

Mecánica Lineal de la Fractura

CASO DE LOS LIBERTY SHIPS



LA CAMPAÑA NAVAL ALEMANA DURANTE 1940 Y 1941 LOGRÓ HUNDIR, BASADA FUNDAMENTALMENTE EN SU FUERZA DE SUBMARINOS, MÁS TONELAJE QUE EL QUE GRAN BRETAÑA PODÍA PONER A FLOTE CON SU INDUSTRIA NAVAL.

ESTADOS UNIDOS AYUDA A GRAN BRETAÑA FABRICANDO UN BARCO MERCANTE CONOCIDO COMO “LIBERTY SHIP”.

Last of the Liberty Ships

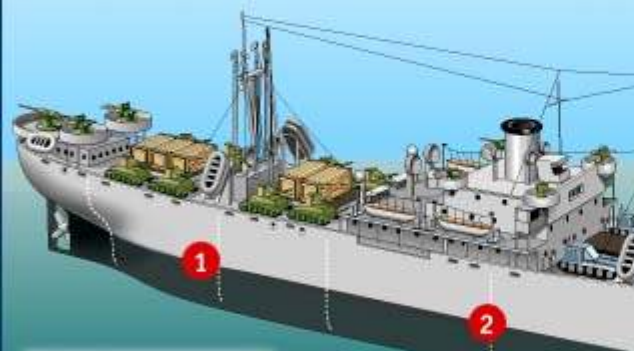
Length: 441.5 feet

Width: 57 feet

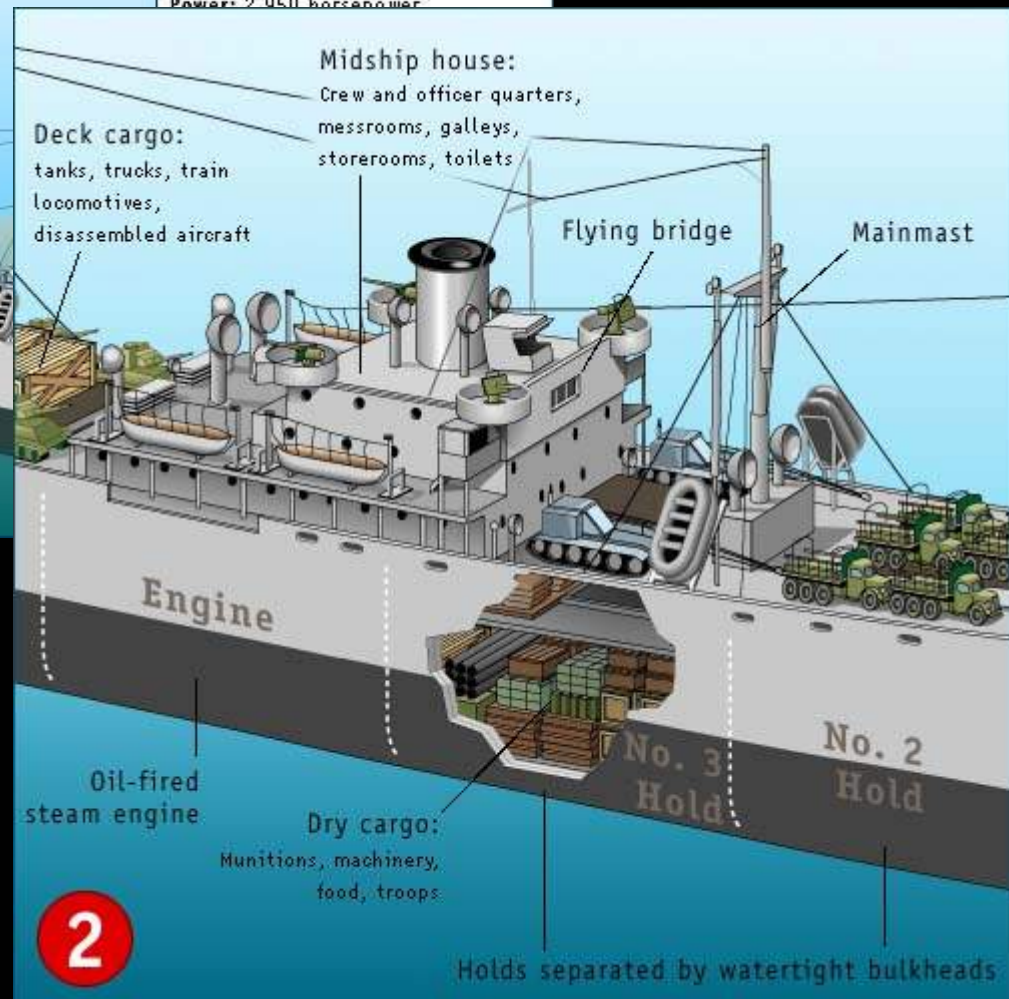
Wartime crew: 40 merchant marines;
30 Navy gunners

