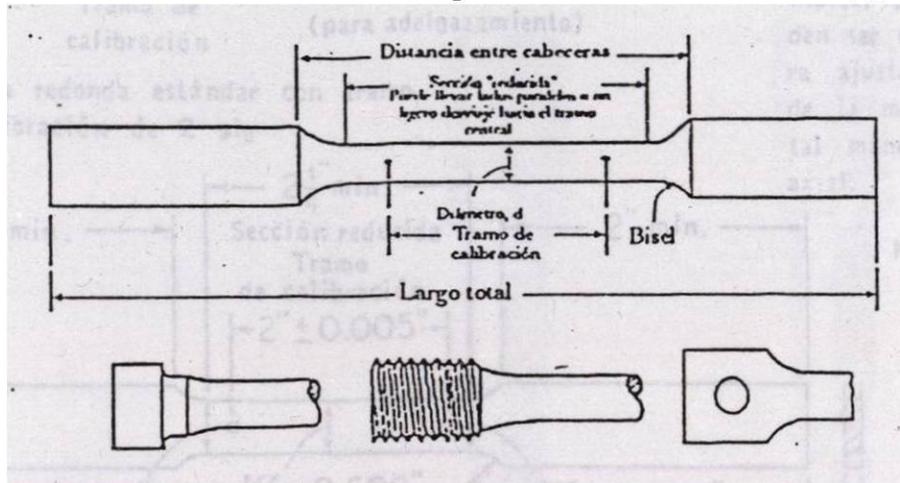
La sección transversal de las probetas que son utilizadas en los ensayos de tensión, pueden ser de diferentes formas: redonda, rectangular o irregular, según sea el caso.

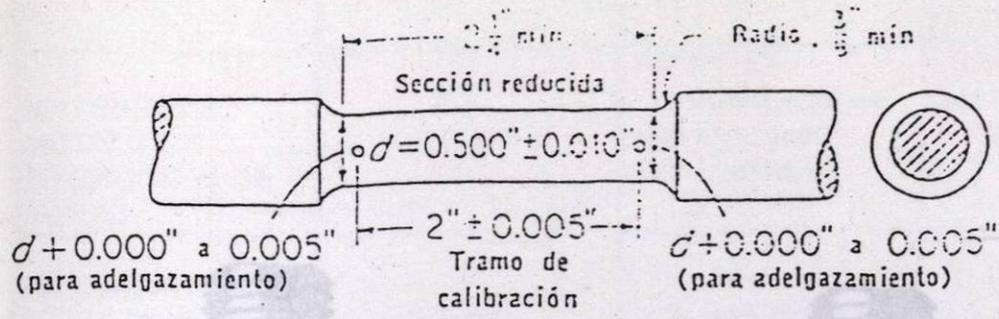
Las formas dimensionales de las probetas depende de las asignaciones que estipule las normas reneridas por las agencias de ensaye e inspección en los materiales y productos.

La porción del tramo recto es de sección menor que los extremos para provocar que la falla ocurra en una sección donde los esfuerzos no resulten afectados por los aditamentos de sujeción.

El tramo de calibración es el marcado según el estándar, sobre el cual se miden las lecturas de longitud final y diámetro final los extremos de las probetas redondas, y rectangulares, pueden ser simples, cabeceados o roscados, los extremos simples deben ser largos para adaptarse algún tipo de mordaza cuneiforme o plana.

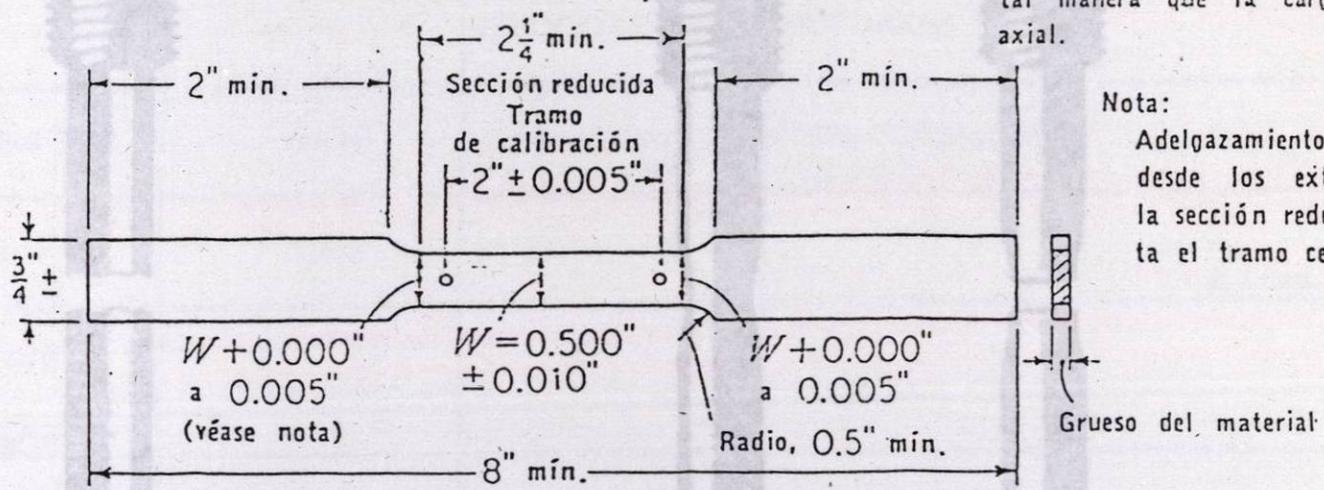
Una probeta debe ser simétrica con respecto a un eje longitudinal a lo largo de su longitud para evitar la flexión durante la aplicación de la carga, la longitud de la sección reducida depende de la clase de material y de las mediciones que se tomen.





