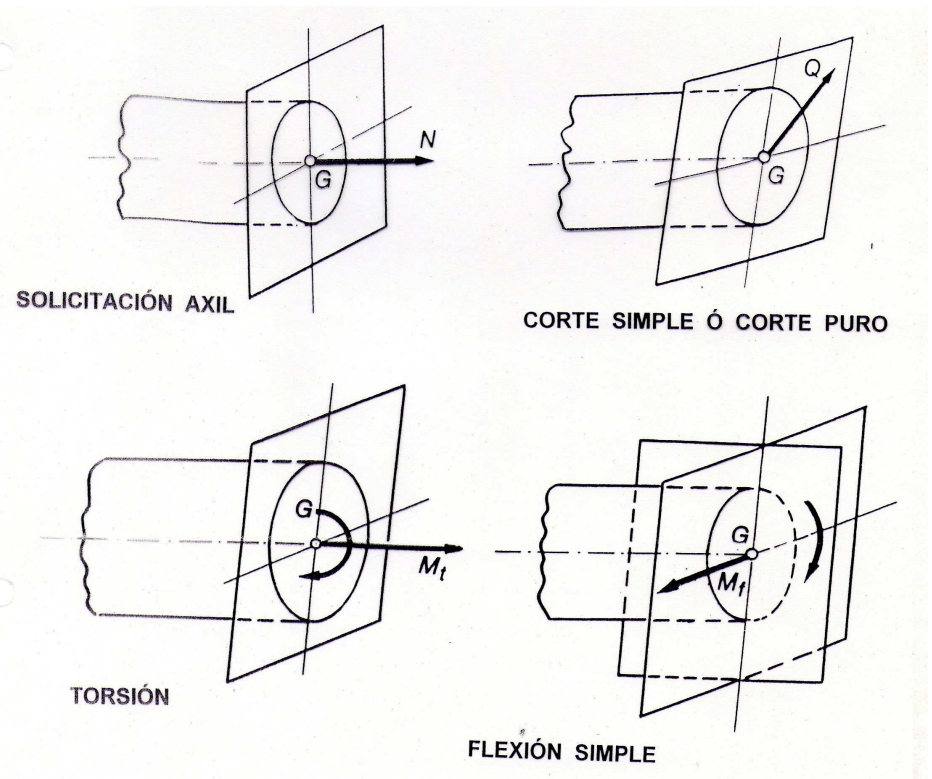
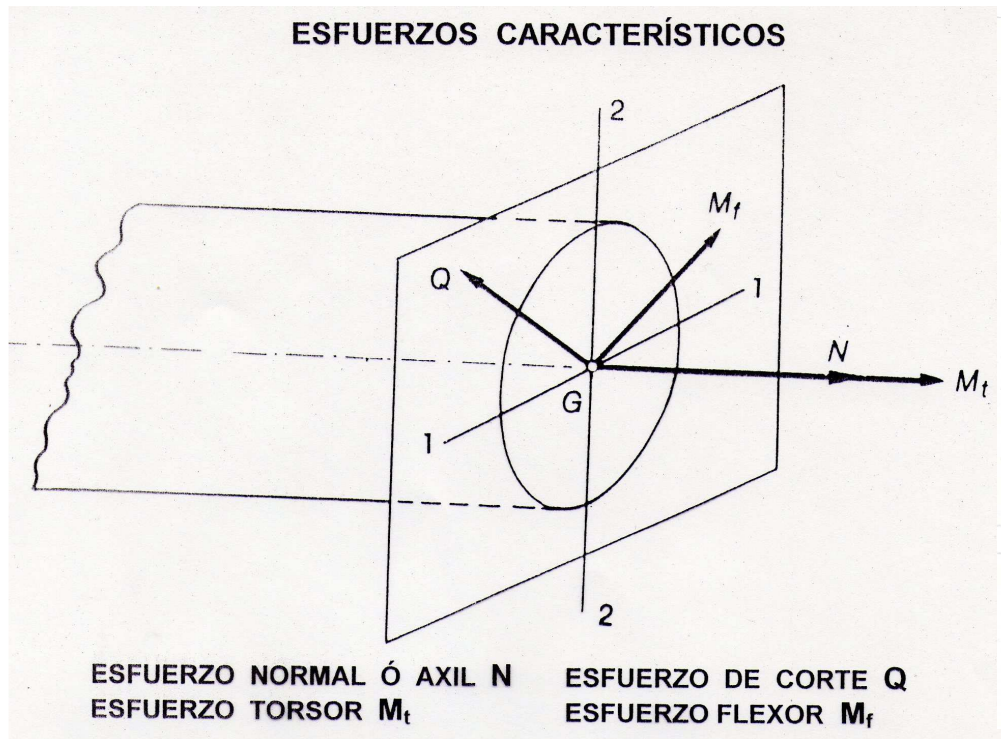


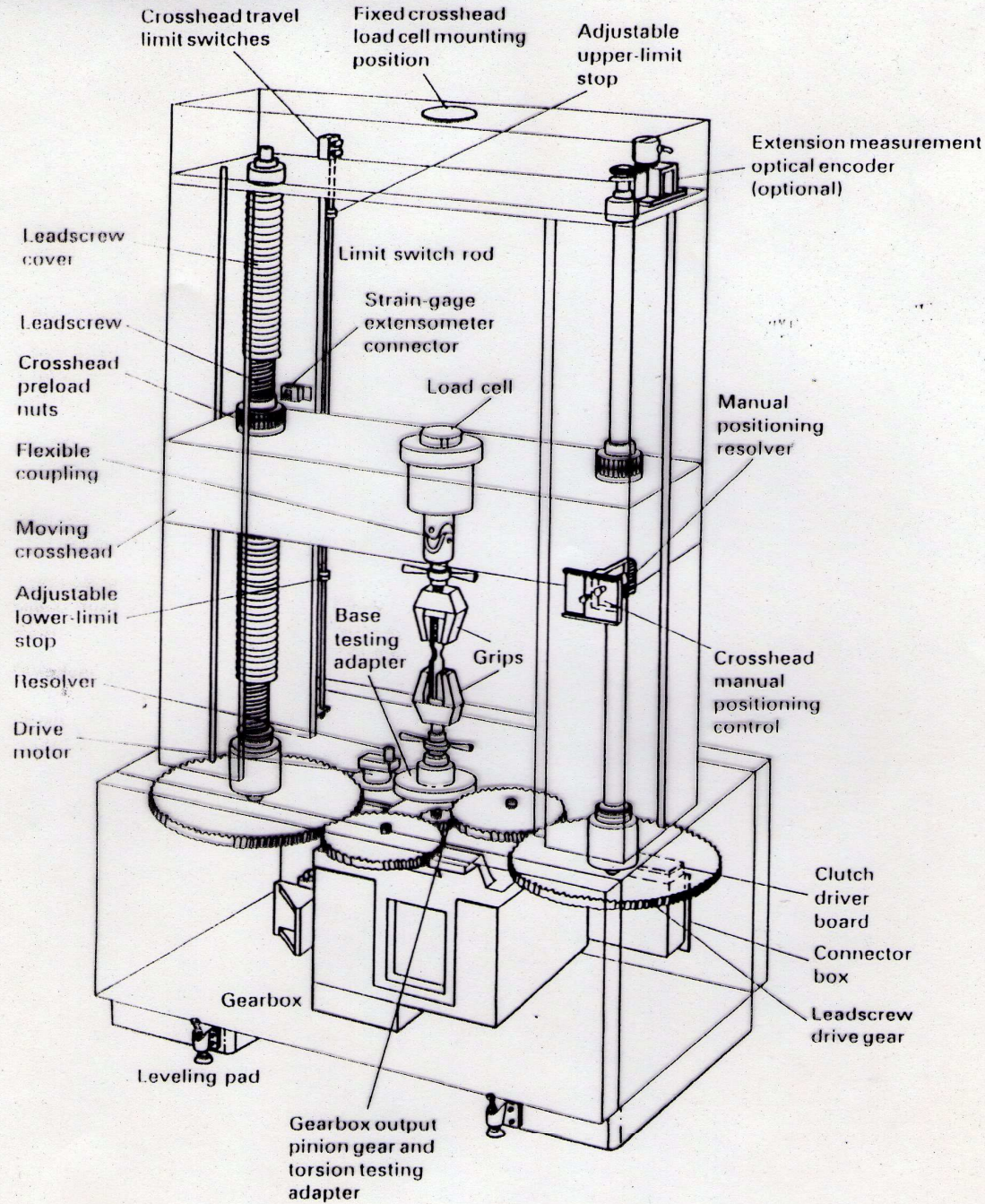


# ESTUDIO Y ENSAYO DE MATERIALES

INGENIERÍA CIVIL  
UNIVERSIDAD CATÓLICA  
ARGENTINA

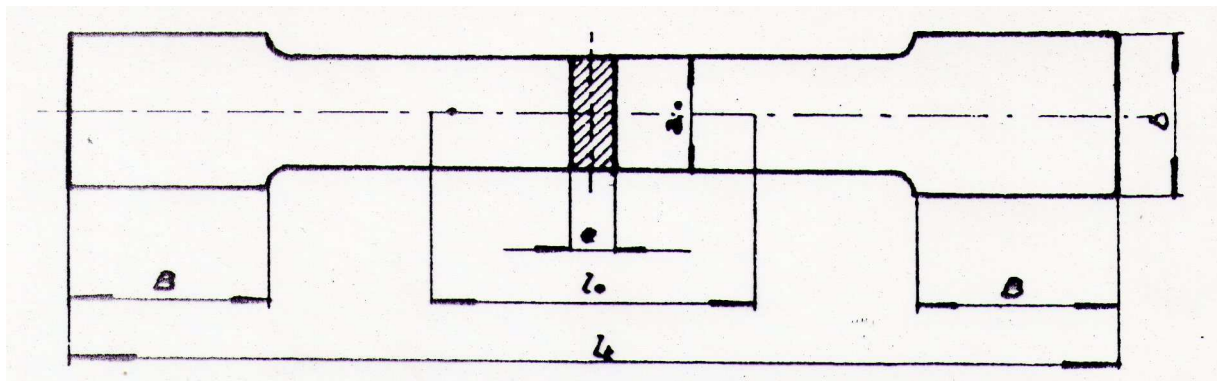
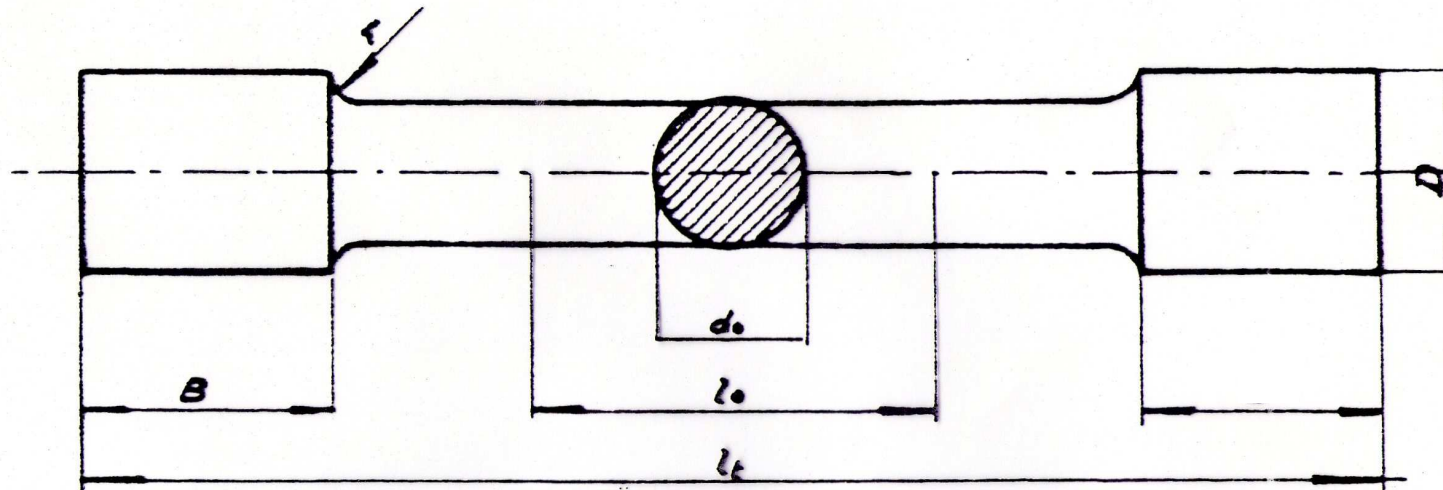
# ENSAYOS MECÁNICOS – EL ESFUERZO PURO





**MÁQUINA  
UNIVERSAL  
DE  
ENSAYOS**

## ENSAYOS MECÁNICOS - PROBETAS

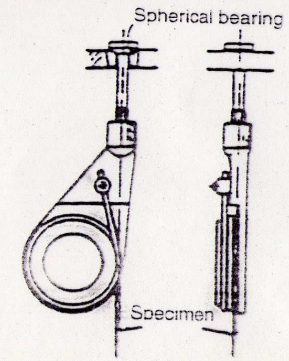
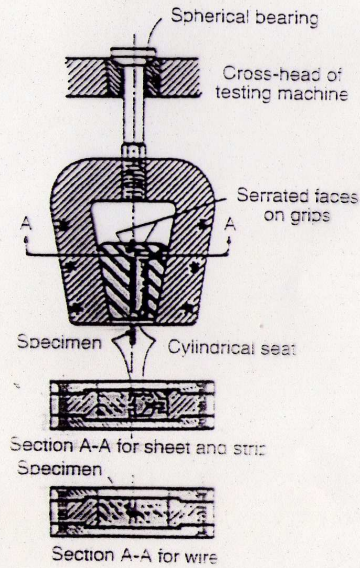
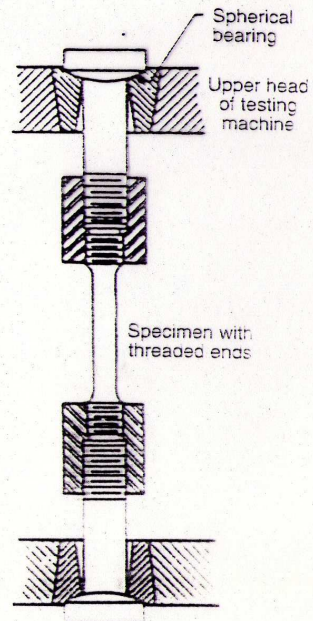
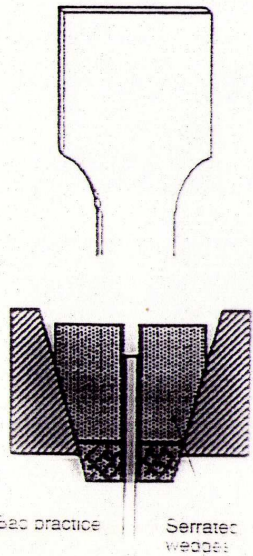
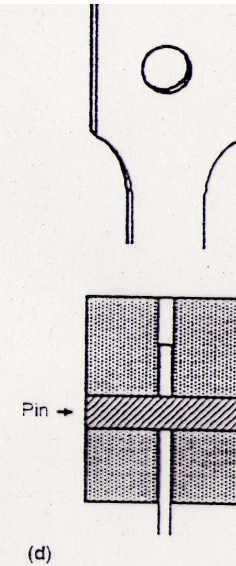
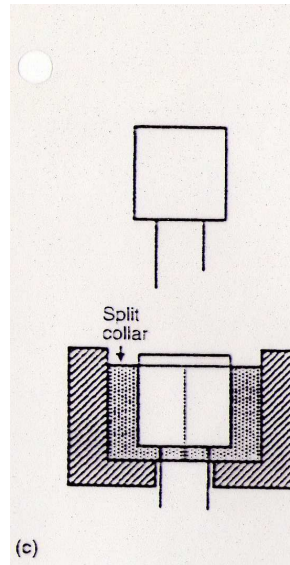
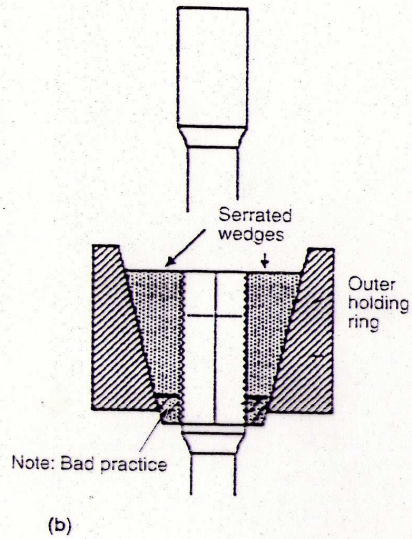
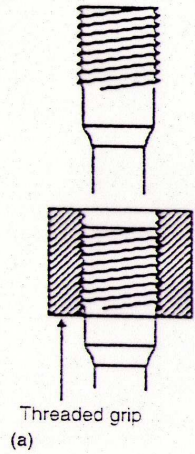


$d_0$  :  $\varphi$  inicial

$l_0$  : longitud inicial



# VINCULACIÓN DE LAS PROBETAS – ALINEACIÓN DE LA CARGA



# ENSAYO DE TRACCIÓN

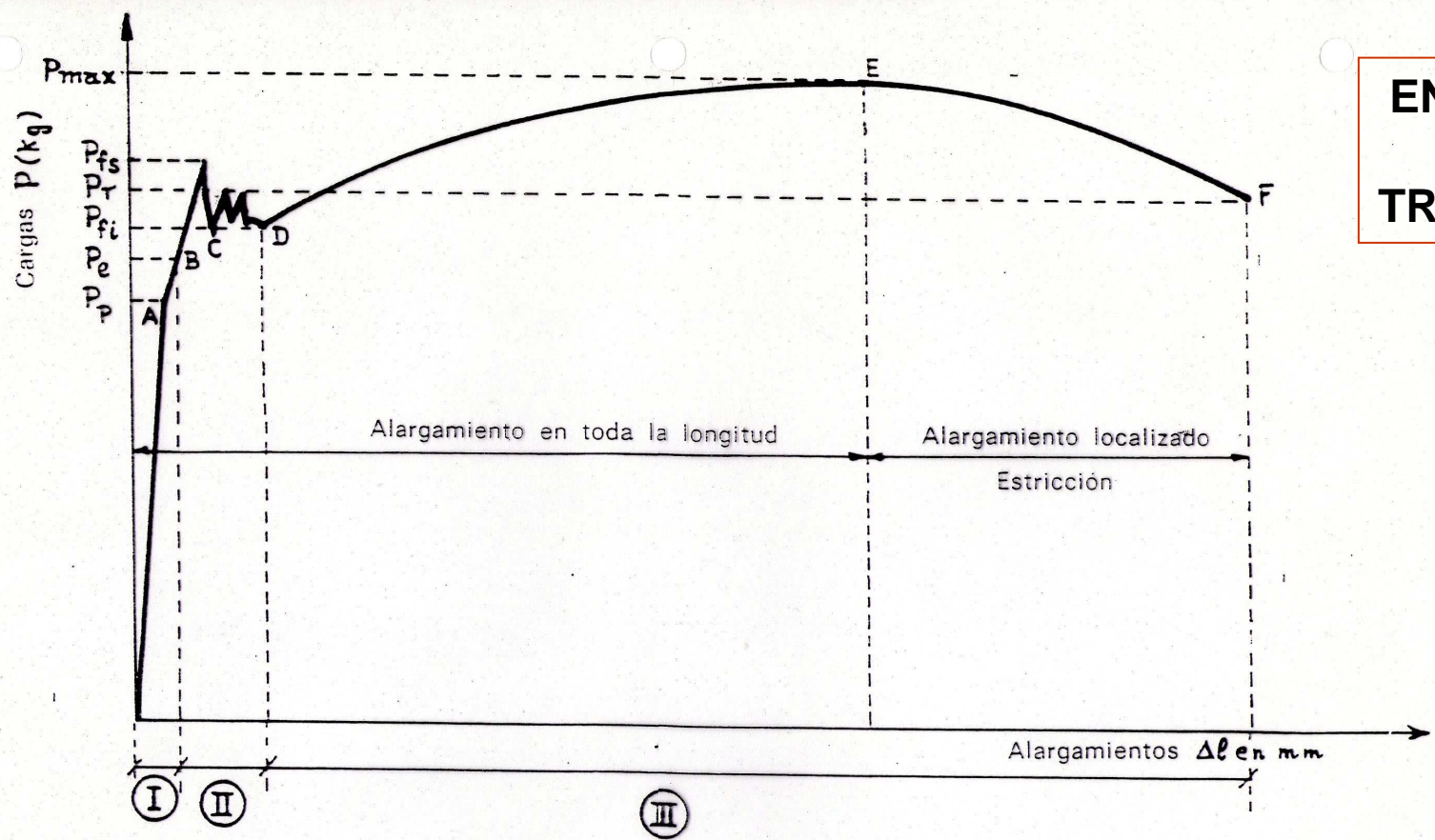


FIG. I-29. Diagrama de cargas y deformaciones de un acero dulce, donde: I, deformación elástica; II, deformación elástica plástica; III, deformación plástica permanente.