Cargo capacity: 9,146 tons

Power: 2,950 horsepower



Click on an area
of the ship to see
a detailed view



SE FABRICARON 2700 BARCOS. UNO CADA 4
DÍAS.

20 SE PARTIERON DEL TODO.

90 EXPERIMENTARON FALLAS GRAVES

400 SUFRIERON DAÑOS MENORES

LA FALLA OCURRIÓ MIENTRAS EL BARCO SE
DESPLAZABA POR AGUAS FRÍAS.

LA GRIETA TUVO ORIGEN EN LOS ÁNGULOS DE
LAS ESCOTILLAS

LA GRIETA COMENZABA CERCA DE LAS
SOLDADURAS PROPAGÁNDOSE POR LA ZONA
AFECTADA TÉRMICAMENTE

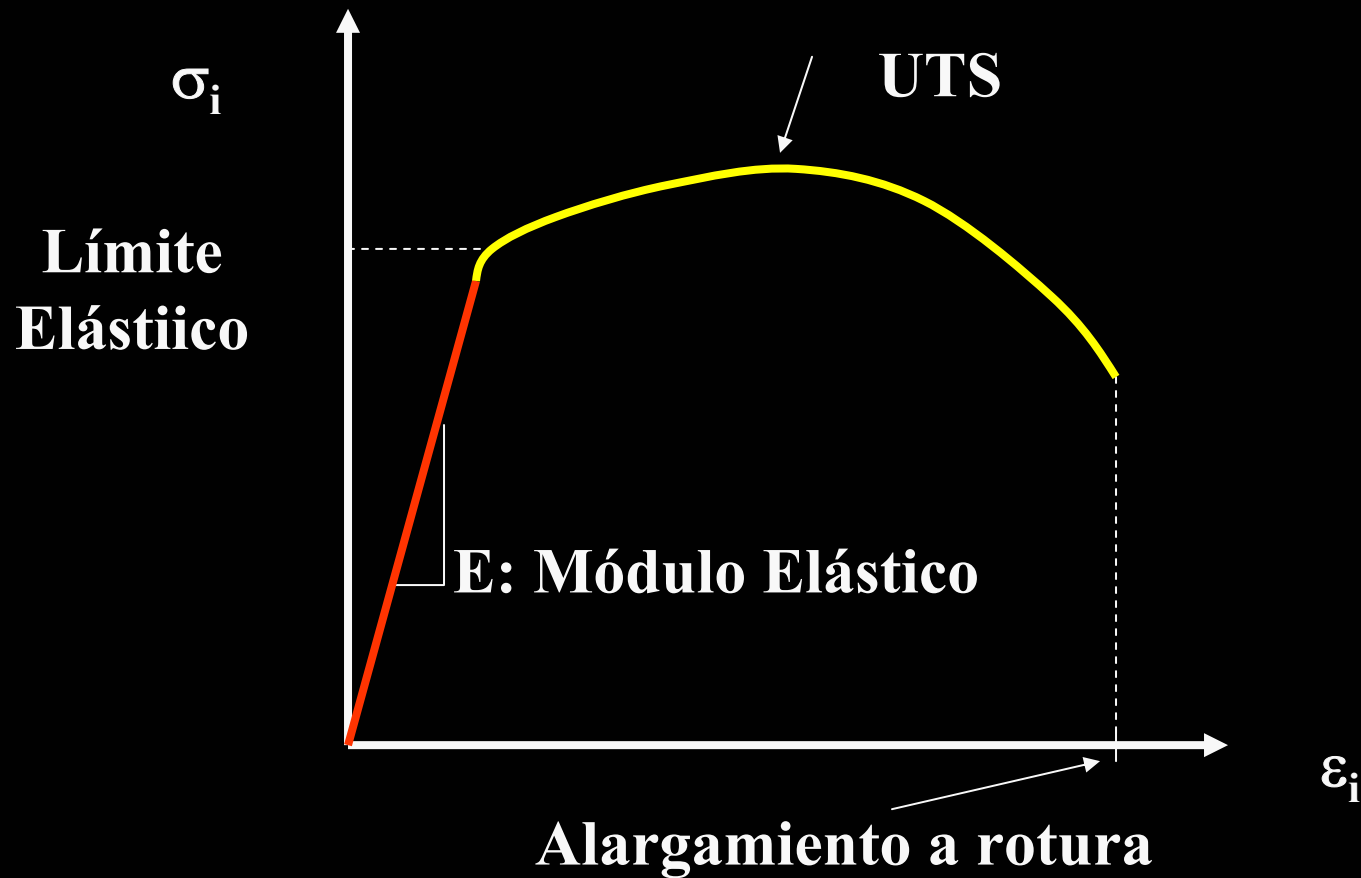


FRACTURA DE UNA ANCLA: FRAGILIZACIÓN POR HIDRÓGENO



¿QUÉ CRITERIO ES EL QUE SIRVE PARA
CARACTERIZAR EL COMPORTAMIENTO A ROTURA
EN AUSENCIA DE GRIETAS?

EL ENSAYO DE TRACCIÓN



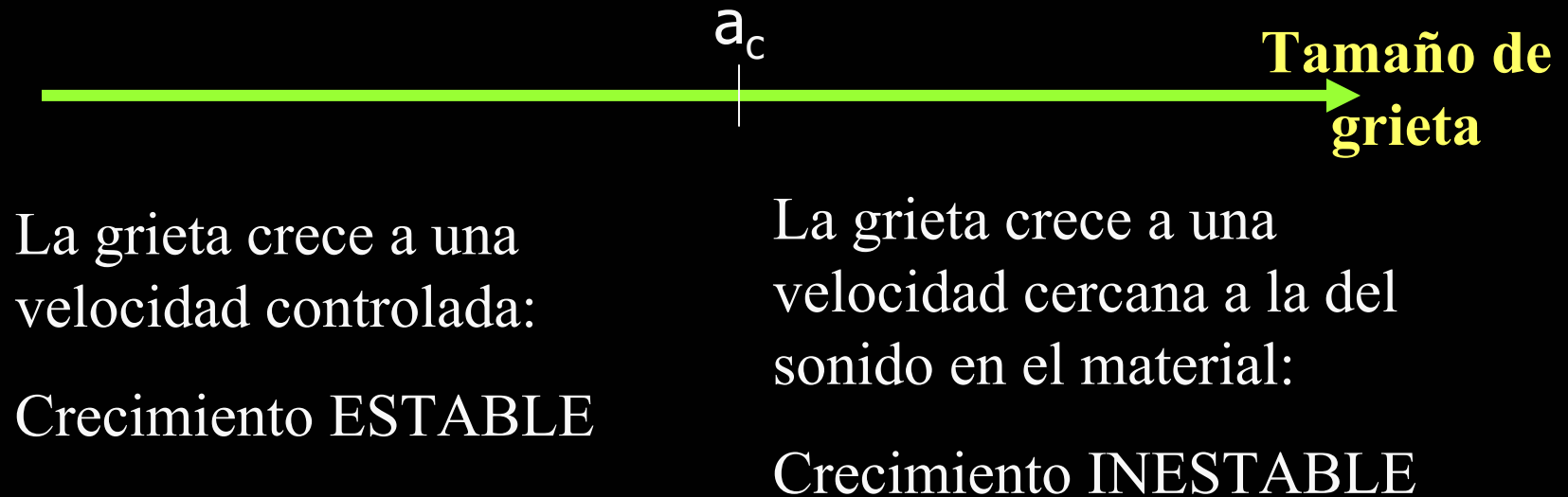
¿PUEDE UN MATERIAL ROMPERSE POR DEBAJO
DEL LÍMITE ELÁSTICO?