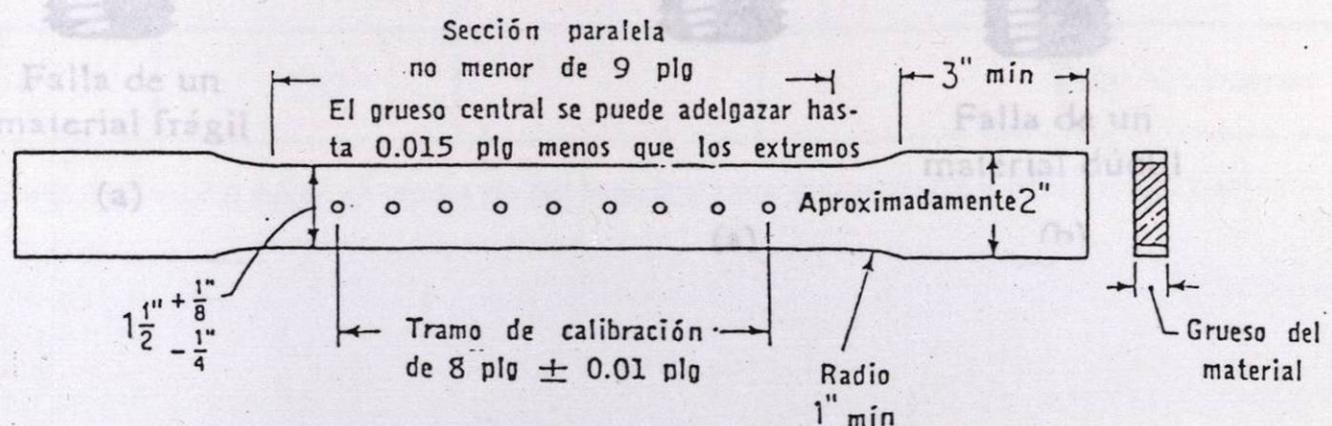
(a) Probeta redonda estándar con tramo de calibración de 2 plg

Nota:
El tramo de calibración, la sección paralela o adelgazada y los biselés serán como se indica, pero los extremos pueden ser de cualquier forma para ajustar en los sujetadores de la máquina de ensaye, de tal manera que la carga sea axial.



(b) Probeta rectangular estándar con tramo de calibración de 2 plg para ensaye de metales en forma de placa, lámina, etc., con grueso de 0.005 a 5/8 plg.

Nota:
Adelgazamiento gradual desde los extremos de la sección reducida hasta el tramo central.

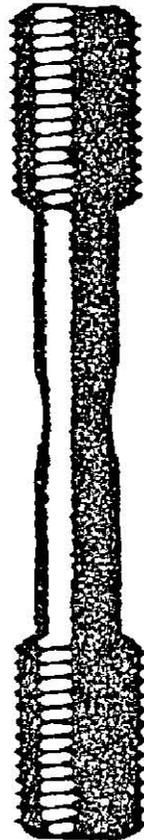


(c) Probeta rectangular estándar con tramo de calibración de 8 plg, para ensaye de metales en forma de placa, lámina, etc., con gruesos de 3/16 plg o más.