$P_p$  = carga al *limite de proporcionalidad*, donde se mantiene la variación proporcional de la carga unitaria y el alargamiento;

$P_e$  = carga al *limite de elasticidad*, donde las deformaciones son elásticas; al quitar la carga, el alargamiento es nulo;

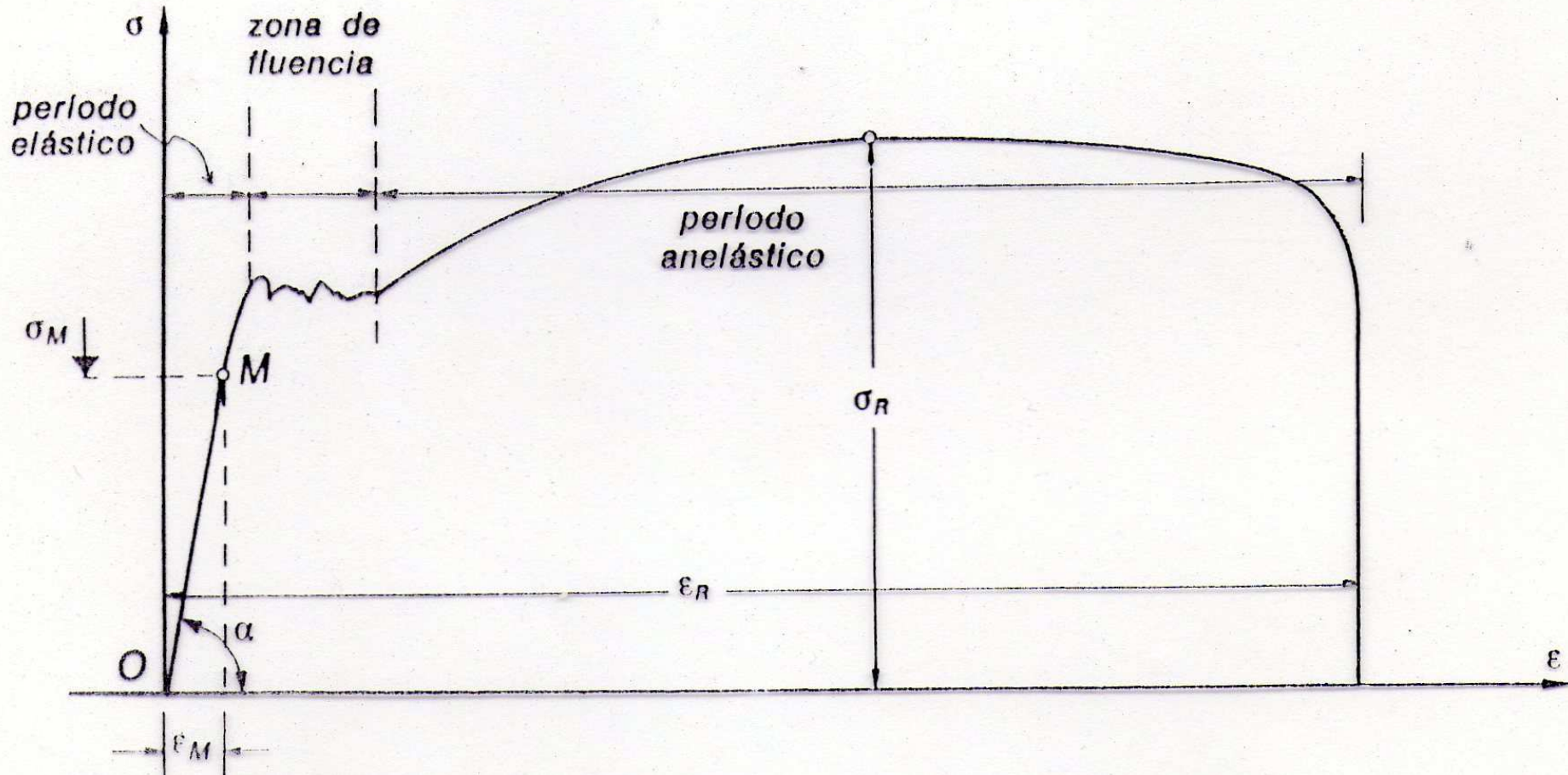
$P_{fs}$  = carga al *limite de fluencia superior*; el metal comienza a sufrir alargamientos superiores a 0,1% y se estira o alarga sin que la carga aumente, aunque a veces disminuye;

$P_{fi}$  = carga al *limite de fluencia inferior*; en algunos materiales, la carga desciende durante el periodo de alargamiento;

$P_{max}$  = carga *de rotura*; al aumentar la carga, aumentan las deformaciones, que alcanzan el valor máximo que soporta la probeta; hasta ese momento el alargamiento es repartido, pero luego desciende la carga y la deformación plástica se concentra en una zona cuyo alargamiento constituye el alargamiento de estricción;

$P_f$  = carga *final de rotura*.

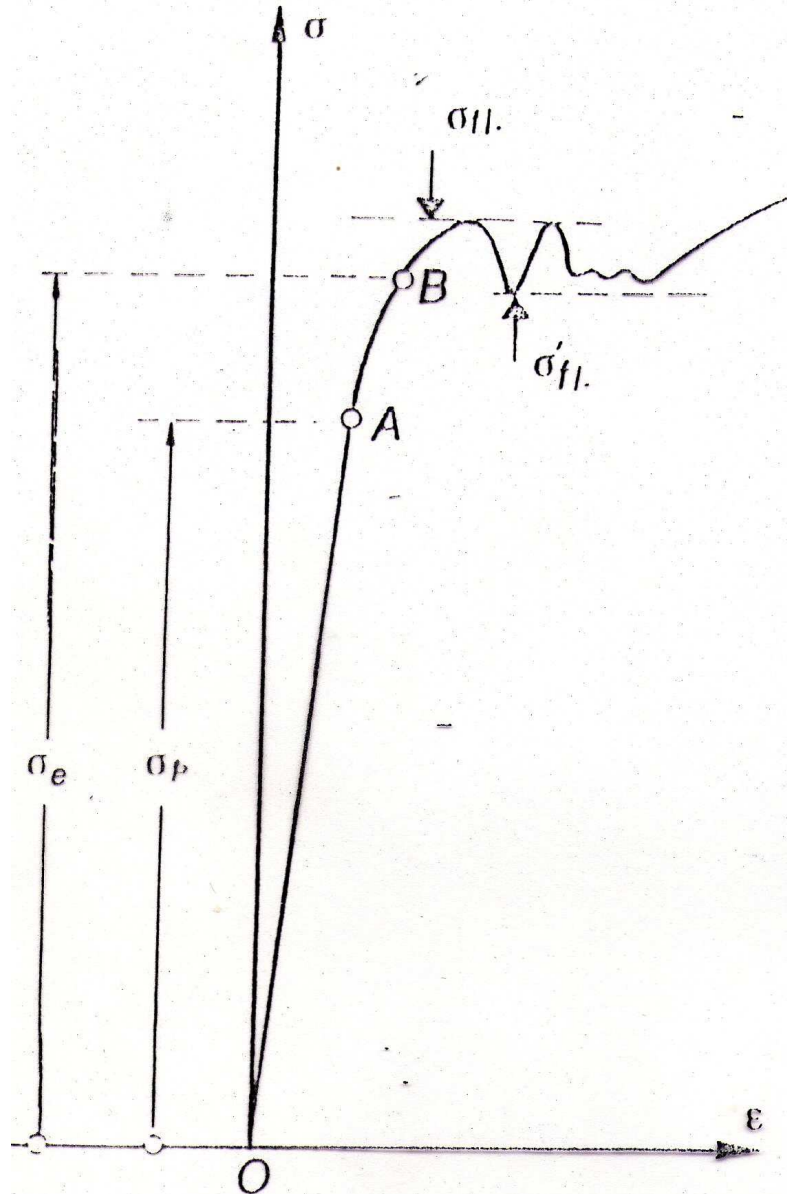
## ENSAYO DE TRACCIÓN – DIAGRAMA TENSION DEFORMACIÓN



$$\operatorname{tg} \alpha = \sigma_M / \epsilon_M$$

LEY DE HOOKE  $\rightarrow E = \operatorname{tg} \alpha$

## ENSAYO DE TRACCIÓN – DIAGRAMA TENSION - DEFORMACIÓN



### PARÁMETROS LÍMITES

**A:** ( $\sigma_p ; \epsilon_p$ ) → LÍMITE DE PROPORCIONALIDAD

**B:** ( $\sigma_e ; \epsilon_e$ ) → LÍMITE DE ELASTICIDAD

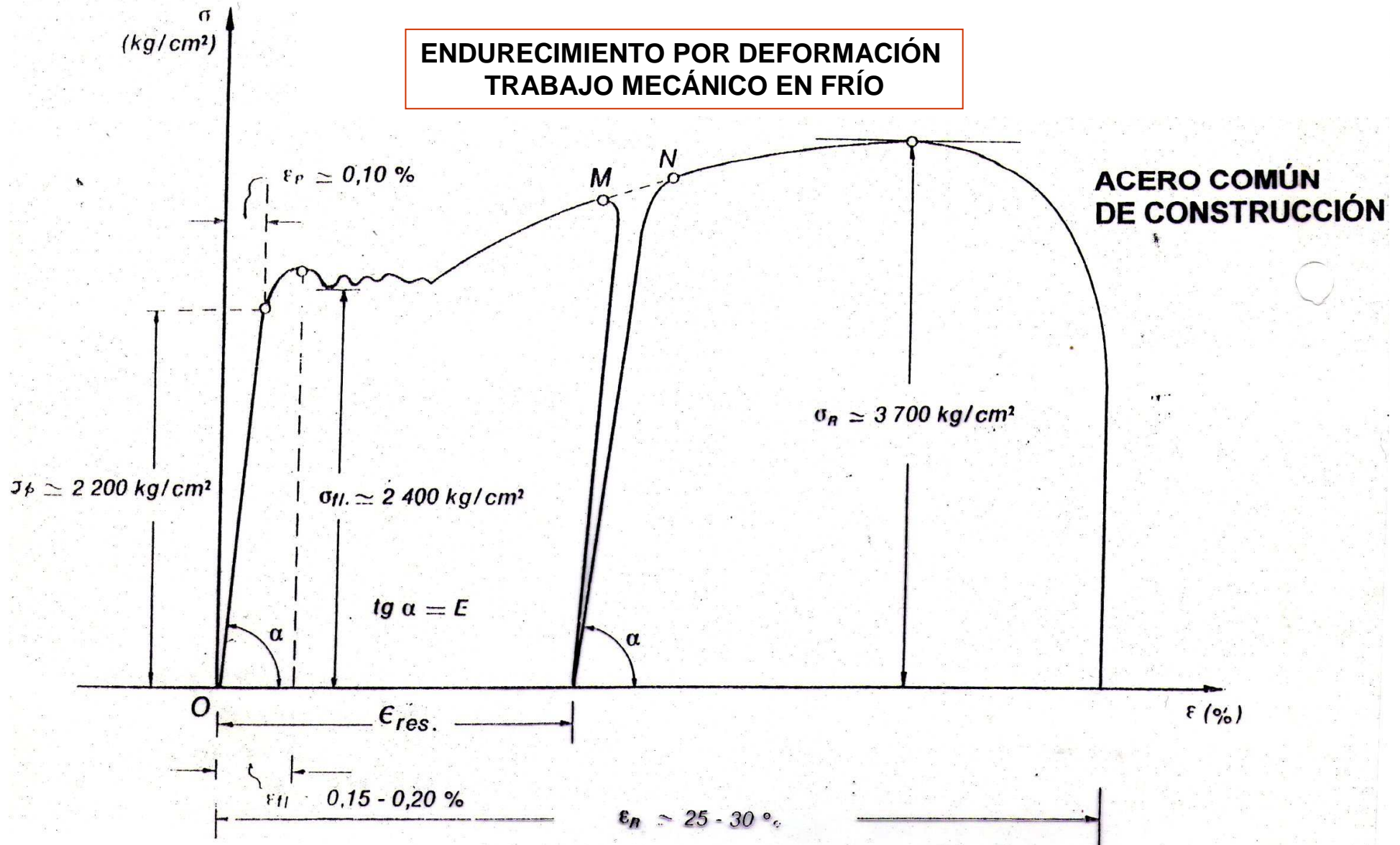
**$\sigma_{fl}$  :** LÍMITES DE FLUENCIA SUPERIOR E INFERIOR  
(OSCILACIÓN DE LA TENSION ENTRE LOS LÍMITES)

**ADOPTADO:**

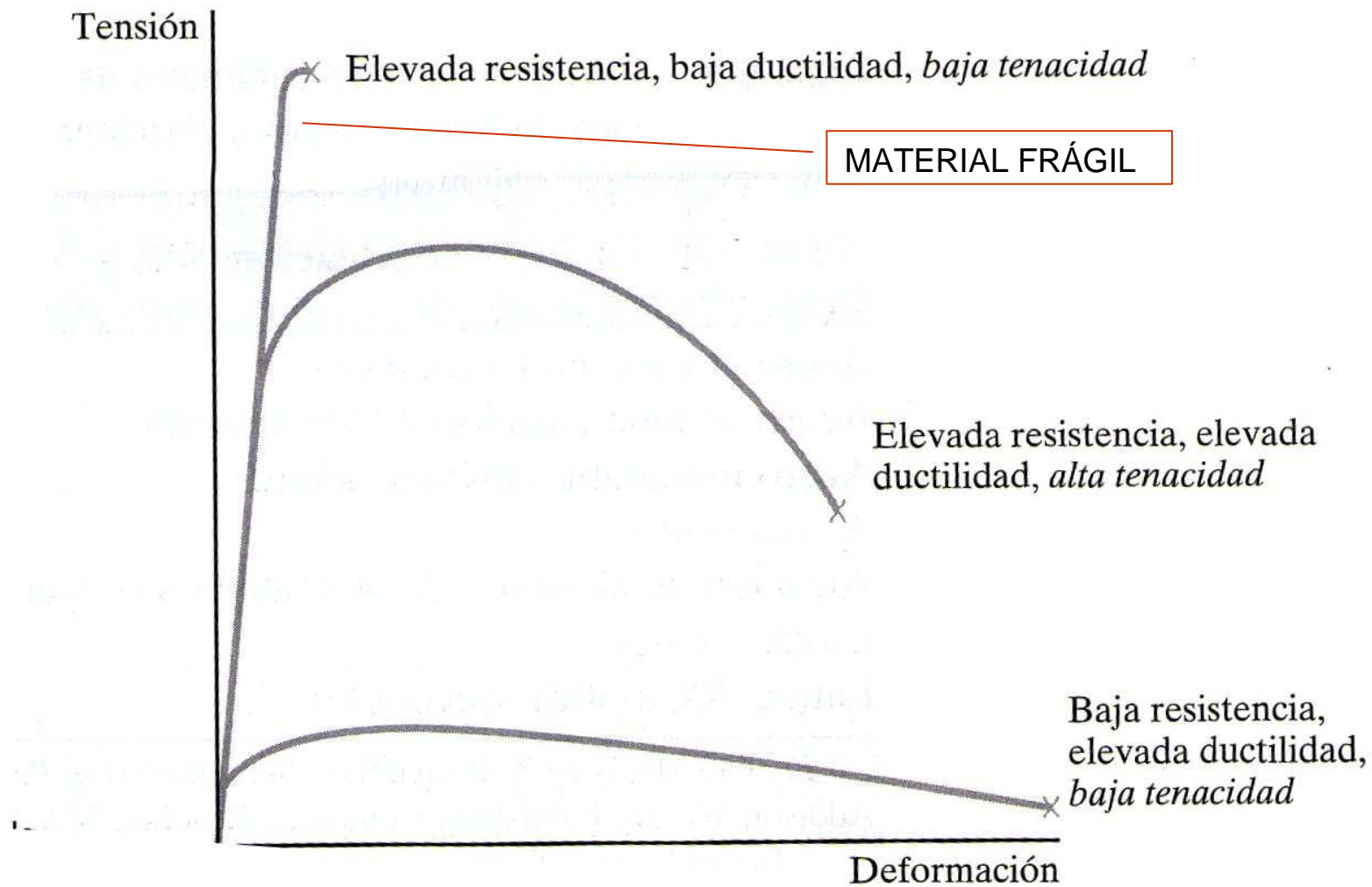
**$\sigma_{fl}$  = LÍMITE INFERIOR**  
(MÁS INDEPTE. DE LAS CONDICIONES DE ENSAYO, VEL. DE APLICACIÓN DE LA CARGA, TIPO DE CABEZA Y VARIACIONES DE LA SECCIÓN).