SÍ, CUANDO EXISTEN GRIETAS!

 MECÁNICA LINEAL DE LA FRACTURA

Grieta subcrítica

Grieta supercrítica



CRITERIO DE GRIFFITH

TRABAJO HECHO
POR LAS
FUERZAS
EXTERNAS

\geq

ENERGIA
ELÁSTICA

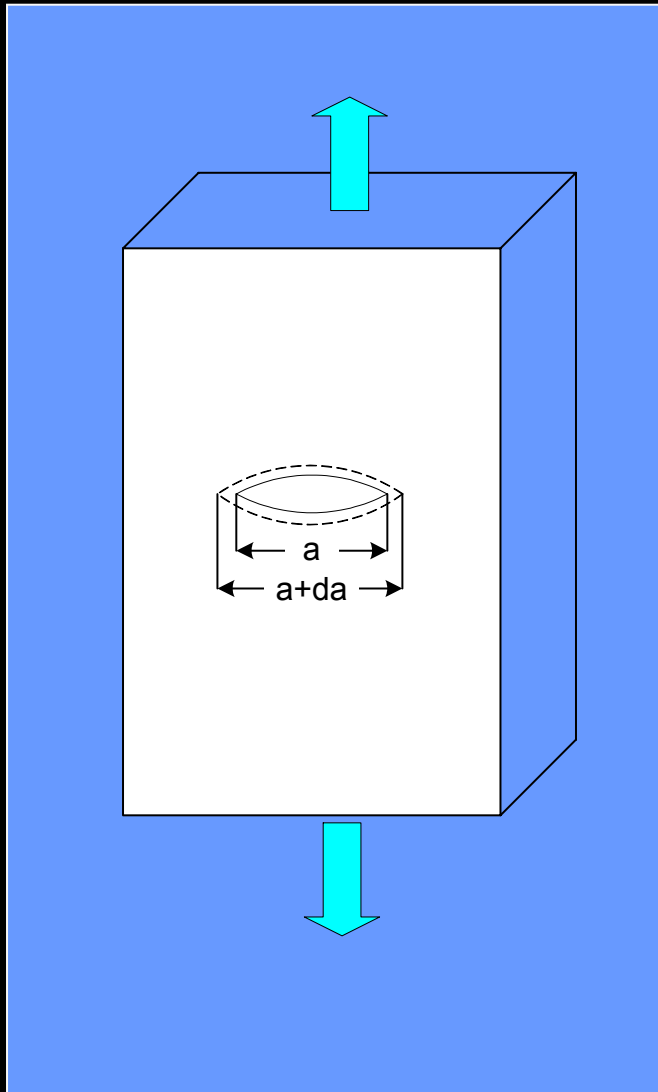
+

ENERGÍA
PARA
CREAR
NUEVA
SUPERFICIE



1893-1963

Plantea en el año 1920 las bases de la fractura frágil, en un artículo de la Royal Society