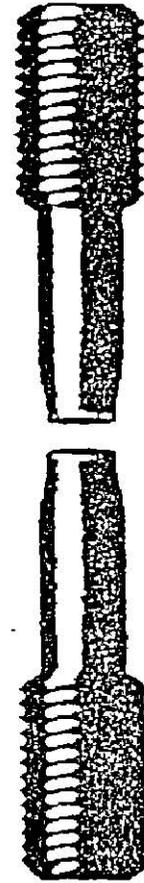


Falla de un material frágil

(a)



(a)



Falla de un material dúctil

(b)

MATERIAL DE ENSAYO	REFERENCIA DE LA A.S.T.M.	MAXIMA VELOCIDAD DEL PUENTE		VELOCIDAD DE APLICACION DE CARGA
		A LA CEDENCIA	A LA RESISTENCIA MAXIMA O ULTIMA	
MATERIALES METALICOS PRODUCTOS DE ACERO	E-8 A 370	TRAMO DE CALIBRACION DE .062 Plg./ min. 1.57 mm/ min.	TRAMO DE CALIBRACION DE .5 Plg./min. 12.7 mm/ min.	MAXIMO DE 100 KIPS/Plg.A LA CEDENCIA
HIERRO FUNDIDO GRIS	A 48	.062 Plg/min 1.57 mm/ min.	0.125 plg./min. (3.125 mm/ min.) O 15 kips/ plg	
		VELOCIDAD DE LAS MORDAZAS		
PLASTICOS	D 638	.05 plg./min. 1.27 mm/min.	0.20 a 0.25 plg/min 5.08 a 6.35 mm/min	
HULE DURO	D 530			2.9 a 3.1 lb./ seg.
HULE SUAVE VULCANIZADO	D 412		20 +/- 1	
PARALELA AL GRANO O FIBRA			0.05 plg/min. 1.27 mm/min.	
PERPENDICULAR AL GRANO O FIBRA			0.10 plg. / min. 2.54 mm/ min.	
CONCRETO	C 190			600 +/- 25lb/min.

TABLA DE VELOCIDADES PARA EL ENSAYO DE TENSION RECOMENDADAS POR LA A.S.T.M.

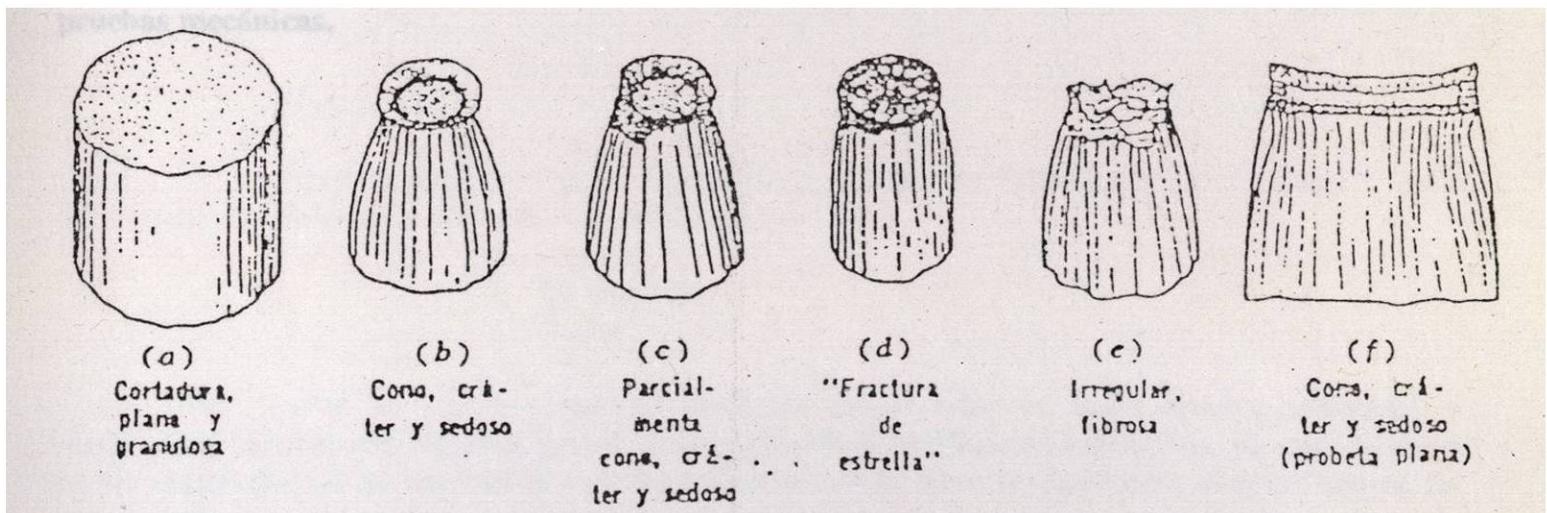
Otros estándares para polímeros o plásticos se encuentran en la asignación de la ASTM D 412, hasta D 530, hasta D 638; para concreto ASTM C 190; para materiales eléctricos ASTM D 651, etc.