# ENSAYO DE TRACCIÓN – DIAGRAMA TENSIÓN - DEFORMACIÓN

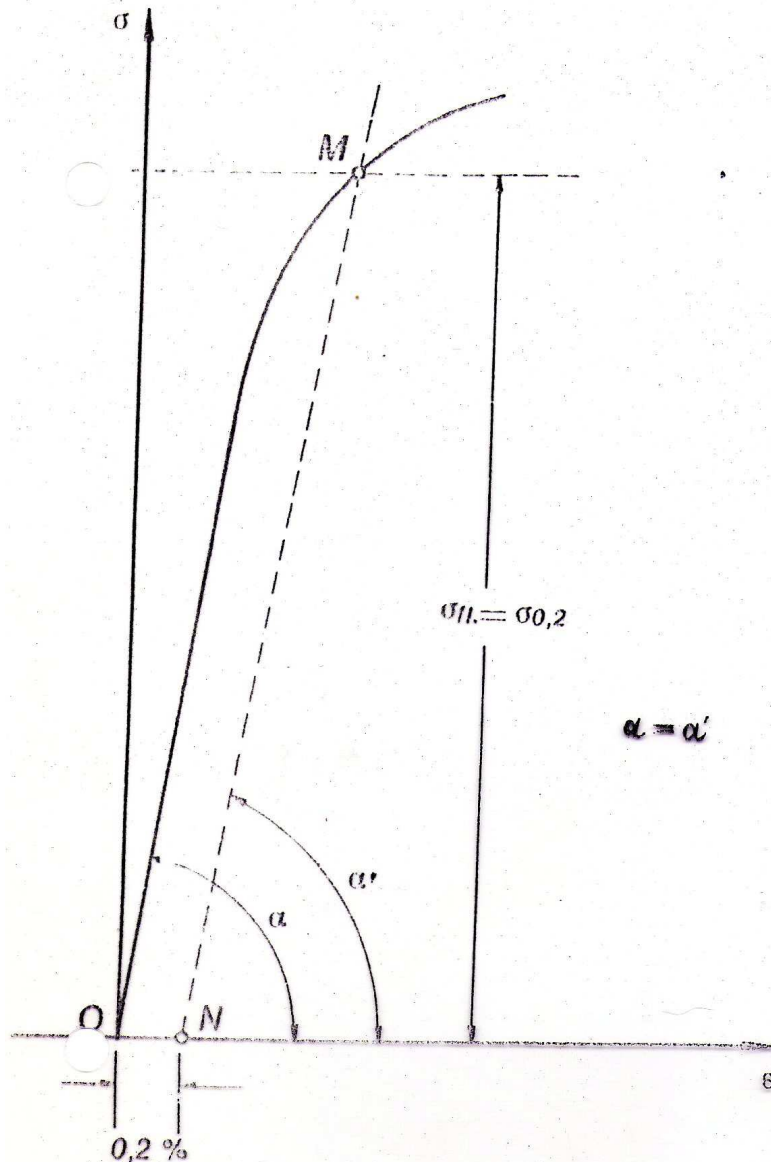
ENDURECIMIENTO POR DEFORMACIÓN  
TRABAJO MECÁNICO EN FRÍO



## COMPORTAMIENTO FRÁGIL



## ENSAYO DE TRACCIÓN – LÍMITE 0,2

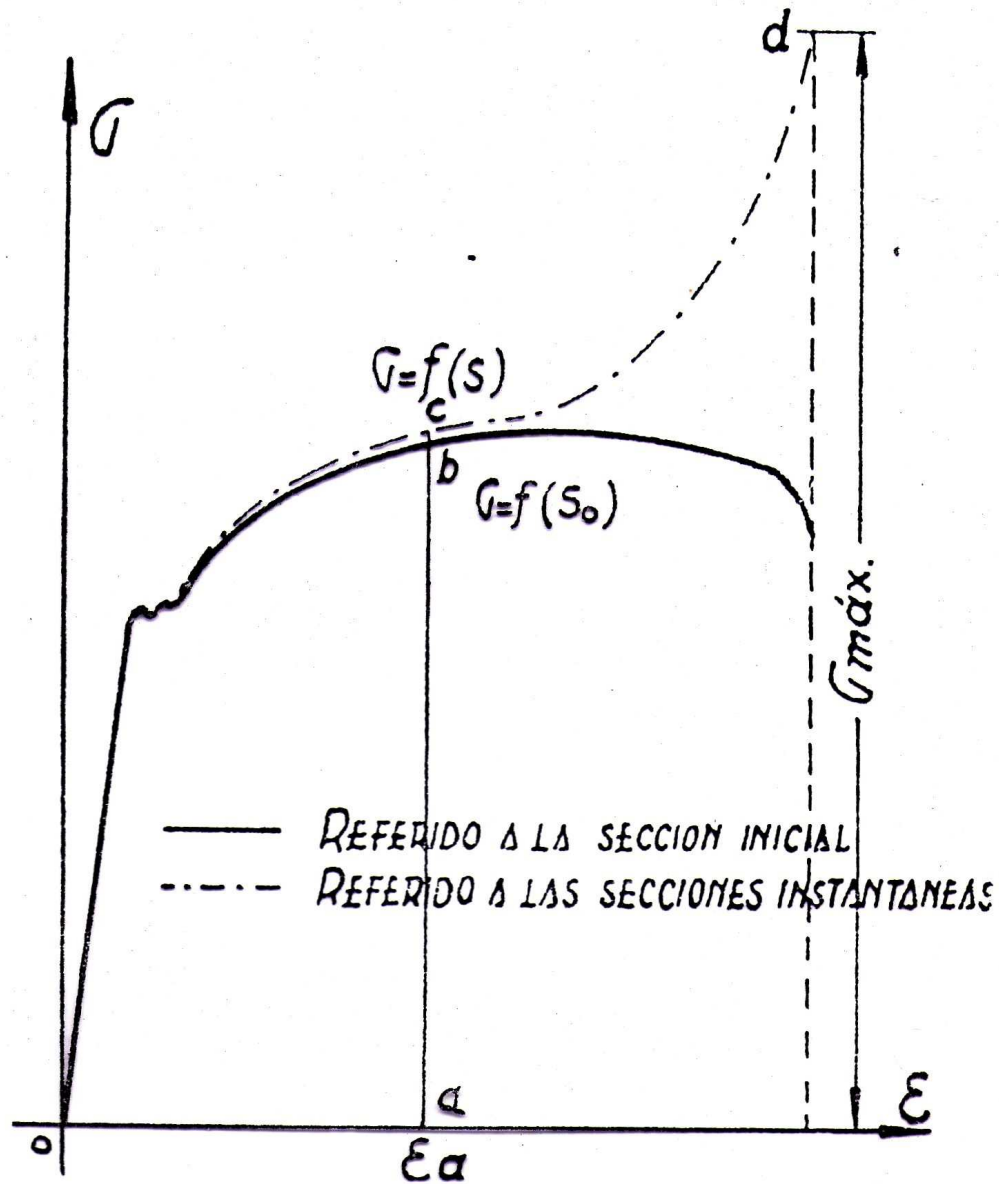


**LÍMITE DE ELASTICIDAD PRÁCTICO**

**LÍMITE CONVENCIONAL, 0,2 %**

EL PERÍODO DE FLUENCIA EN LOS ACEROS VA DISMINUYENDO A MEDIDA QUE AUMENTA LA RESISTENCIA DE LOS MISMOS O DIRECTAMENTE NO SE REGISTRA EN AQUÉLLOS ENDURECIDOS POR DEFORMACIÓN O TEMPLE. EN CONSECUENCIA SE TOMA COMO LÍMITE DE ELASTICIDAD LA TENSIÓN CAPAZ DE PRODUCIR UN ALARGAMIENTO ESPECÍFICO PERMANENTE O DEFORMACIÓN PERMANENTE O RESIUAL  $\epsilon = 0,2\%$ .

## DIAGRAMA REAL VS. CONVENCIONAL



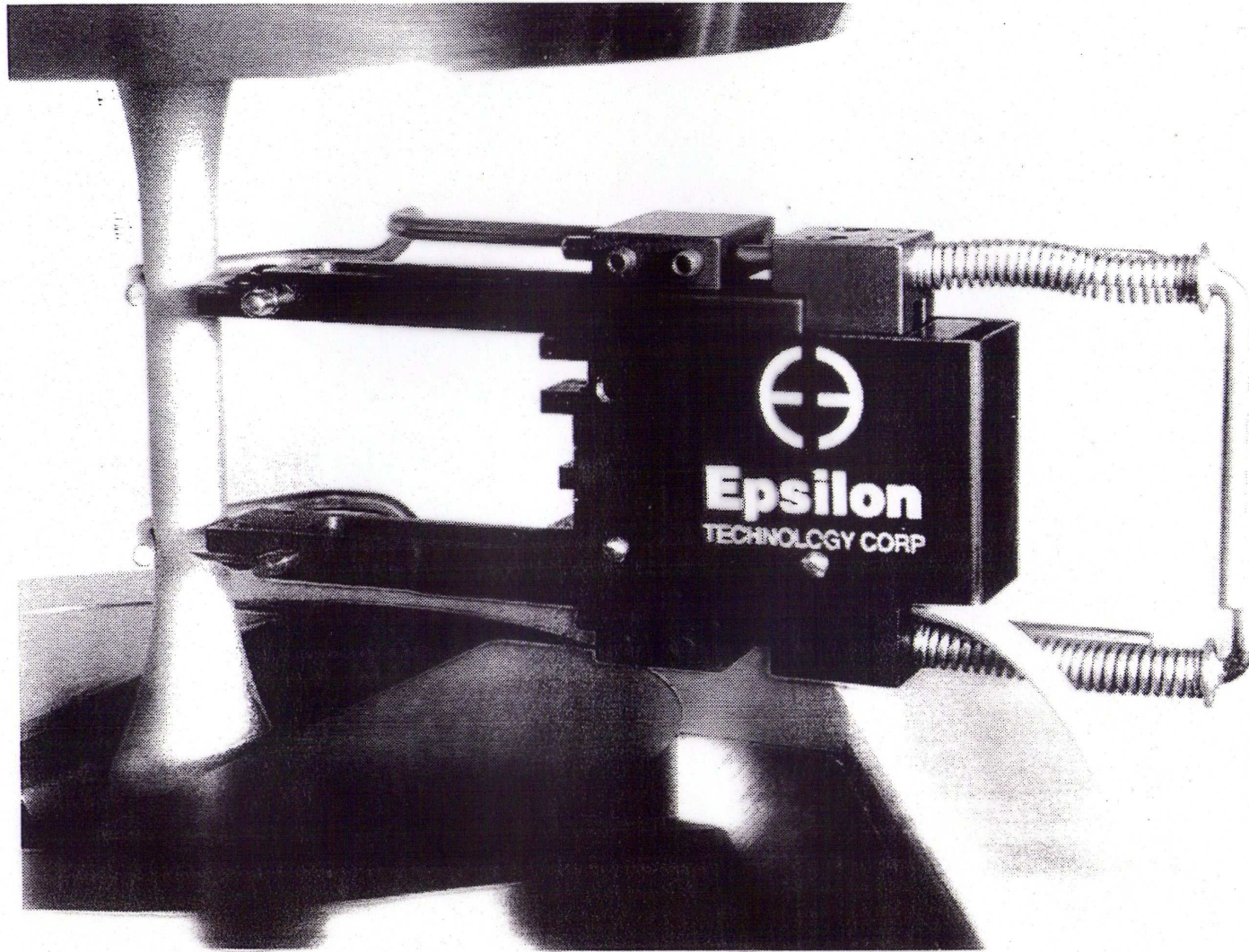
$$\sigma_{CONV} = \sigma_c = \frac{P}{S_0}$$

**S<sub>0</sub> : SECCIÓN INICIAL**

$$\sigma_{REAL} = \sigma_r = \frac{P}{S}$$

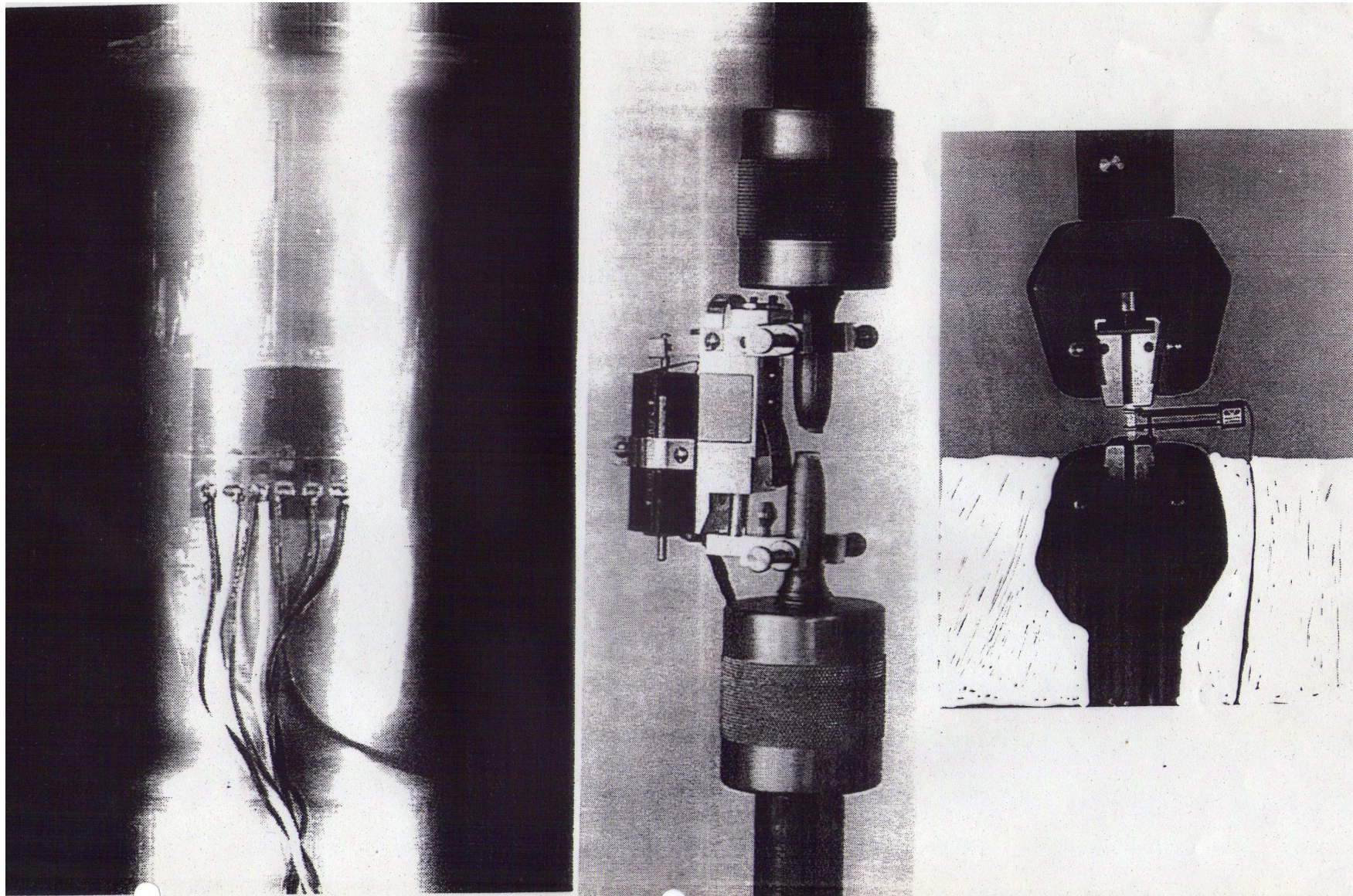
**S : SECCIÓN INSTANTÁNEA**

## ENSAYO DE TRACCIÓN – MEDICIÓN DEL ALARGAMIENTO ( $\Delta l$ )

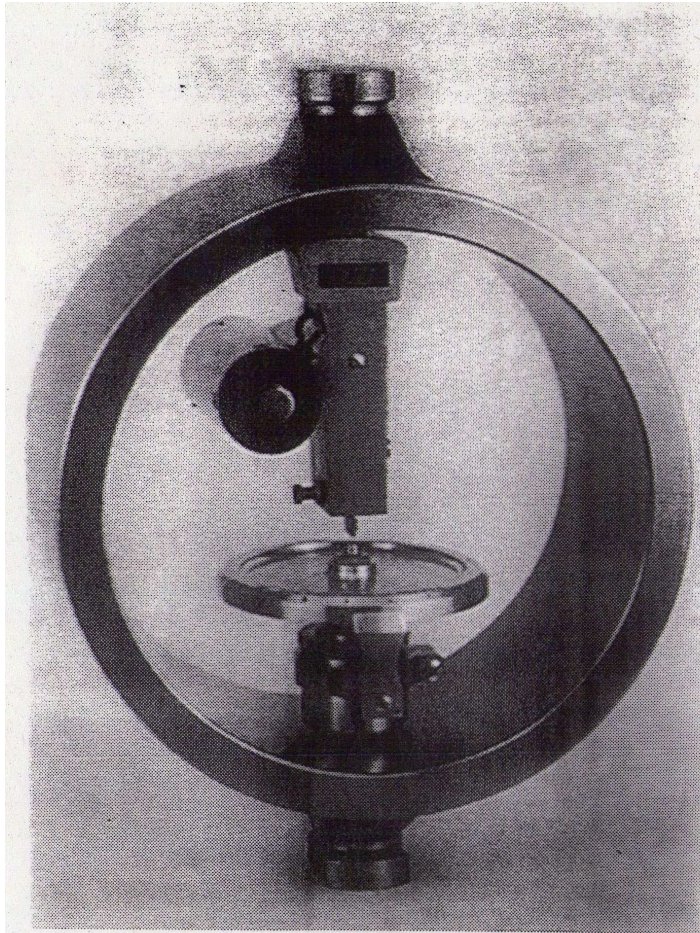


Test specimen with an extensometer attached to measure specimen deformation. Courtesy of Epsilon Technology Corporation

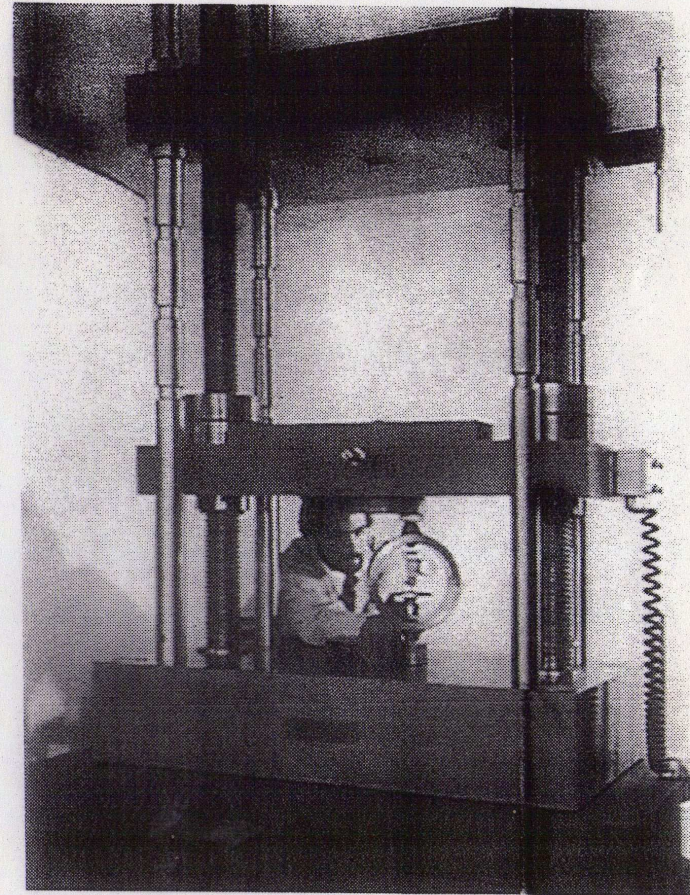
## ENSAYO DE TRACCIÓN – MEDICIÓN DEL ALARGAMIENTO ( $\Delta l$ )



## ENSAYO DE TRACCIÓN – CALIBRACIÓN DE LA CARGA



(a)



(b)

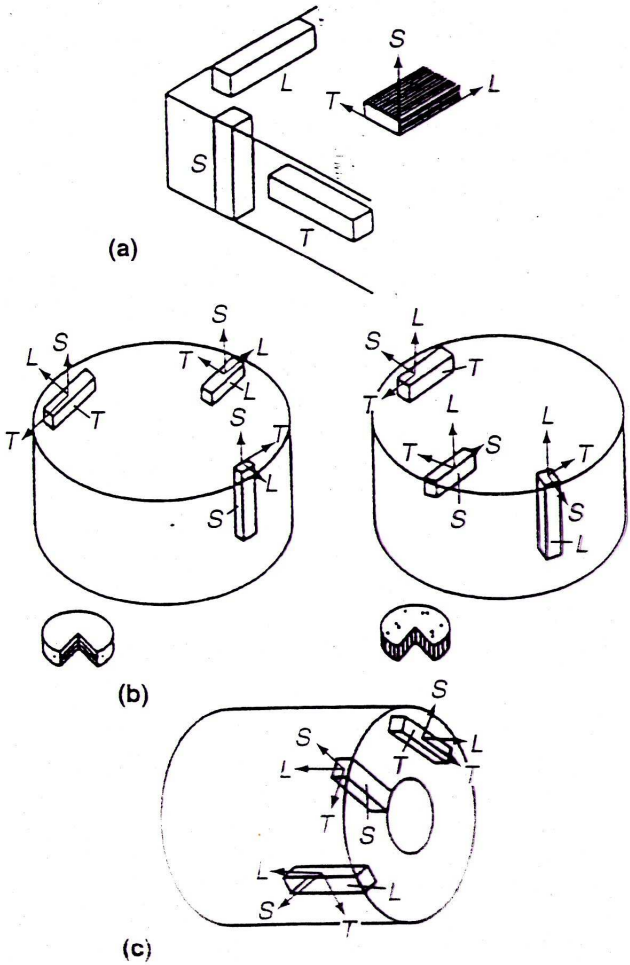
Proving rings. (a) Elastic proving ring with precision micrometer for deflection/load readout. (b) Load calibration of 120,000 lbf screw-driven testing machine with a proving ring