$$dW \geq dU + G_c t da$$

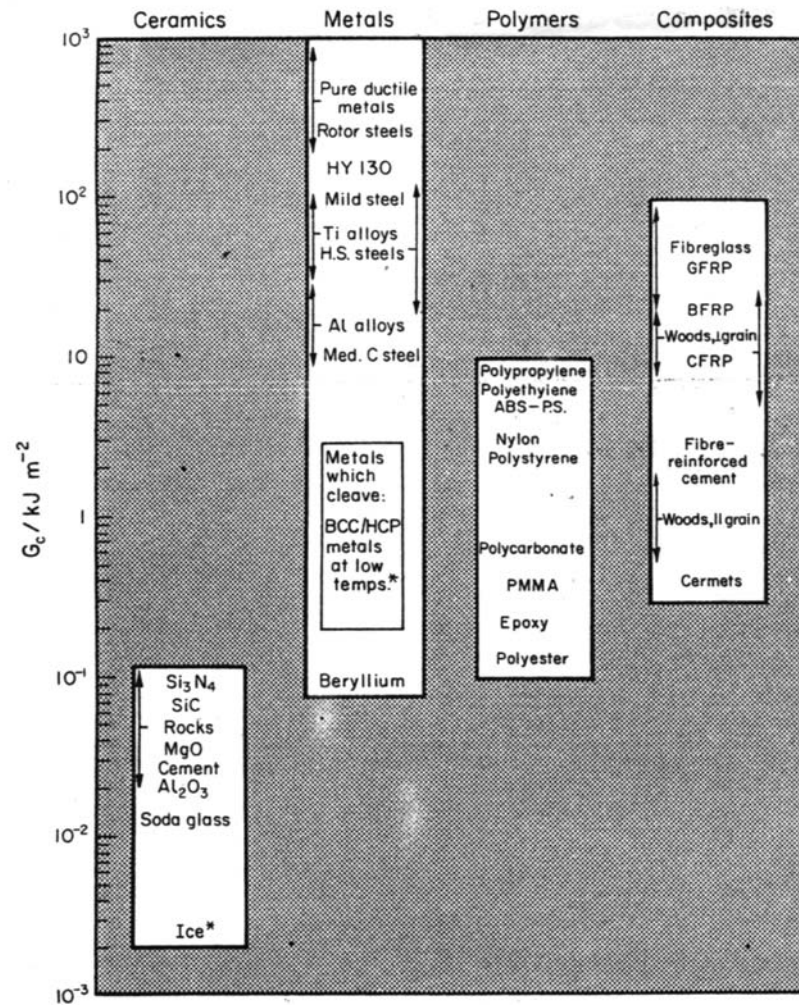
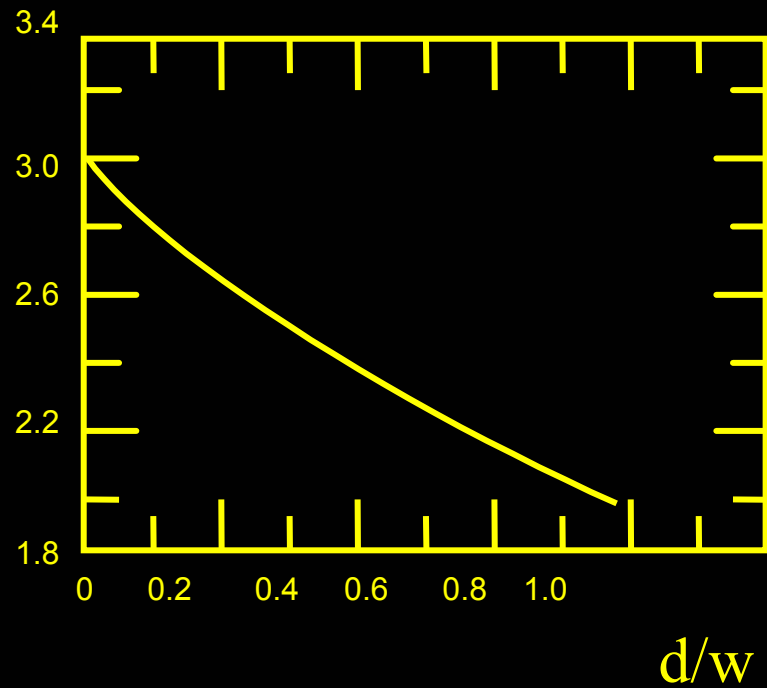
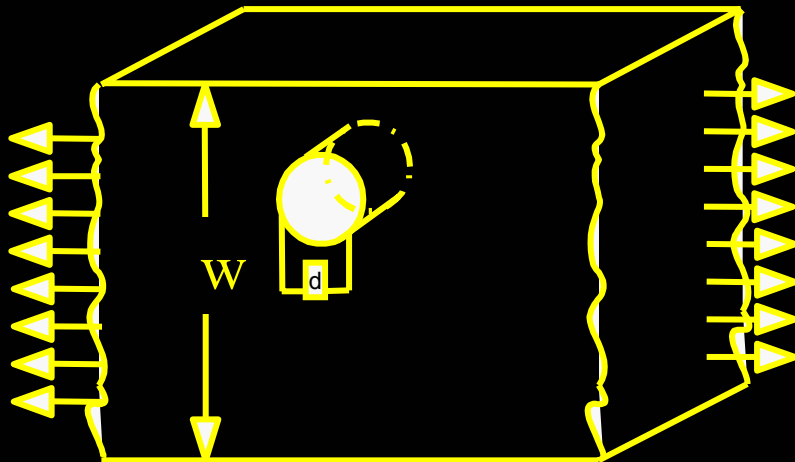