Velocidad en ensayos de tensión.-

La velocidad de los ensayos a tensión será aquella que permita las lecturas de carga y deformación o las que recomienden los estándares de la ASTM, ASME o alguna otra asociación para este fin. Para el tipo de material a ensayar, un ejemplo de velocidades del cabezal móvil serían desde 0.01 a 0.05 plg/min y una máxima velocidad de carga sería 100 kips/plg²-min, se sugiere detectar la cedencia en metales según ASTM 8.

Textura de grano y tipo de fractura.-

Las fracturas se pueden clasificar en cuanto a forma, textura y color. Los tipos de fracturas más comunes son cono-cráter, parcialmente cono y cráter, planas e irregulares y las que pueden definirse al momento de la fractura del espécimen. Los de textura son: sedosa, grano fino, grano grueso, granular fibrosa, estillable, cristalina, vidriosa, mate y las que pueden determinarse al inspeccionar la sección transversal de la pieza.



IV.- Máquinas para Pruebas Mecánicas, Accesorios e Instrumentos de medición

Máquinas de Pruebas Mecánicas.-

Las máquinas empleadas para las diferentes pruebas o ensayos en los materiales, en los diversos productos y pruebas experimentales son:

- ◆ **Máquina Universal de Pruebas.**
- ◆ **Máquina de Dureza Rockwell.**
- ◆ **Máquina de Dureza Brinel.**
- ◆ **Máquina de Ductilidad en la Mina Metálica.**
- ◆ **Máquina de Torsión.**
- ◆ **Máquina de Fatiga.**

Cada una de estas máquinas tiene sus correspondientes accesorios o aditamentos para la realización de los ensayos en los materiales, los cuales son recomendados por las agencias que normalizan los ensayos e inspección de los materiales.

Cuando se requiere probar algún producto, por lo común se tiene que hacer o diseñar el aditamento correspondiente. O en su caso lo que sugiera la norma de ensaye.

Se anexan catálogos recientes de las diferentes empresas distribuidoras de equipo de pruebas mecánicas.

Instrumentos de Medición.-

Los instrumentos de medición que se requieren para obtener los datos iniciales sobre el espécimen o muestra a probar son:

Calibrador para lecturas de dimensiones lineales de tipo:

- Vernier.
- De carátula.
- Digitales.

Cinta métrica o flexometro.

Calibrador de tipo micrómetro para lectura de espesores interiores y exteriores.

Extensometro para la medición de desplazamientos lineales de:

- Carátula.
- Digitales.

Indicador de deformación (Puente de Wheatstone):

Considerando los *Straingages o medidores de deformación eléctricos* que se pegan o instrumentan en la pieza a probar para determinar la deformación punto por punto y en cualquier dirección que se desee o se requiera.

Medidor de deformación eléctrico:

Para colocarlo directamente sobre el material y detectar a través del gráficoador o en pantalla del monitor de la microcomputadora.

Planímetro:

Para la obtención de las áreas de la gráfica de Esfuerzo VS Deformación para determinar la resiliencia y tenacidad; y pueden ser del tipo:

- 1.- Mecánico.
- 2.- De carátula.
- 3.- Digital.

Nota: Todos los instrumentos de medición deben estar en buen estado, calibrados y certificados para su uso; al igual que si tienen caducidad, verificar su reposición, ya que influyen en los resultados de las características dimensionales de la pieza o espécimen, al igual que en las propiedades y características mecánicas del material o producto.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- ENSAYE E INSPECCIÓN DE LOS MATERIALES.
AUTOR: DAVIS, TROXELL Y WISKOCIL.
EDITORIAL: H.A.R.L.A.**

- 2.- TOMOS DE LA A.S.T.M. PARA LOS METALES Y POLÍMEROS.**

- 3.- LA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES.
AUTOR: DONALD ASKELAND.**

- 4.- POLÍMEROS Y CERÁMICOS.
MEMORIAS DE SEMINARIO DE POLÍMEROS Y CERÁMICOS.**

- 5.- CATÁLOGOS, MANUALES DE OPERACIÓN DE MAQUINAS,
ACCESORIOS Y ADITAMENTOS PARA CADA UNO DE LOS
MATERIALES.
FABRICANTE: TINIUS OLSEN Pa. U.S.A.**

- 6.- EXPEDIENTE DE PRUEBAS MECÁNICAS A LA INDUSTRIA PARA
DIVERSOS MATERIALES Y PRODUCTOS.
REALIZADAS POR: ING. DANIEL RAMÍREZ VILLARREAL; A
TRAVES DE LOS LABORATORIOS DE PRUEBAS MECÁNICAS DE
LA F.I.M.E.-U.A.N.L. (DESDE 1974 A LA FECHA).**

- 7.- MATERIALES PARA INGENIERÍA.
AUTOR: VAN BLACK.**