# EXTRACCIÓN DE LAS PROBETAS

Table 1 Effect of test-piece orientation on tensile properties

Orientation	Yield strength, ksi	Tensile strength, ksi	Elongation in 50 mm (2 in.), %
<b>ASTM A 572, Grade 50 (<math>\frac{3}{4}</math> in. thick plate, low sulfur level)</b>			
Longitudinal	58.8	84.0	27.0
Transverse	59.8	85.2	28.0
<b>ASTM A 656, Grade 80 (<math>\frac{3}{4}</math> in. thick plate, low sulfur level + controlled rolled)</b>			
Longitudinal	81.0	102.3	25.8
Transverse	86.9	107.9	24.5
<b>ASTM A 5414 (<math>\frac{3}{4}</math> in. thick plate, low sulfur level)</b>			
Longitudinal	114.6	121.1	19.8
Transverse	116.3	122.2	19.5

Source: Courtesy of Francis J. Marsh



System for identifying the axes of test-piece orientation in various product forms. (a) Flat-rolled products. (b) Cylindrical sections. (c) Tubular products

# MECANISMO DE FALLA DÚCTIL

# MECANISMO DE FALLA FRÁGIL

LA ETAPA FINAL DE LA FALLA SE DEBE AL TRABAJO DE LAS TENSIONES TANGENCIALES  
**T**

LA FALLA SE DEBE AL TRABAJO DE LAS TENSIONES NORMALES  
**σ**

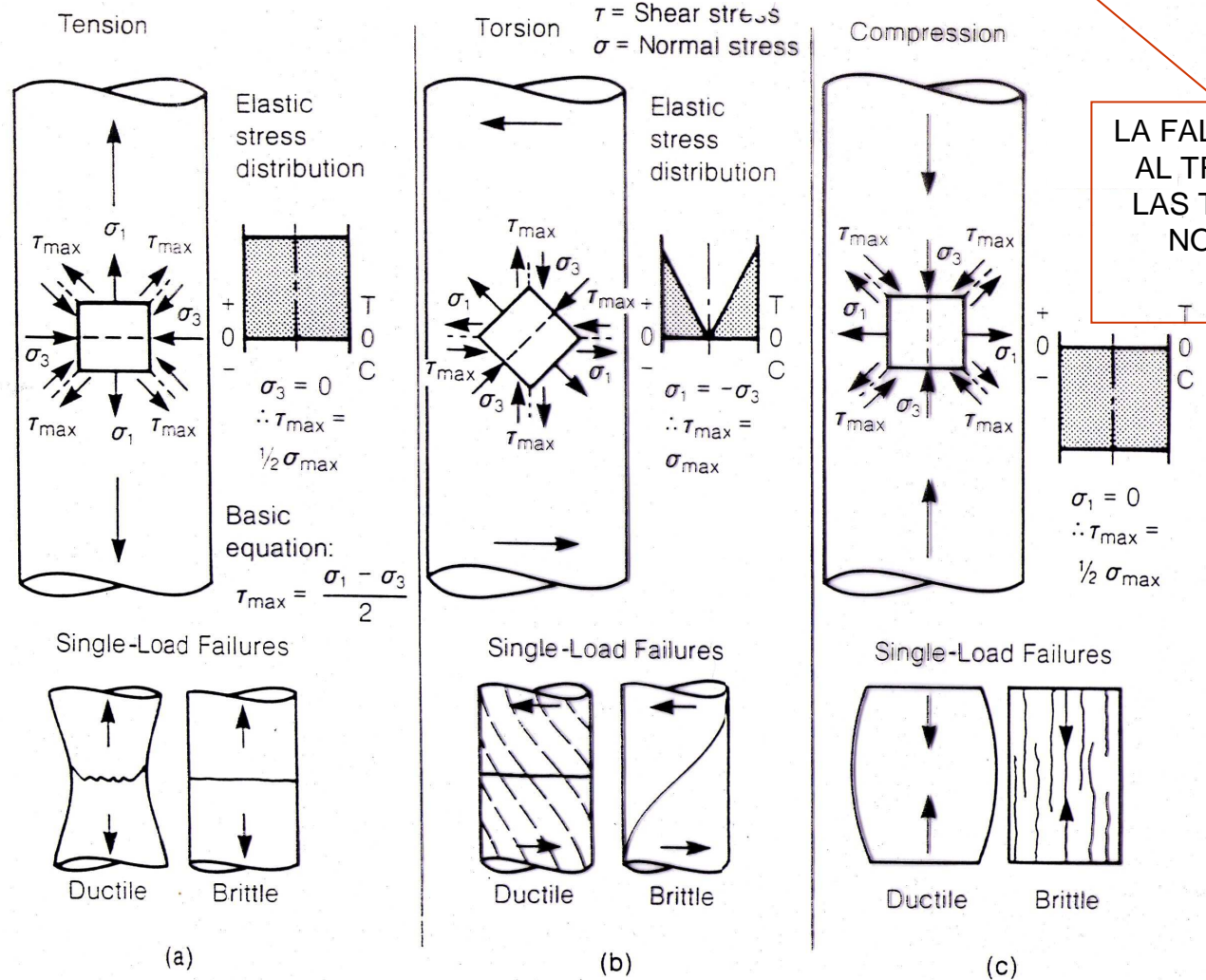
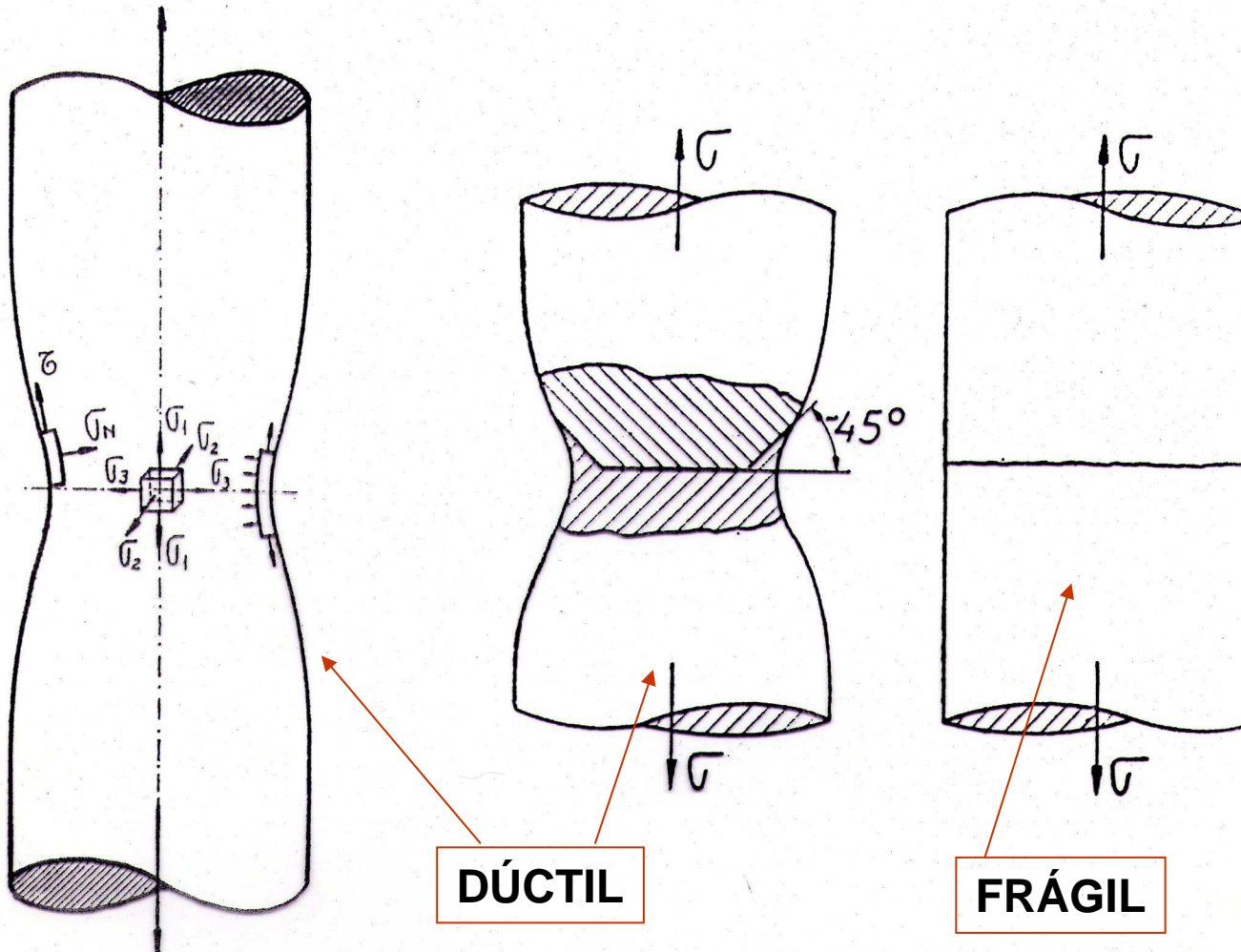


Fig. 1. Free-body diagrams showing orientation and elastic distribution of normal (tensile and compressive) and shear stress components in a shaft under pure tension, torsion, and compression loading. Also shown is single-overload fracture behavior of ductile and brittle materials under these loading conditions. (Adapted from Ref 1, p 36)



## MECANISMOS DE FALLA

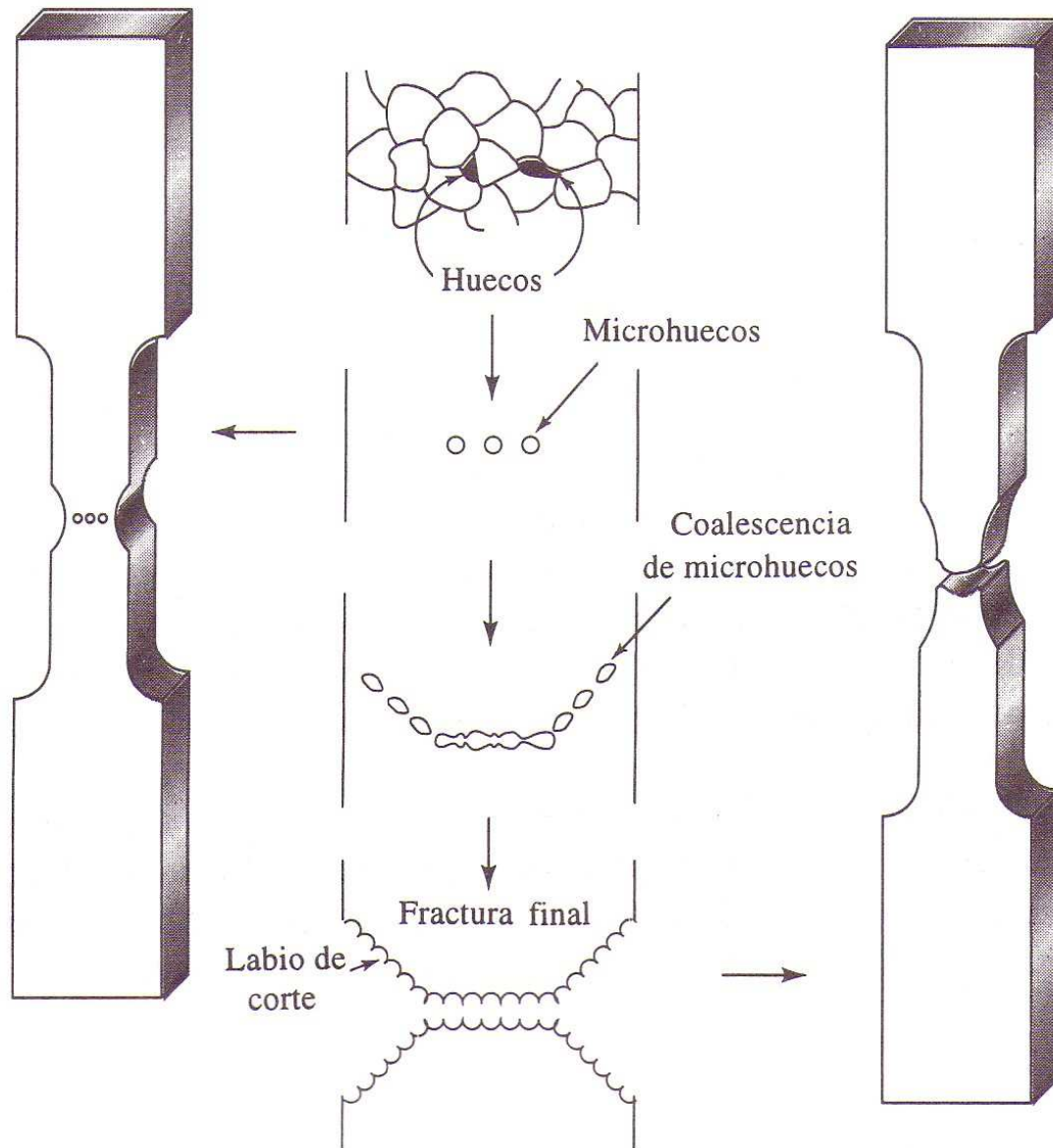
### FRACTURAS POR TRACCIÓN



**FALLA DÚCTIL:**  
EN COINCIDENCIA CON EL INICIO DE LA ESTRICCIÓN, SE GENERA UN ESTADO TRIPLE DE TENSIONES. DEJA DE SER UN ENSAYO DE TRACCIÓN AXIAL.

**FALLA FRÁGIL:**  
LA ROTURA TÍPICA FRÁGIL SE PRODUCE POR DECOHESIÓN EN PLANOS DONDE ACTÚAN LAS MÁXIMAS TENSIONES NORMALES. FRACTURA DE GRANULOMETRÍA GRUESA Y COLOR GRIS

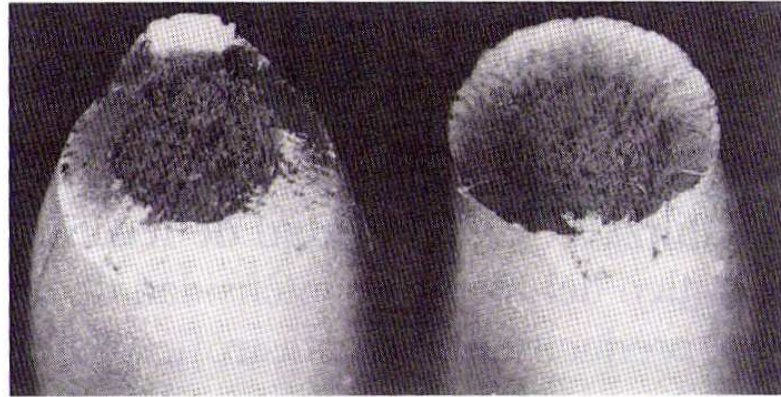
## MECANISMO DE FALLA DÚCTIL



**MICROHUECOS:**  
FISURACIÓN POR SEPARACIÓN DEL METAL EN BORDES DE GRANO O EN LAS INTERFASES ENTRE METAL E INCLUSIONES.

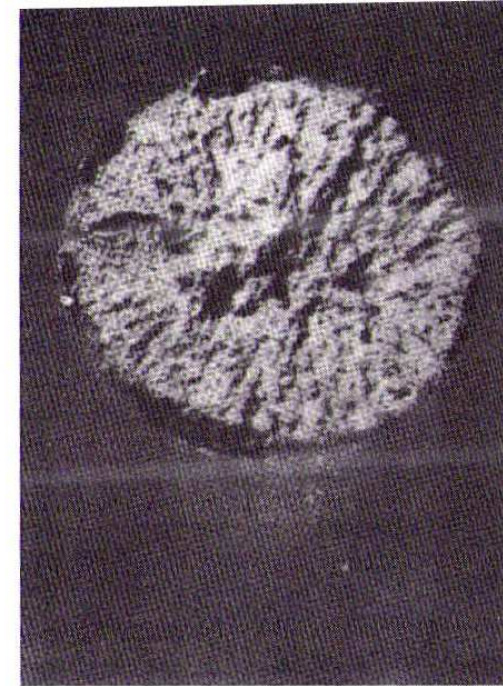
**FRACTURA DÚCTIL:**  
COMIENZA CON LA NUCLEACIÓN, CRECIMIENTO Y AGRUPACIÓN DE MICROHUECOS EN EL CENTRO DE LA PROBETA. ESTA FISURACIÓN SE DESARROLLA HASTA LAS PROXIMIDADES DE LA SUPERFICIE. LUEGO LA ROTURA CONTINÚA A 45 GRADOS EN LOS PLANOS DE  $T_{m\acute{a}x}$ . ESTE MECANISMO CONFIERE LA FORMA DE CONO Y COPA.

## ASPECTO FRACTOGRÁFICO



(a)

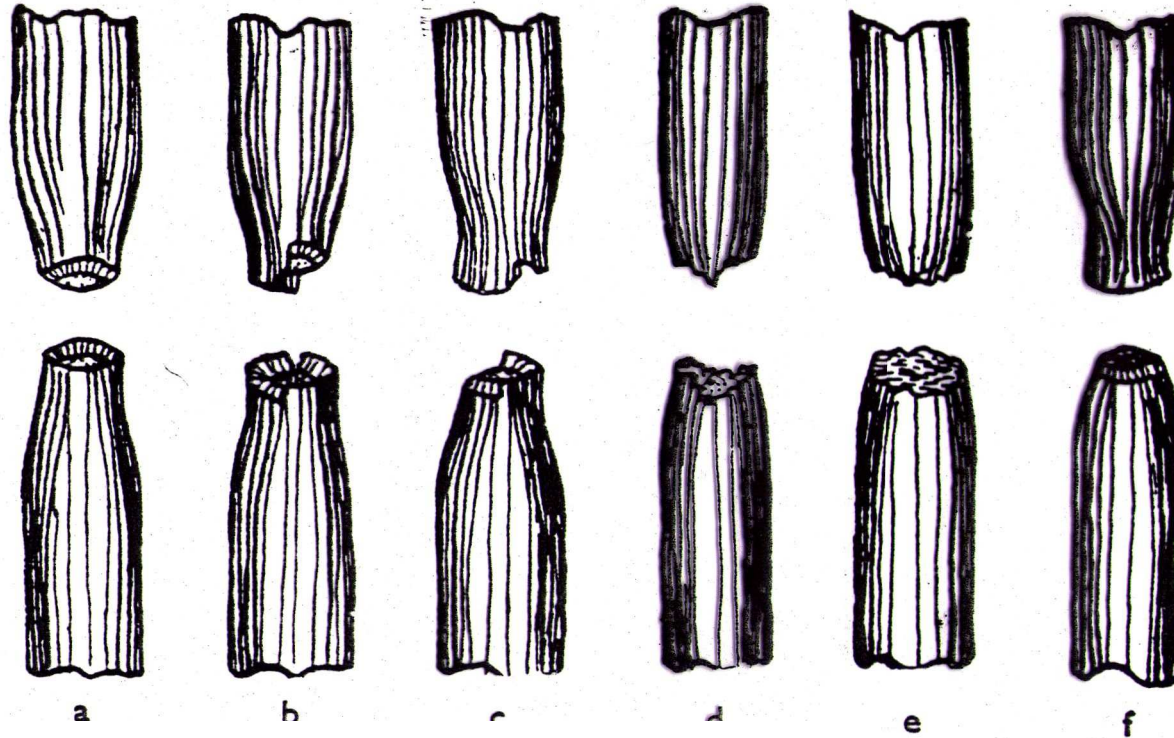
(a) Típica superficie de «copa y cono» de rotura dúctil. La rotura se origina cerca del centro y se extiende hacia el exterior dejando una apariencia de cráteres. Cerca de la superficie el estado de tensión cambia de tracción a cortadura, y la rotura continúa a, aproximadamente,  $45^\circ$ .



(b)

(b) Típica superficie de decohesión correspondiente a rotura frágil

## ANÁLISIS FRACTOGRÁFICO



### TIPOS DE FRACTURAS RESULTANTES DEL ENSAYO DE TRACCIÓN EN METALES

#### FRACTURAS DE CONO Y COPA:

REVELA UN MATERIAL MUY TENAZ, HOMOGÉNEO, DE GRANO FINO (a).

LA COPA PUEDE PRESENTARSE SEGÚN SE INDICA EN (b) Y (c), ES DECIR NO COMPLETA SOBRE UNA DE LAS PARTES DE LA PROBETA, LO QUE INDICA QUE EL MATERIAL PUEDE TENER ALGÚN PEQUEÑO DEFECTO.