Fig. 13.5. Toughness, G_c (values at room temperature unless starred).

VALORES DE G_c

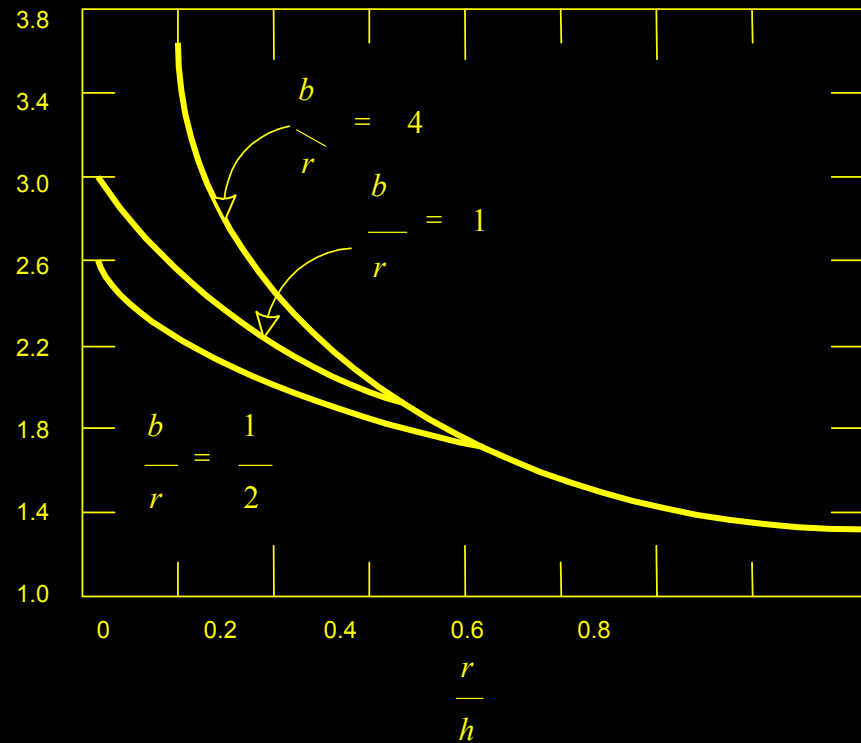
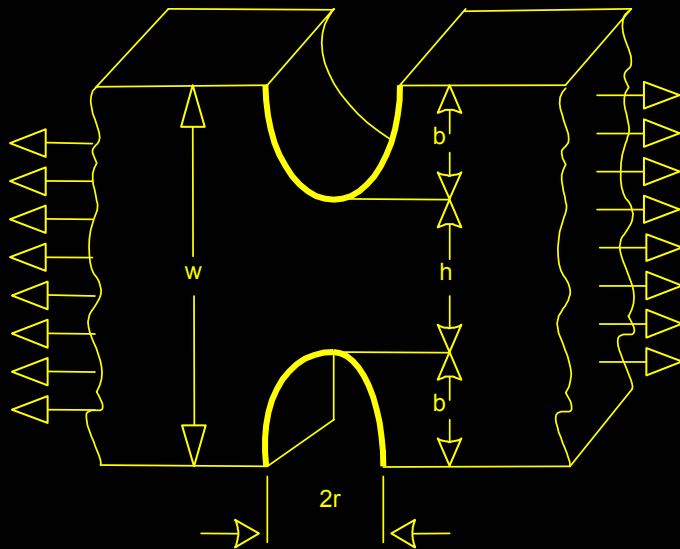
CONCENTRADORES DE TENSIONES