#### FRACTURA IRREGULAR:

INDICA UN METAL EN EL QUE LOS CONSTITUYENTES ESTÁN MAL REPARTIDOS, FALTA DE HOMOGENEIDAD, GENERALMENTE DE CALIDAD INFERIOR (d).

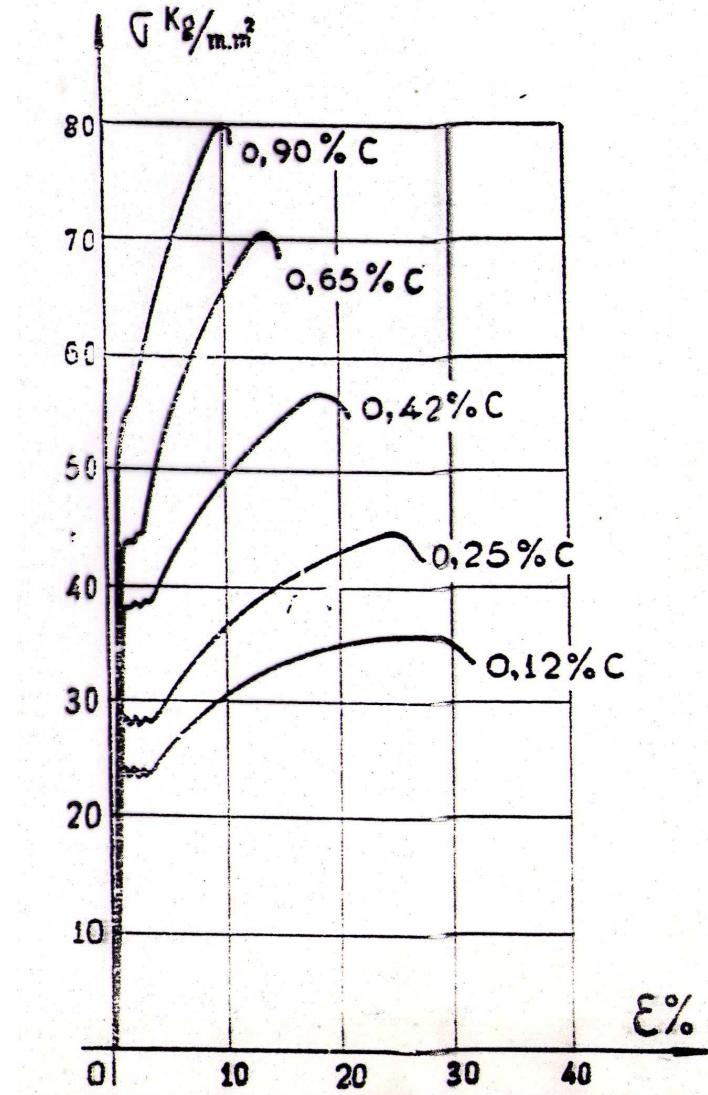
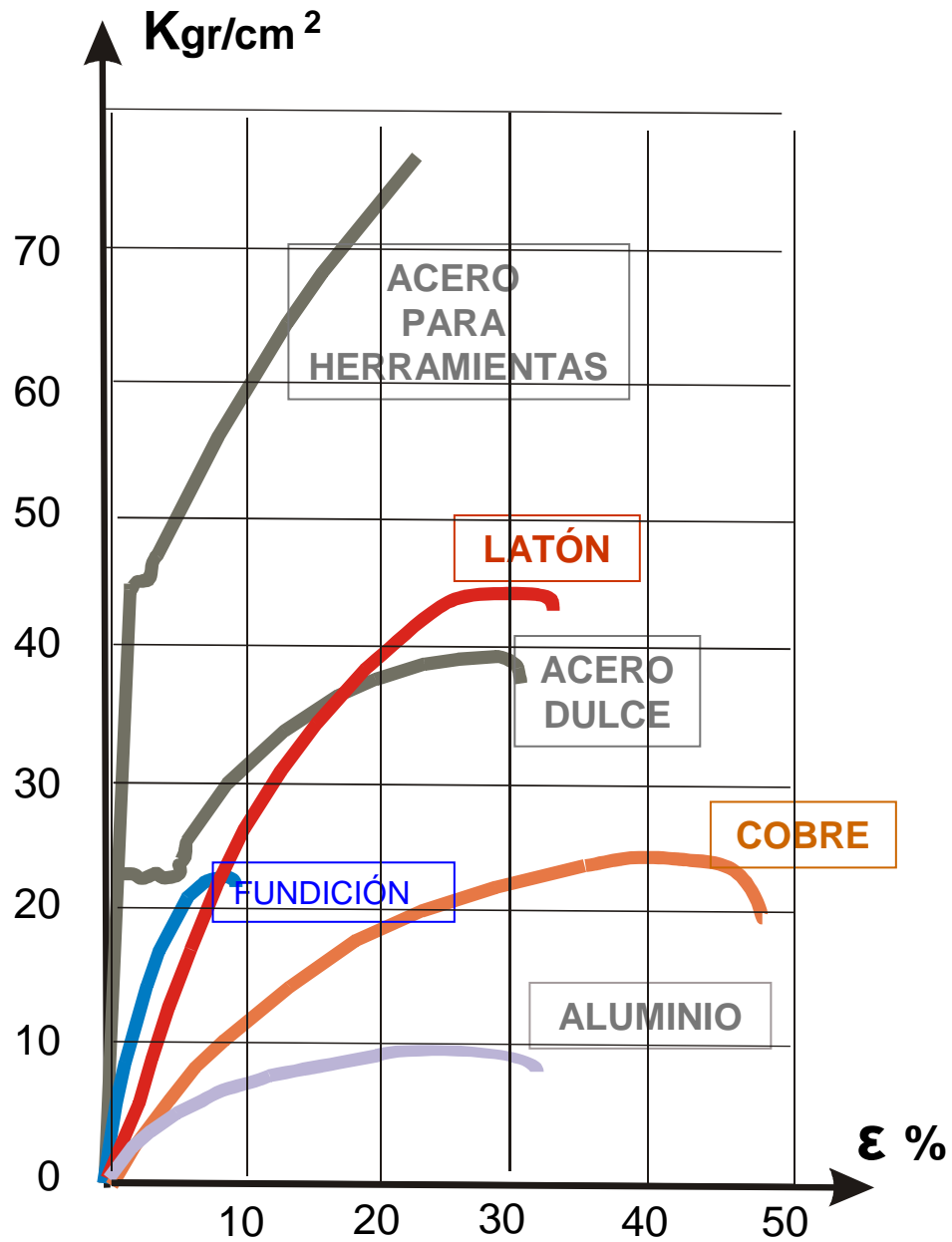
#### FRACTURA LAMINAR:

ESTE GÉNERO DE FRACTURA SE PRESENTA EN GENERAL EN PROBETAS OBTENIDAS EN SENTIDO TRANSVERSAL AL LAMINADO Y TAMBIÉN EN PROBETAS LONGITUDINALES CON ABUNDANTES INCLUSIONES (f).

#### FRACTURA GRANULAR:

GENERALMENTE PLANA SE PRESENTA EN METALES FRÁGILES (e).

## ENSAYO DE TRACCIÓN – GRÁFICOS PARA DISTINTOS METALES



## ENSAYO DE TRACCIÓN – EL MISMO ACERO – DISTINTOS TTOO

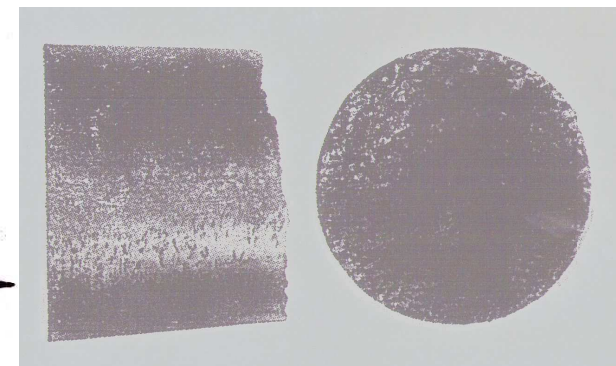
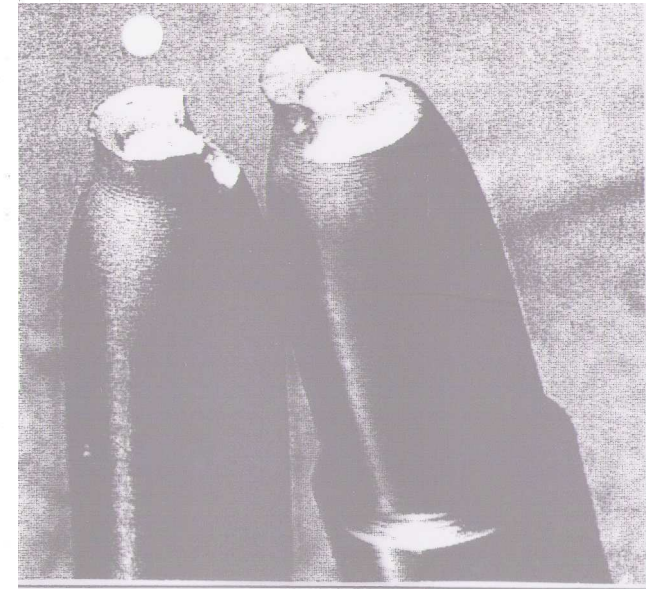
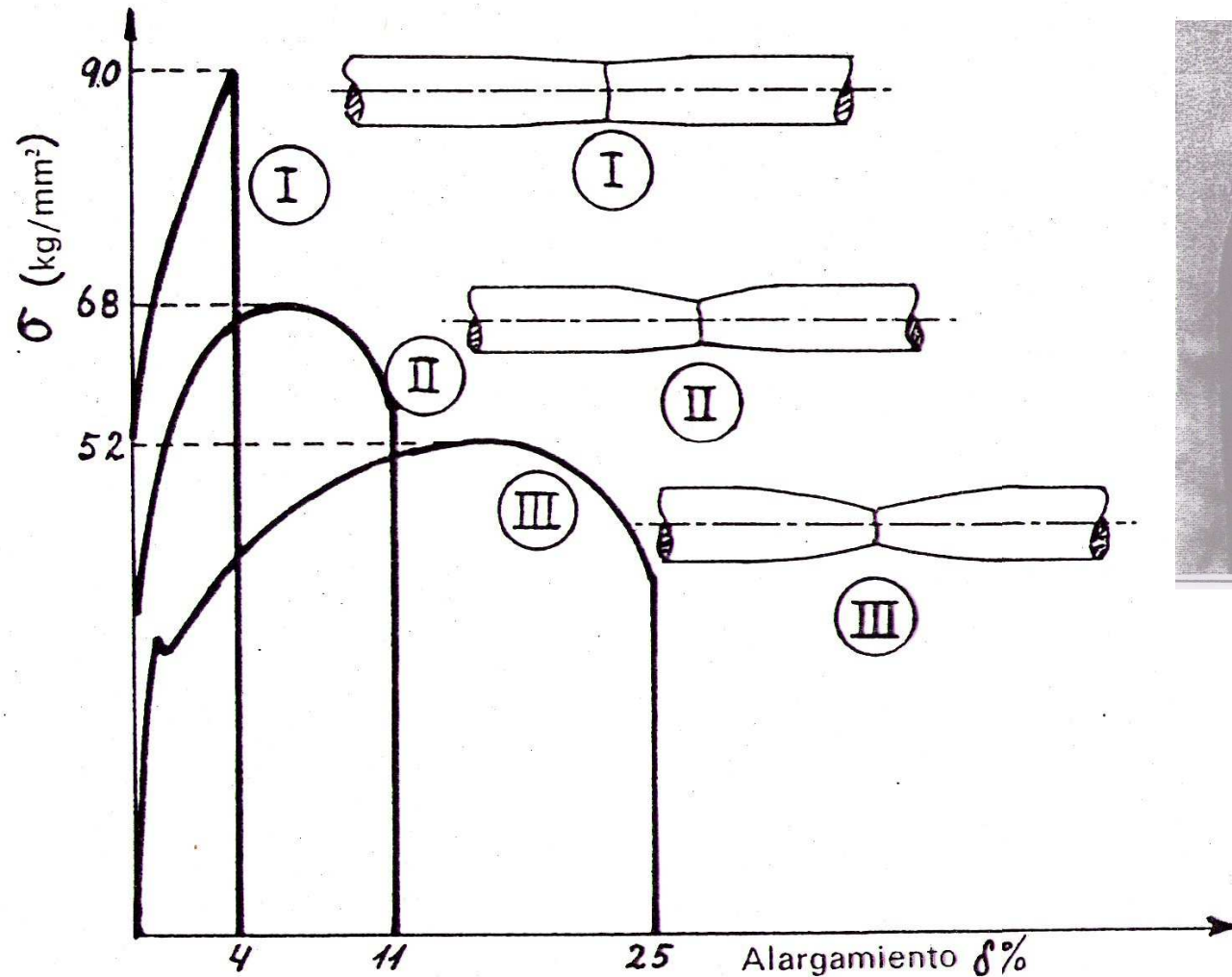
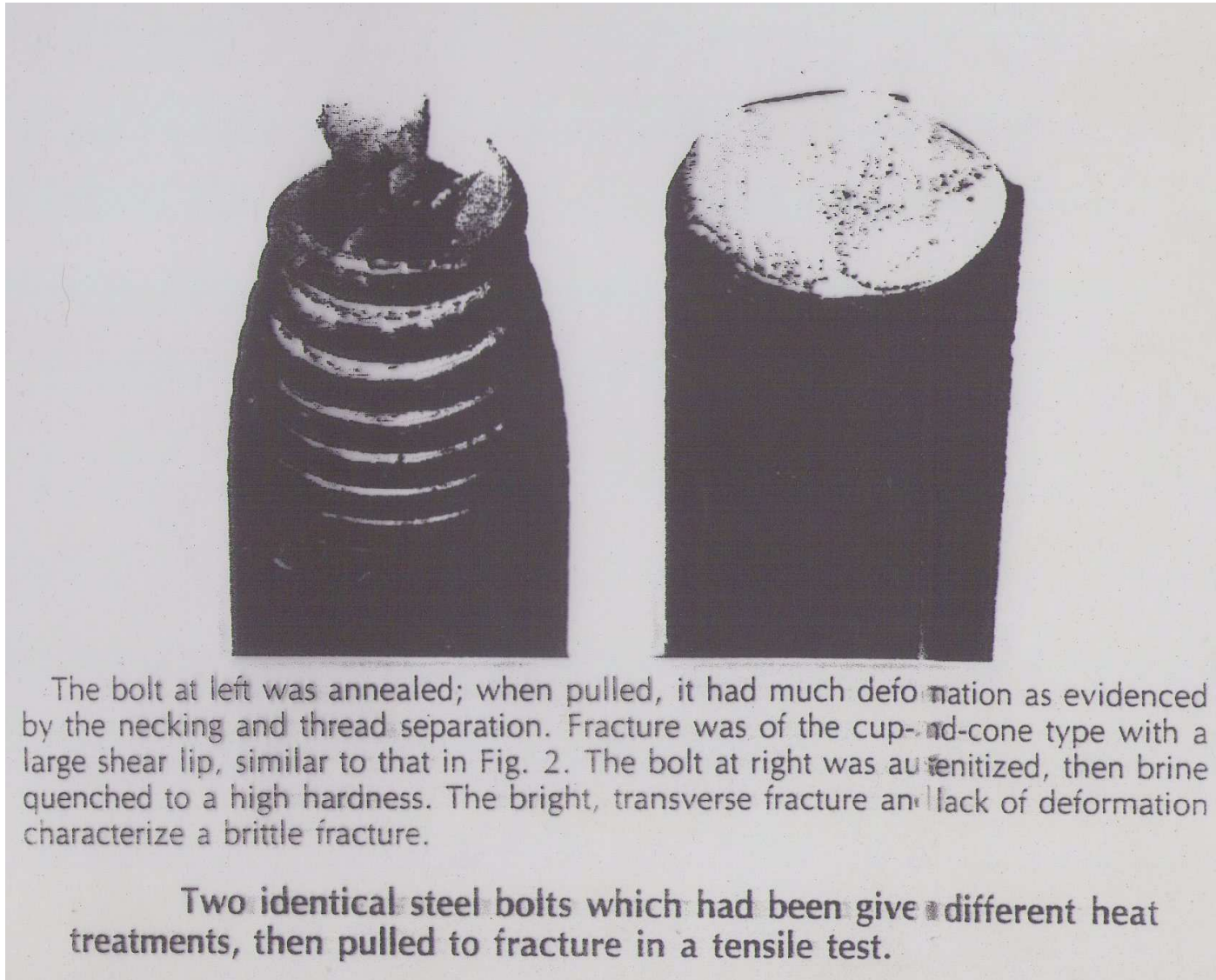
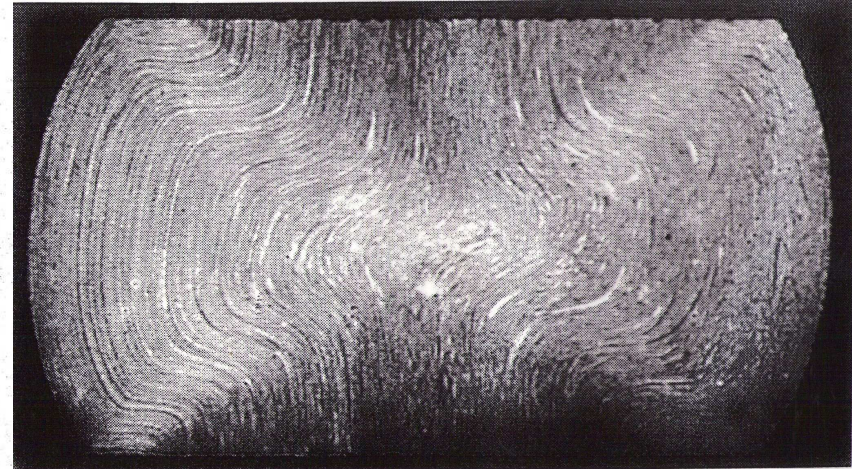
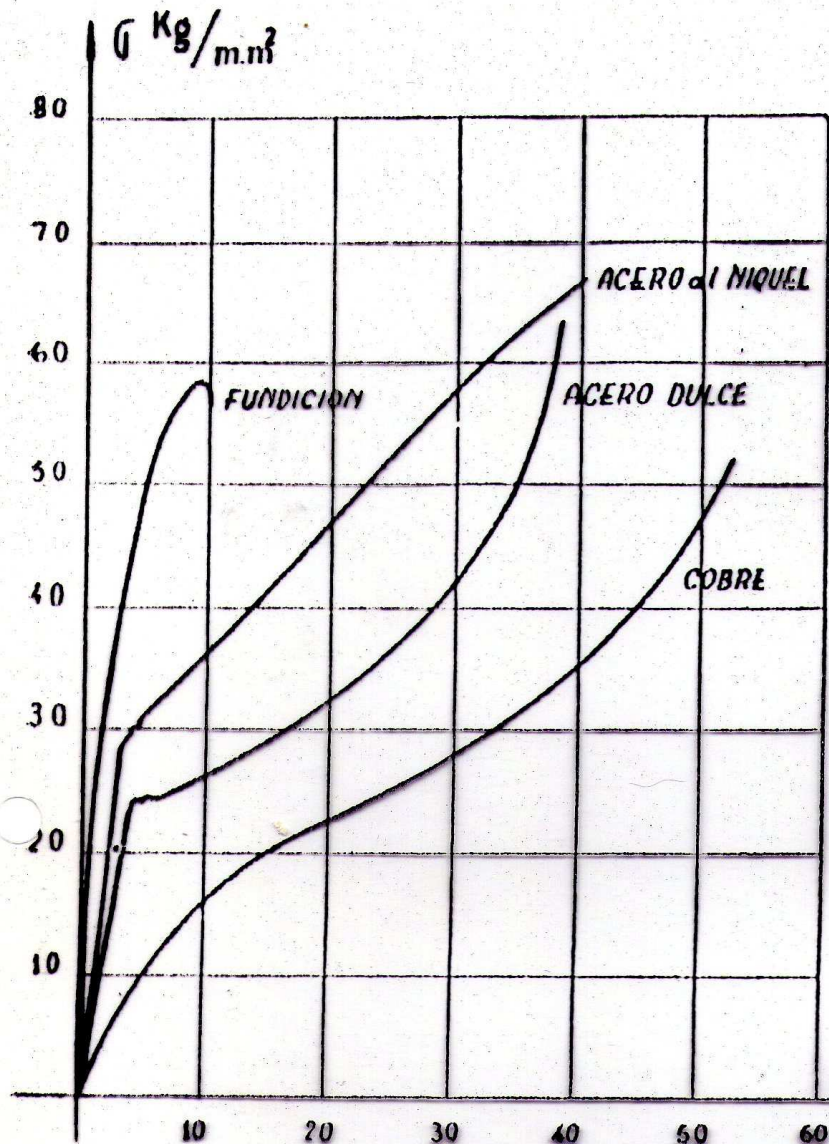


Diagrama de tracción de un acero con distintos tratamientos: I, templado; II, templado y revenido; III, recocido.

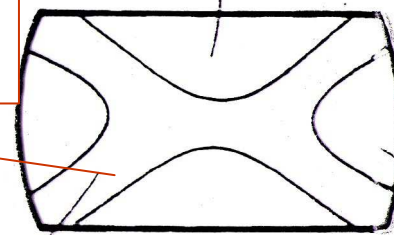
## IMÁGENES FRACTOGRÁFICAS - EL MISMO ACERO – DISTINTOS TTOO



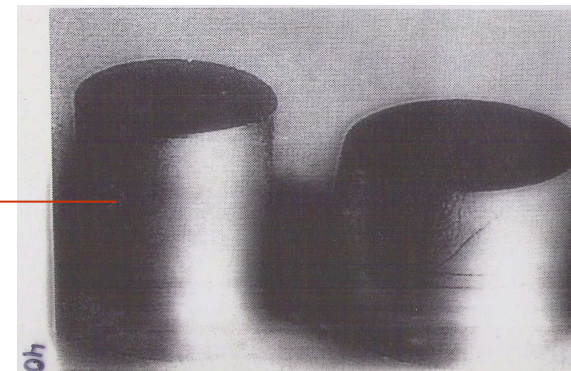
# ENSAYO DE COMPRESIÓN



INTENSA DEFORMACIÓN POR CORTE



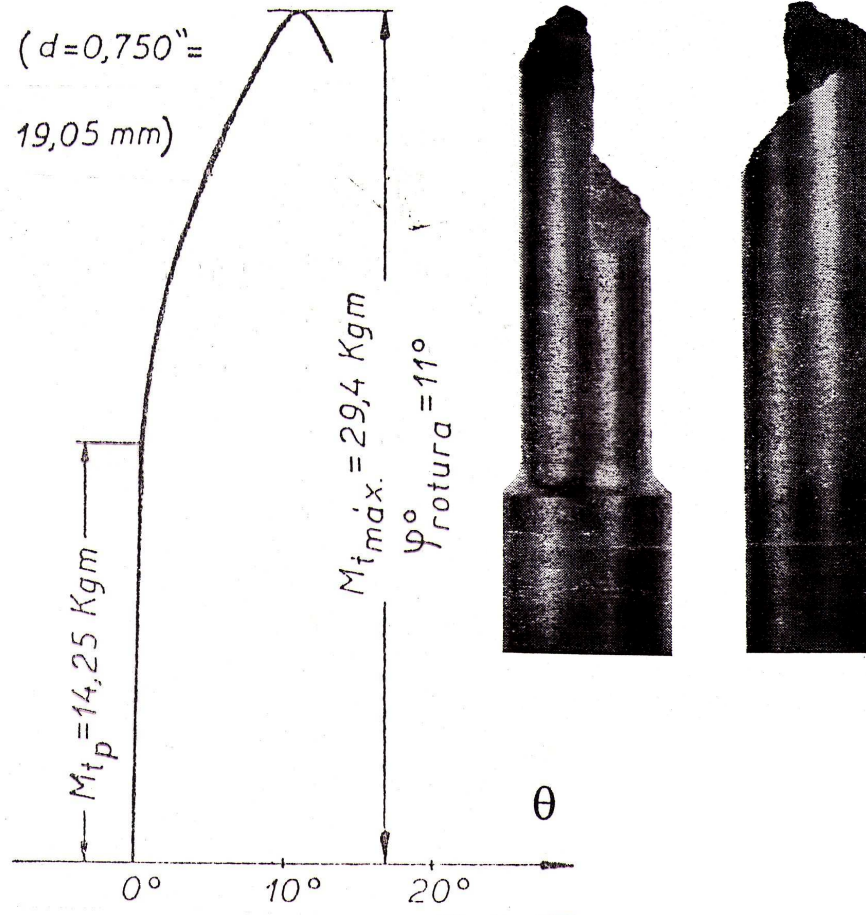
PREVIO AL TEST



## ENSAYO DE TORSIÓN

TORSION DE FUNDICION

A.S.T.M. A 260-47



FALLA FRÁGIL:  
ROTURA SÚBITA. SIN FLUENCIA.

DIAGRAMAS: SIMILARES A LOS  
DE TRACCIÓN (DÚCTILES Y  
FRÁGILES)

∴ ∃ PERÍODOS ELÁSTICOS,  
DE FLUENCIA Y  
PLÁSTICOS.

∄ FLUENCIA EN FRÁGILES

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LA  
FUNDICIÓN:

LÍMITE DE PROPORCIONALIDAD

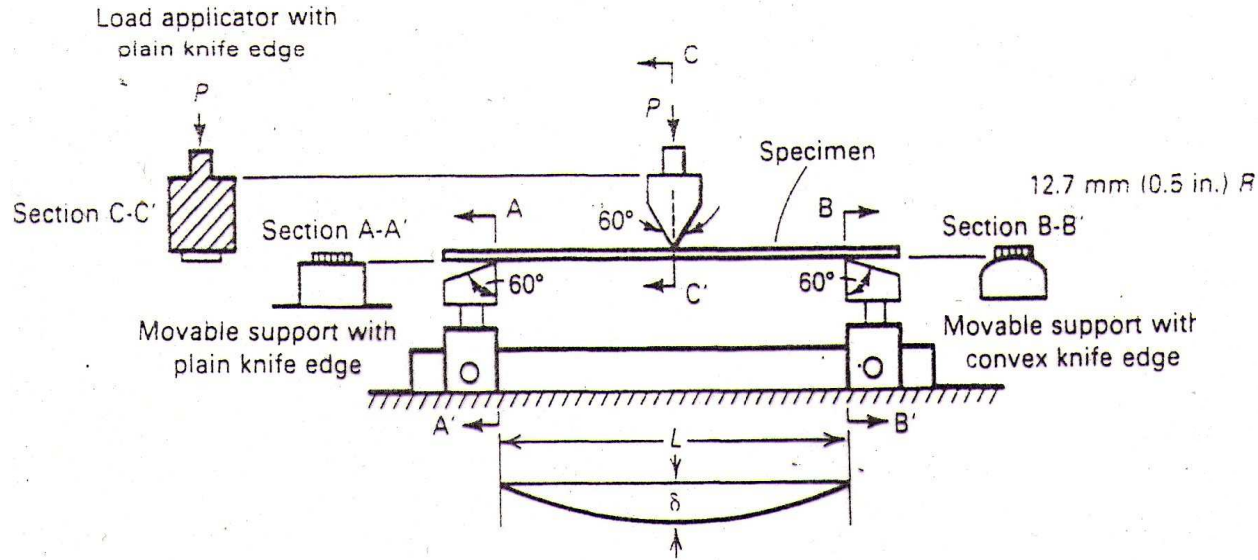
$$\tau_P = 1050\text{ Kgf / cm}^2 = 103\text{ Mpa.}$$

RESISTENCIA A LA ROTURA

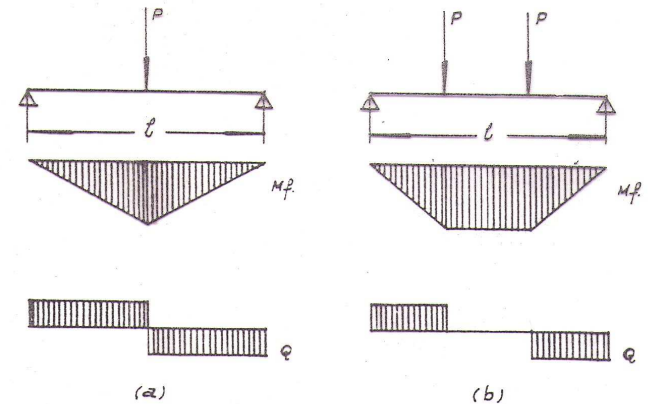
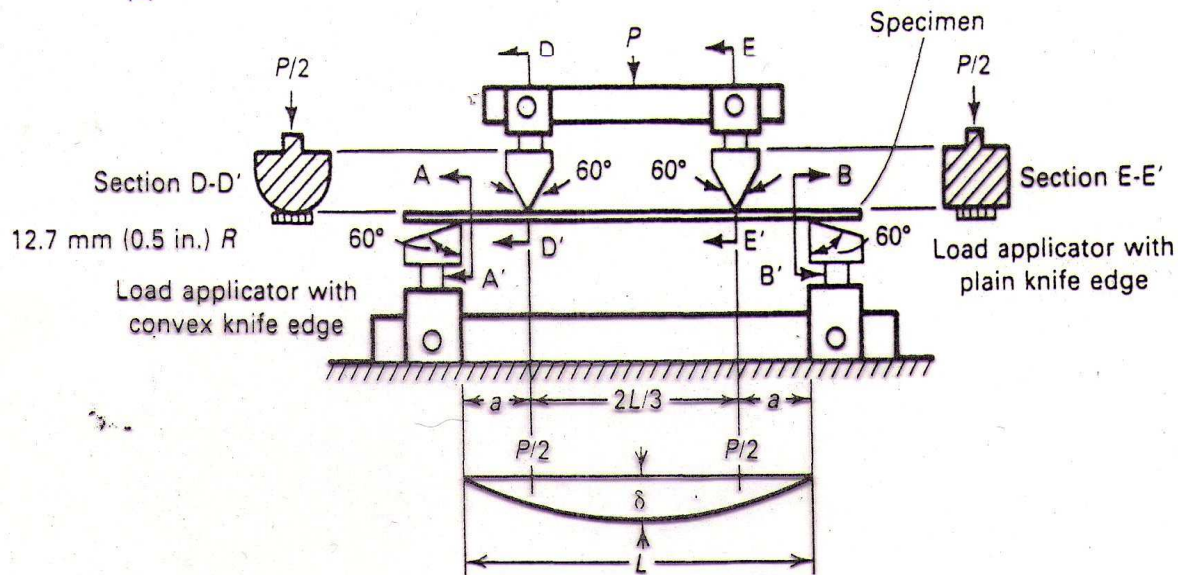
$$\tau_R = 2167\text{ Kgf / cm}^2 = 212,5\text{ Mpa.}$$

$$\theta \approx 0$$

# ENSAYO DE FLEXIÓN

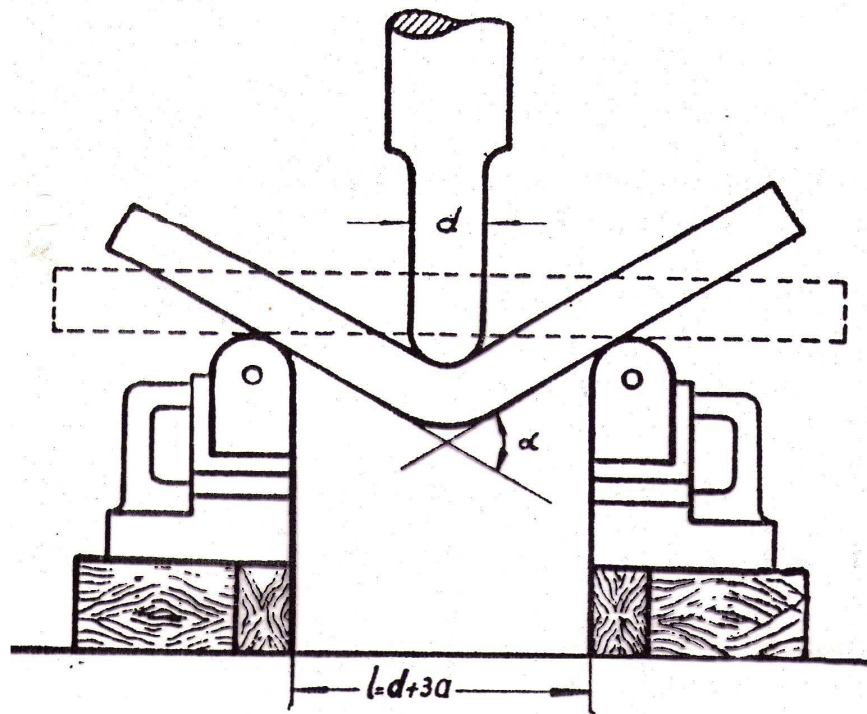


(a)



**CONDICIONES  
DEL ENSAYO:  
VIGA SIMPLE-  
MENTE APOYADA  
MONTAJE: SIN  
GENERAR FUERZAS  
AXIALES**

## ENSAYOS TECNOLÓGICOS – ENSAYO DE PLEGADO



### APLICACIÓN:

- ✓ SOLICITADO POR LAS ESPECIFICACIONES EN LA RECEPCIÓN DE ACEROS EN BARRAS Y PERFILES PARA COMPROBAR LA TENACIDAD, EN ESPECIAL LUEGO DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE RECOCIDO.
- ✓ EN GENERAL PARA DETERMINAR LA DUCTILIDAD DE MATERIALES METÁLICOS.
- ✓ RECOMENDADO POR LAS ASTM Y OTRAS PARA COMPROBAR LA DUCTILIDAD DE SOLDADURAS EN JUNTAS SOLDADAS A TOPE.

### CARACTERÍSTICAS:

FRECUENTEMENTE SE SOLICITA EL PLEGADO A 180°. LUEGO DE UN PLEGADO INICIAL HASTA UN CIERTO  $\alpha$  SE TERMINA LA OPERACIÓN CON LOS PLATOS DE COMPRESIÓN.

### EVALUACIÓN DE RESULTADOS:

SERÁ SATISFACTORIO SI NO PRESENTA, SOBRE SU PARTE ESTIRADA FISURAS PERCEPTIBLES A SIMPLE VISTA.



**APROBADO:**  
CUANDO NO SE PRODUCEN FISURAS A UNA CIERTA PROFUNDIDAD DE REFERENCIA (ENSAYO COMPARATIVO)

## ENSAYO DE EMBUTIDO ENSAYO ERICHSEN

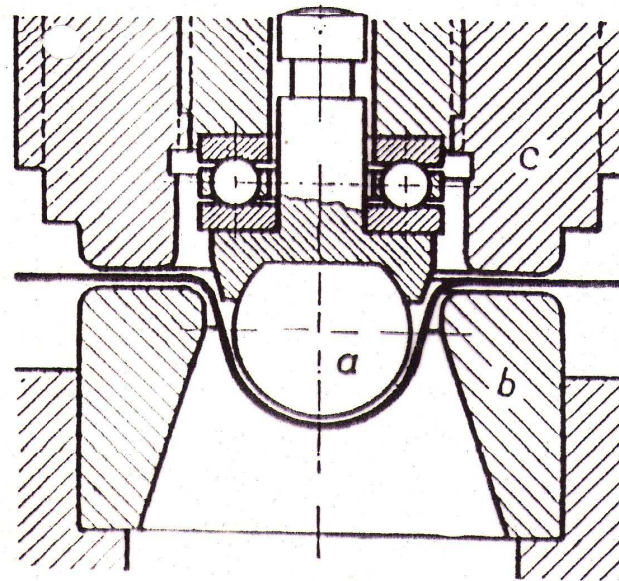


FIGURA 504  
Sección del mecanismo de embutición de una máquina Erichsen.

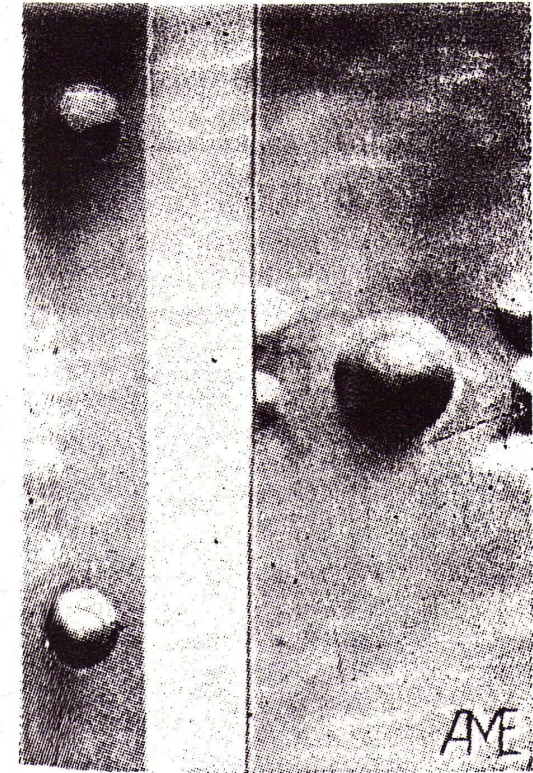


FIGURA 505  
Aspecto que presentan los flejes o chapas después del ensayo de embutición. Se observan las grietas que se producen en la zona ensayada.

### **APLICACIÓN:**

- ENSAYO DE RECEPCIÓN PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ
- EVALUACIÓN DE APTITUD AL EMBUTIDO
- NÚMERO ERICHSEN: mm DE RECORRIDO DEL ÚTIL ESFÉRICO HASTA EL MOMENTO EN QUE SE PRODUCE LA PRIMERA GRIETA



## ENSAYO DE DUREZA

### Dureza mineralógica

La escala de dureza mineralógica, o resistencia que oponen los cuerpos a ser rayados, fue la primera clasificación de materiales que se hizo en función de la dureza. Fue establecida en 1820 por F. Mohs, que fijó la siguiente escala arbitraria de minerales:

- |                |              |
|----------------|--------------|
| 1 Talco        | 6 Feldespato |
| 2 Yeso         | 7 Cuarzo     |
| 3 Caliza       | 8 Topacio    |
| 4 Espato flúor | 9 Corindón   |
| 5 Apatito      | 10 Diamante  |

Escogidos de manera que cada uno de ellos es rayado por todos los minerales de orden superior y raya a todos los que le anteceden; por tanto, el talco es rayado por los cuerpos que le siguen en la lista y el diamante raya a todos los cuerpos que la componen.



## ENSAYO DE DUREZA

PROPIEDAD QUE SE PONE DE MANIFIESTO DE DISTINTAS FORMAS:

1. RAYADO: RESISTENCIA DEL MATERIAL A SER RAYADO.
2. ABRASIÓN: RESISTENCIA DEL METAL AL DESGASTE POR ABRASIÓN O ROZAMIENTO.
3. DEFORMACIÓN: RESISTENCIA DEL METAL POR REACCIÓN ELÁSTICA (REBOTE) FRENTE A LA ACCIÓN DINÁMICA DE UN PENETRADOR QUE ACTÚA POR CAÍDA LIBRE. (MÉTODO DINÁMICO).
4. CORTE: RESISTENCIA DEL MATERIAL A DISTINTAS FORMAS DE CORTE, P.E.: USO DE LIMAS.
5. PENETRACIÓN: RESISTENCIA DEL MATERIAL A SER PENETRADO, MEDIANTE ESFERA DE ACERO TEMPLADO, CONO O PUNTA DE PIRÁMIDE DE DIAMANTE. MÉTODOS DE BRINELL, ROCKWELL, VICKERS.

APLICACIÓN:

DA UNA IDEA MUY APROXIMADA DE LA RESISTENCIA DEL MATERIAL A LA TRACCIÓN, DE LA INTENSIDAD DEL TRATAMIENTO TÉRMICO Y DE SU APTITUD AL DESGASTE Y MECANIZADO.

## DUREZA BRINELL

**P** : carga aplicada

**De**: 3000, 1000, 500, 250,  
125 en Kgf,

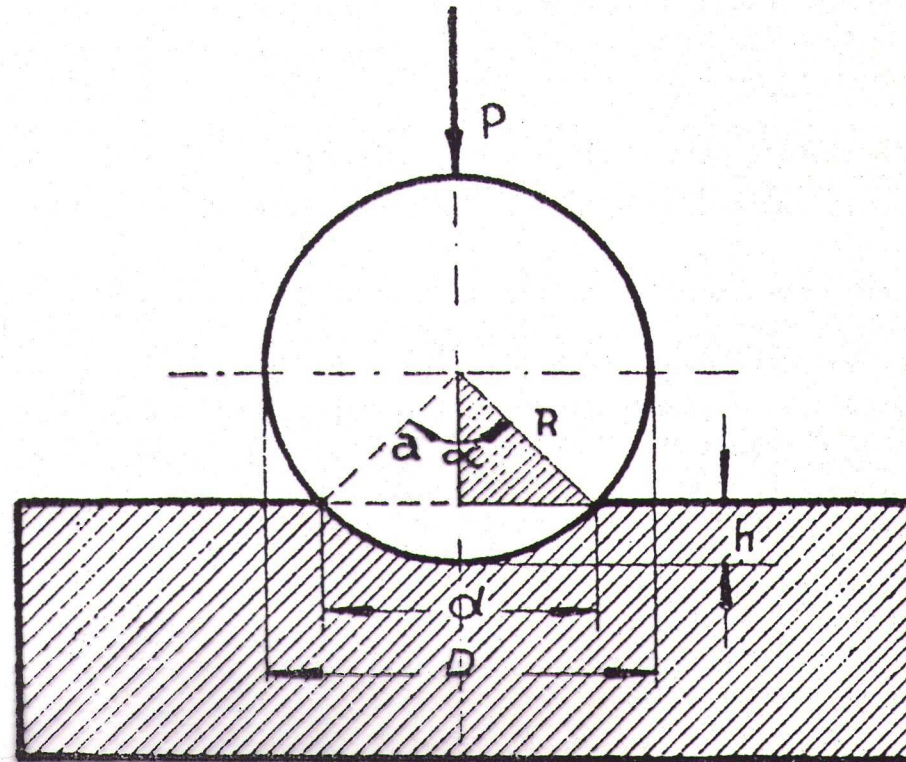
**D**: diámetro de la bolilla  
**De**: 10, 5 y 2,5 en mm  
(usar el mayor valor posible en cada caso).

**d**: diámetro de la  
impronta.

$$\frac{1}{4} D < d < \frac{1}{2} D$$

**S**= SUPERFICIE DEL  
CASQUETE ESFÉRICO  
DE ALTURA **h**

NÚMERO BRINELL, **HB**



$$HB = \frac{P}{S} = \frac{2P}{\pi D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

## DUREZA BRINELL – CONSTANTE DE ENSAYO

EL DE DUREZA CONSTITUYE UN ENSAYO TOTALMENTE EMPÍRICO.

SOLO SERÍA POSIBLE COMPARAR RESULTADOS SI SIEMPRE SE EMPLEA LA MISMA CARGA Y LA MISMA BOLILLA. SITUACIÓN QUE RESULTARÍA IMPOSIBLE DE APLICAR A LOS MATERIALES EN GENERAL.

SE ESTABLECE UNA LEY DE SEMEJANZA:

LAS DUREZAS SOLO SERÁN COMPARABLES CUANDO LAS HUELLAS SEAN GEOMÉTRICAMENTE SEMEJANTES:

$$P = f(D^2)$$

ASÍ PARA UN MISMO MATERIAL Y PARA CARGAS Y BOLILLAS DISTINTAS:

$$H_{B_1} = \frac{2P_1}{\pi D_1 \left( D_1 - \sqrt{D_1^2 - d_1^2} \right)} \quad \text{y} \quad H_{B_2} = \frac{2P_2}{\pi D_2 \left( D_2 - \sqrt{D_2^2 - d_2^2} \right)}$$
$$\frac{P_1}{D_1 \left( D_1 - \sqrt{D_1^2 - d_1^2} \right)} = \frac{P_2}{D_2 \left( D_2 - \sqrt{D_2^2 - d_2^2} \right)}$$

$$\text{Si } \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} = \frac{d_1}{D_1} = \frac{d_2}{D_2}$$

$$d_1 = D_1 \cdot \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}$$

$$d_2 = D_2 \cdot \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}$$

reemplazando y realizando operaciones, nos queda:

$$\frac{P_1}{D_1^2 \left( 1 - \sqrt{1 - \text{sen}^2 \frac{\alpha}{2}} \right)} = \frac{P_2}{D_2^2 \left( 1 - \sqrt{1 - \text{sen}^2 \frac{\alpha}{2}} \right)}$$

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2}$$

y en forma general:

$$\frac{P}{D^2} = \text{conste} = C$$

A esta relación se la llama *constante de ensayo*

## DUREZA BRINELL

Diámetro de la bolilla <i>D</i> mm	MATERIALES Y CONSTANTES DE ENSAYOS			
	Aceros y fundición <i>C</i> = 30	Aleaciones de Cu y Al <i>C</i> = 10	Cobre y aluminio <i>C</i> = 5	Plomo, estaño y aleaciones <i>C</i> = 2,5
	<i>Cargas en Kg *</i>			
10	3000	1000	500	250
5	750	250	125	62,5
2,5	187,5	62,5	31,2	15,6
1,25	46,9	15,6	7,81	3,91
0,625	11,7	3,91	1,953	0,977

En todo momento se cumple que  $C = \frac{P}{D^2} \therefore P = C \cdot D^2$ .

### VALORES DE DUREZA

#### Aleaciones del hierro

Hierro dulce normalizado con 0,05% a 0,15% C	$H_B = 90$ a 105
Acero dulce " " 0,15% a 0,25% C	" 110 a 130
Acero semidulce " " 0,25% a 0,40% C	" 130 a 155
Acero semiduro " " 0,40% a 0,60% C	" 165 a 185
Acero duro recocido " 0,80% C	" 210
Acero para herramientas templado	" 500
Fundición gris	" 180 a 190

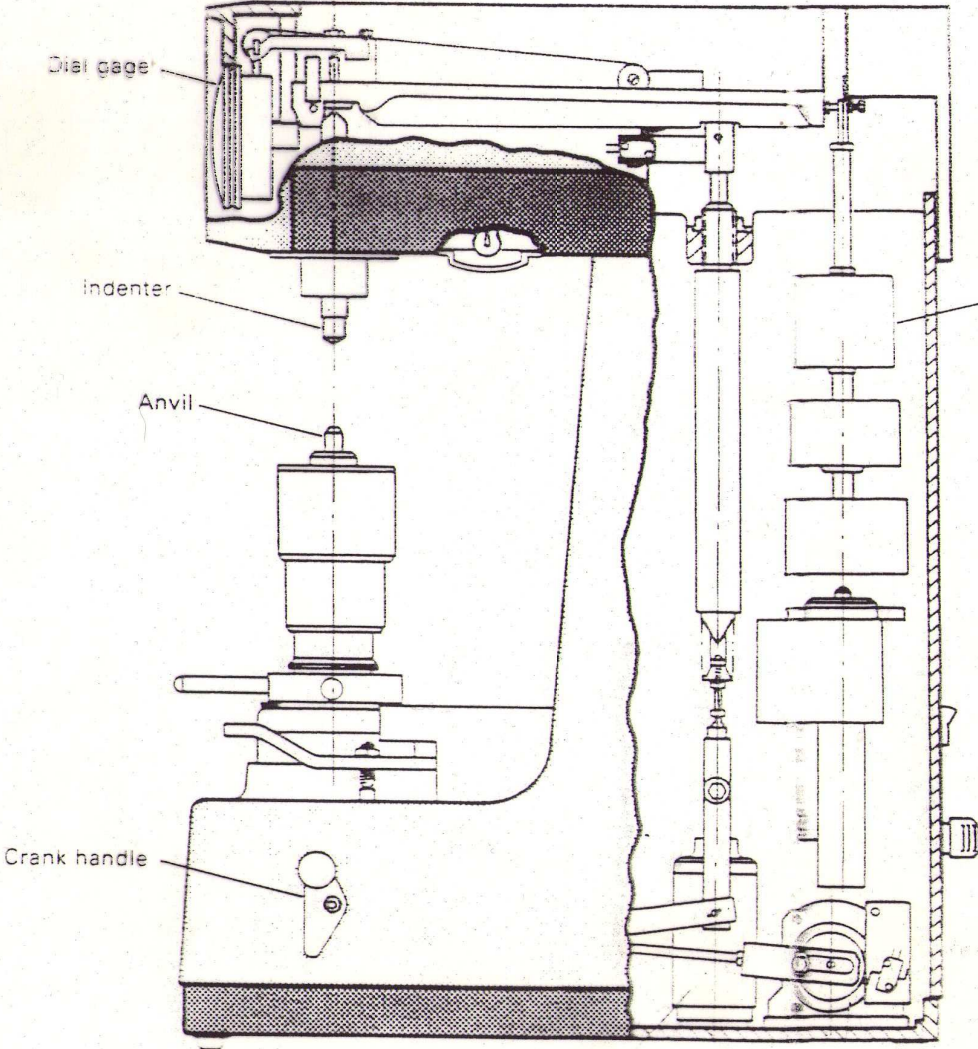
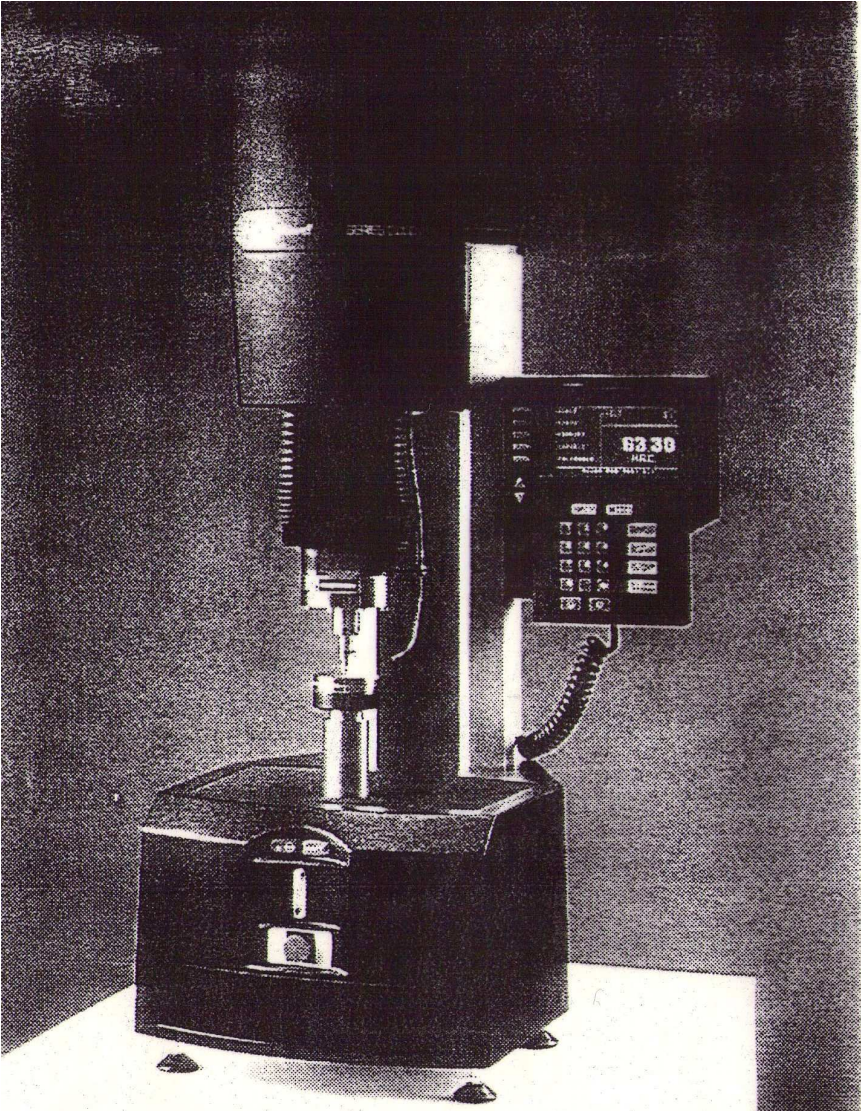
#### Fundición esferoidal:

Sin tratar	" 210 a 220
Recocida	" 150 a 160
Normalizada y revenida	" 225 a 230
Templada y revenida	" 255 a 260

### Otros metales y aleaciones

Bronce con 10 a 15% de Sn, resto Cu	$H_B = 80$ a 115
Niquel	" 61 a 70
Aluminio al 99% de pureza recocido	" 23
" " " " " endurecido	" 44
Duraluminio con 92% de Al recocido	" 45
" " " " " tratado térmicamente	" 100
Latón con 90% Cu y 10% Zn	" 52

# DUREZA BRINELL – MÁQUINAS DE ENSAYO



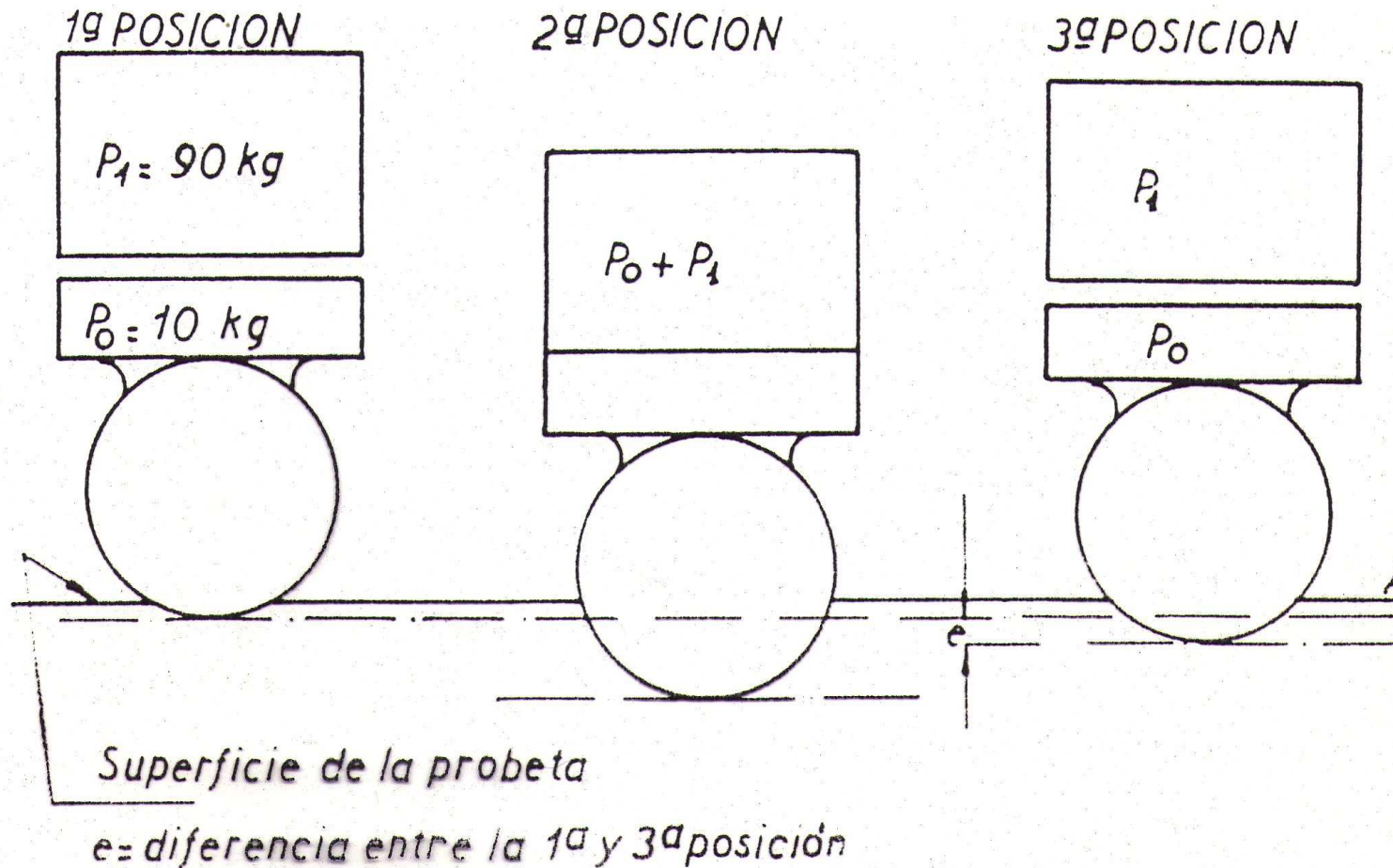
## DUREZA ROCKWELL

**APLICACIÓN:** MATERIALES DUROS DONDE HB SE HACE INEXACTO ( $>HB400$ )

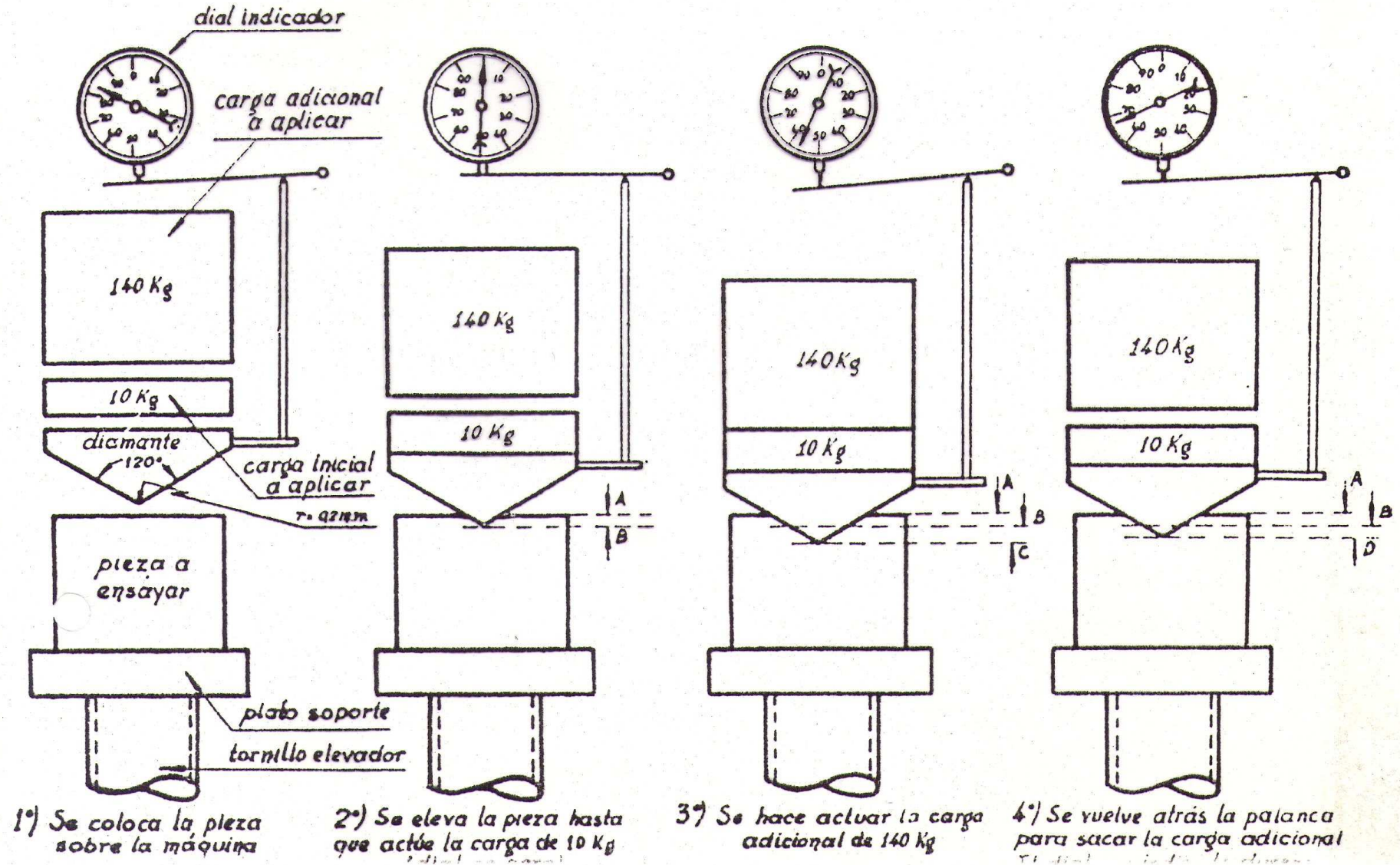
**CARACTERÍSTICAS:** EL NÚMERO ROCKWELL SE DETERMINA EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA PANETRACIÓN.

**APLICACIÓN DE LA CARGA TOTAL:**  $P_0$  INICIAL (ASEGURA SUJECIÓN Y CONTACTO) /  $P_1$  VARIARÁ CON EL PENETRADOR UTILIZADO.

**PENETRADORES:** BOLILLAS DE ACERO DE  $\phi$  1/16, 1/8, 1/4 Y 1/2" / CONO DE DIAMANTE  $\alpha$  120° :  $R_{PUNTA} = 0,2\text{mm}$



# DUREZA ROCKWELL





## DUREZA ROCKWELL – MEDIDA DE LA DUREZA

- CONCEPTUALMENTE ESTÁ DADA POR LA PENETRACIÓN  $e$ .
- PRÁCTICAMENTE POR EL VALOR COMPLEMENTARIO  $E - e$ , PARA QUE A MAYOR DUREZA EL NÚMERO ROCKWELL SEA MAYOR:

$$HR_i = E - e$$

DONDE:

$i$ : CORRESPONDE A LA ESCALA ROCKWELL UTILIZADA.

$E$  : ESCALA TOTAL DEL DIAL INDICADOR DE LA MÁQUINA. AUMENTA EN SENTIDO INVERSO AL FUNCIONAMIENTO DE LA AGUJA DEL DIAL

$E = 100$  DIV. DE 0,002 mm, PARA EL CONO DE DIAMANTE

$E = 130$  DIV. DE 0,002 mm, PARA LAS BOLILLAS

$e$ : VALOR DE LA PENETRACIÓN EN DIV. DE 0,002 mm



## DUREZA ROCKWELL – MEDIDA DE LA DUREZA

- ESCALAS ROCKWELL STANDARD:

ESCALA B: BOLILLA DE 1/16”,  $P_T = 100$  Kgf

ESCALA C: CONO DE DIAMANTE,  $P_T = 150$  Kgf

LA LECTURA DE  $E - e$  SE REALIZA DIRECTAMENTE DEL DIAL  
INDICADOR DE LA MÁQUINA, QUE TIENE A SU VEZ DOS ESCALAS  
( ESCALAS DEL DIAL):

BOLILLAS: ESCALA ROJA DEL DIAL      ROCKWELL B :  $H_{RB} = 130 - e$

CONO: ESCALA NEGRA DEL DIAL      ROCKWELL C :  $H_{RC} = 100 - e$

P.E.:  $H_{RC} 48$ , 48 DIVISIONES COMPLEMENTARIAS (NO DE PENETRACIÓN

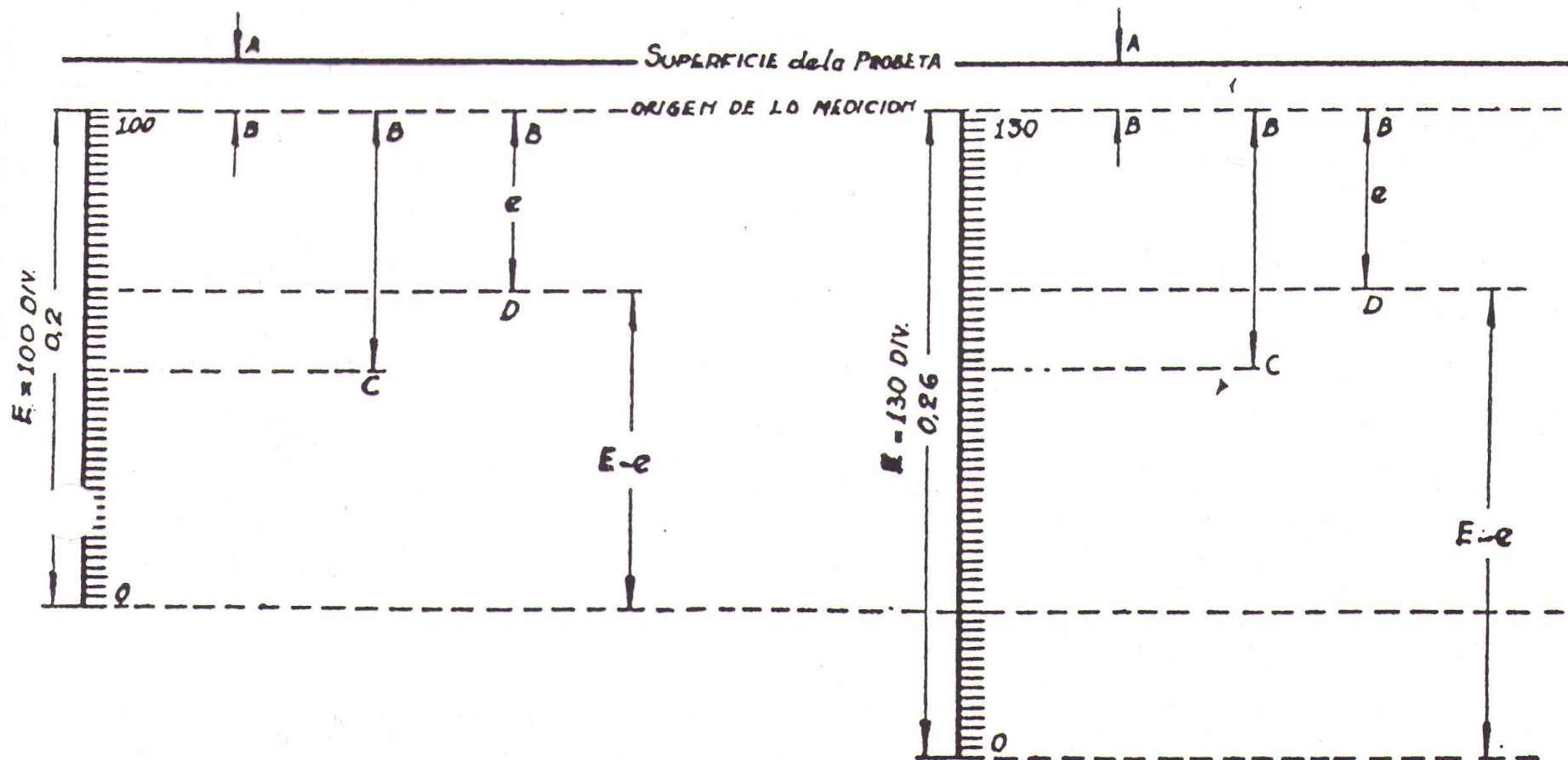
REAL) DE 0,002 mm c/u       $\therefore e = 52 \times 0,002 = 0,104$  mm

# DUREZA ROCKWELL – MEDIDA DE LA DUREZA

## — PROCESO ESQUEMÁTICO —

1) ROCKWELL C (cono de diamante 150 Kg)

2) ROCKWELL B (bolilla de acero  $\frac{1}{16}$  100 Kg)



## DUREZA ROCKWELL – ESCALAS DE DUREZA

ES- CALA	Penetrador	CARGAS (Kg)			Color Escala	MATERIALES
		Inicial	Adi- cional	Total		
B	bolilla 1/16"	10	90	100	Roja	Aceros blandos. Met. no muy duros en general.
C	cono	10	140	150	Negra	Aceros y metales duros.
A	cono	10	50	60	Negra	Aceros nitrurados. Flejes y hojas de afeitar.
D	cono	10	90	100	Negra	Aceros cementados.
E	bolilla 1/8"	10	90	100	Roja	Met. antifriccionados o blandos. Piezas fundidas.
F	bolilla 1/16"	10	50	60	Roja	Bronce recocido.
G	bolilla 1/16"	10	140	150	Roja	Bronce fosforoso.
H	bolilla 1/8"	10	50	60	Roja	Metales blandos con poca homogeneidad.
K	bolilla 1/8"	10	140	150	Roja	Metales duros con poca homogeneidad.
L	bolilla 1/4"	10	50	60	Roja	Fundición de hierro.
M	bolilla 1/4"	10	90	100	Roja	Metales no muy duros c/poca homogeneidad.
P	bolilla 1/4"	10	140	150	Roja	Metales no muy duros c/poca homogeneidad.
R	bolilla 1/2"	10	50	60	Roja	Metales muy blandos.
S	bolilla 1/2"	10	90	100	Roja	Metales muy blandos.
V	bolilla 1/2"	10	140	150	Roja	Metales blandos.

## DUREZA VICKERS

PROCEDIMIENTO: SIMILAR  
BRINEL

CARGA APLICADA ( P )

De: 1, 2.5, 5, 10, 20, 30, 50, 100 Y  
120 EN Kgf.

PENETRADOR:

PUNTA DE DIAMANTE,  
PIRÁMIDE  
CUADRANGULAR

NÚMERO VICKERS:

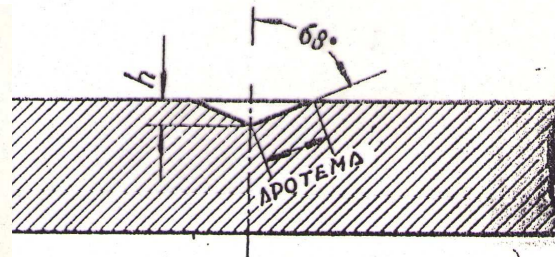
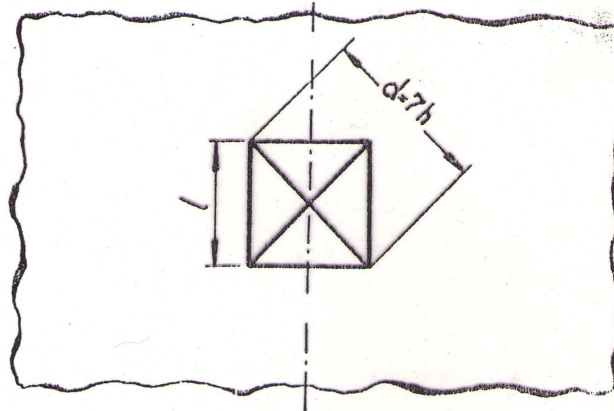
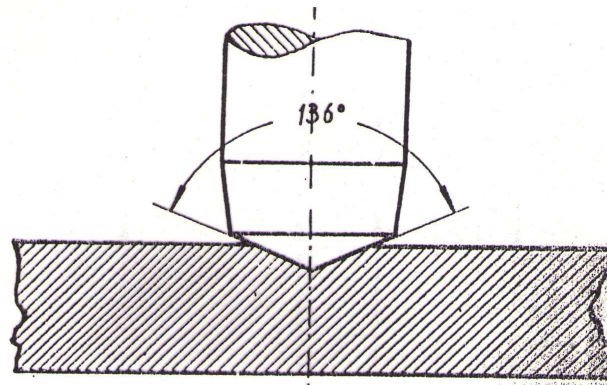
$$H_v = \frac{P}{\text{Sup. impresión}}$$

La superficie de la impresión será la de una pirámide de cuatro lados:

EQUIVALENCIA CON BRINELL:

$\alpha = 136^\circ$  ELEGIDO DE FORMA TAL QUE

**HB = HV**



CARGAS RECOMENDADAS:

P = 30 Y 50 Kgf

P = 100 Kgf PARA METALES  
HETEROGÉNEOS

DESIGNACIÓN HV<sub>30</sub> ; HV<sub>50</sub>

## MICRODUREZA VICKERS

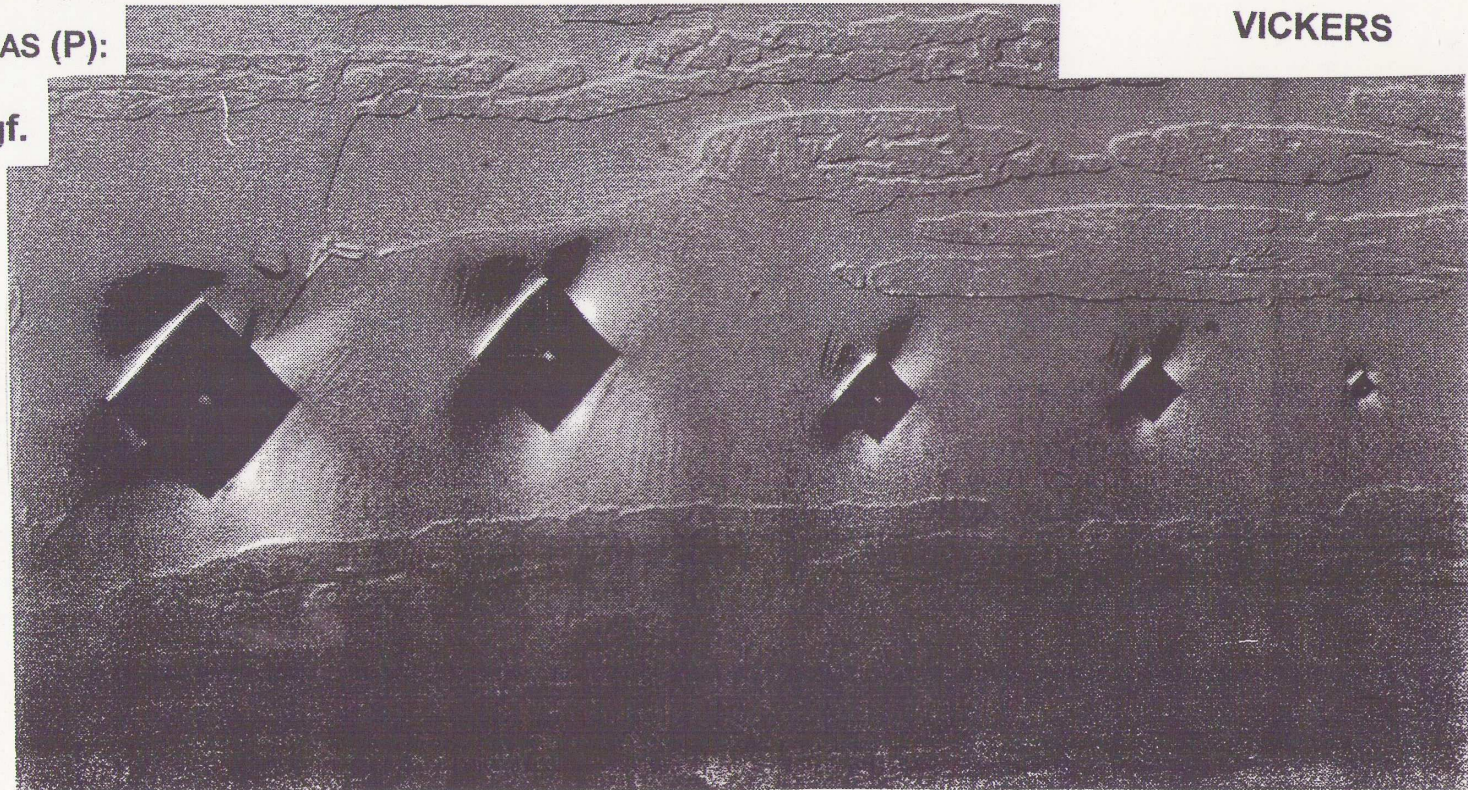
- PENETRACIÓN: DEL ORDEN DE LOS MICRONES
- APLICACIÓN: CHAPAS EXTREMADAMENTE DELGADAS, FILO DE HERRAMIENTAS DE CORTE, NITRURADOS, CEMENTADOS, RECUBRIMIENTOS POR ELECTRODEPOSICIÓN.
- PENETRADORES: VICKERS Ó KNOOP.
- CARGAS APLICADAS (P):  
DE 1gf A 1000 gf.

MICRODUREZA  
VICKERS

Microdureza Vickers:

$$H_{mV} = \frac{P}{S} \text{ (Kg/mm}^2\text{)}$$

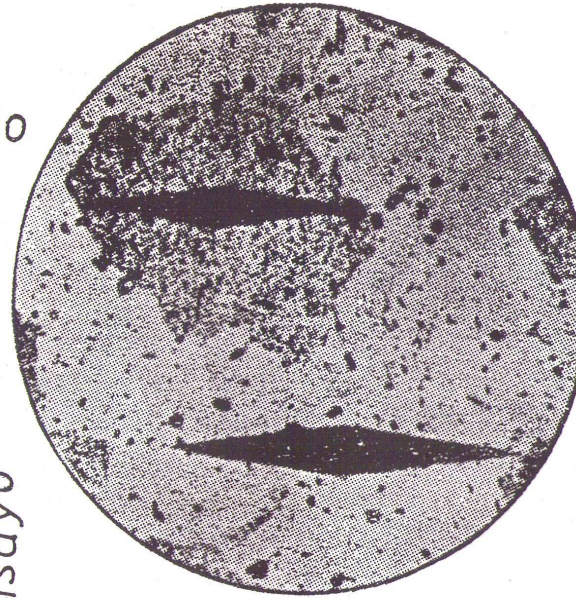
$$= 1854,36 \frac{P \text{ (gr)}}{d^2 \text{ (\mu}^2\text{)}}$$



Vickers martensitic high-carbon version of 430 stainless steel 500, 300, 100, 50, and 10 gf test forces

# MICRODUREZA KNOOP

Aleación: Plomo-Antimonio  
(x 150)



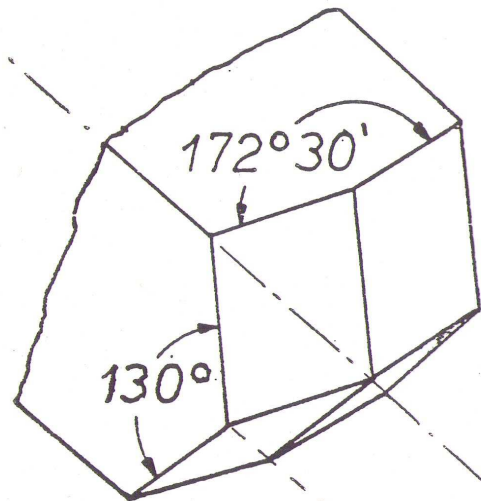
Número de dureza Knoop

$$H_K = \frac{\text{Carga}}{\text{Sup. de la base de la impresión}}$$

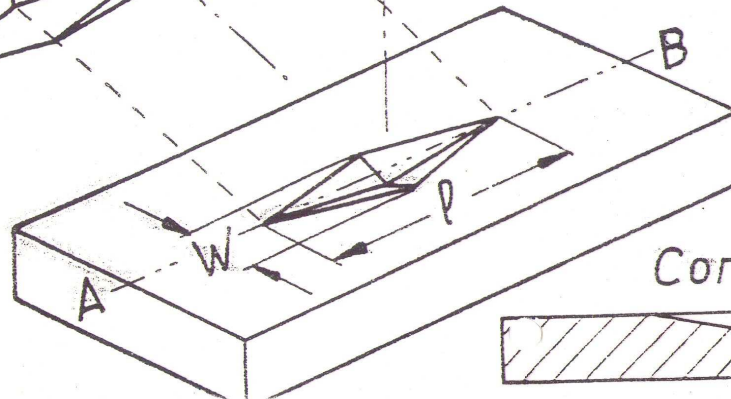
$$H_K = \frac{P}{S_p} \text{ (Kg/mm}^2\text{)}$$

$$S_p = \frac{w \cdot l}{2}$$

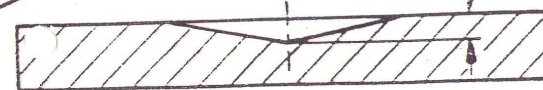
$$H_K = 14229 \frac{P \text{ (gr)}}{l^2 \text{ (}\mu^2\text{)}}$$



Posición para el ensayo



Corte AB



$$P = 7,11w$$

$$d \approx \frac{P}{30}$$