Esfuerzo local

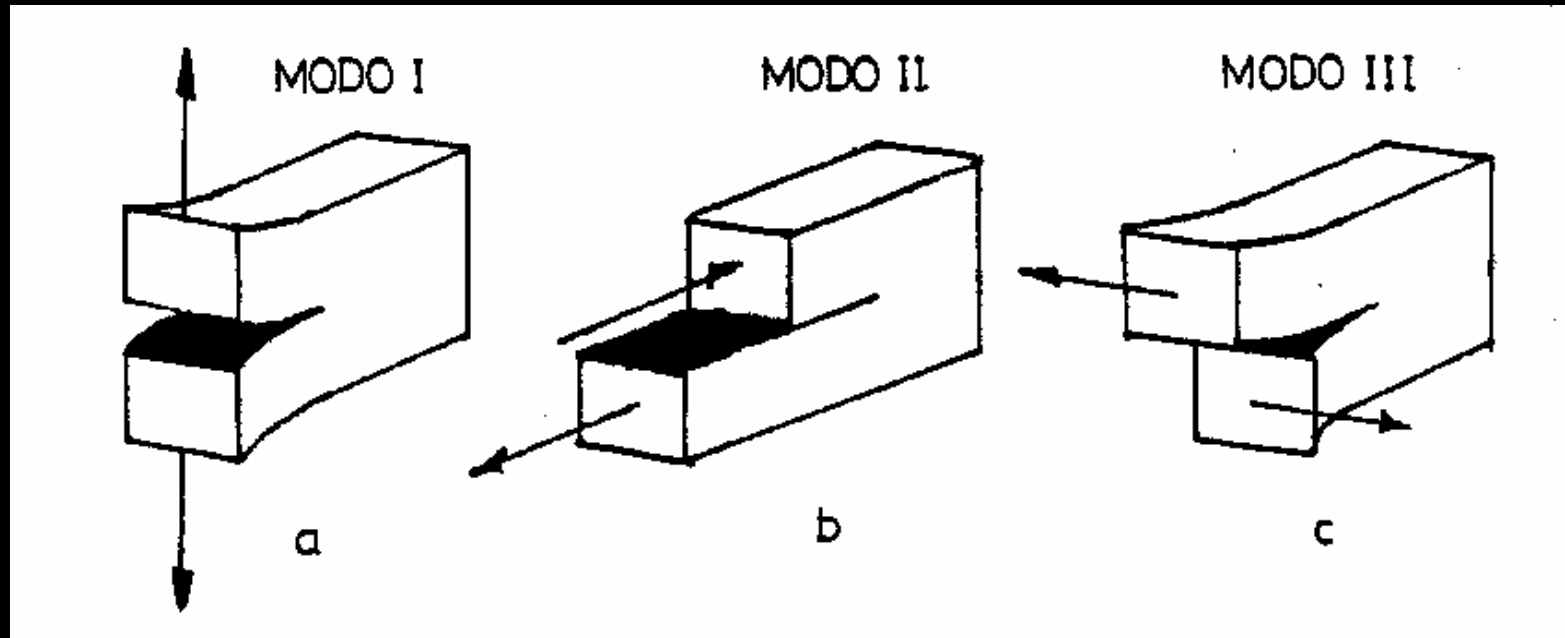


OTROS CONCENTRADORES DE TENSION

Esfuerzo local



MODOS DE FRACTURA

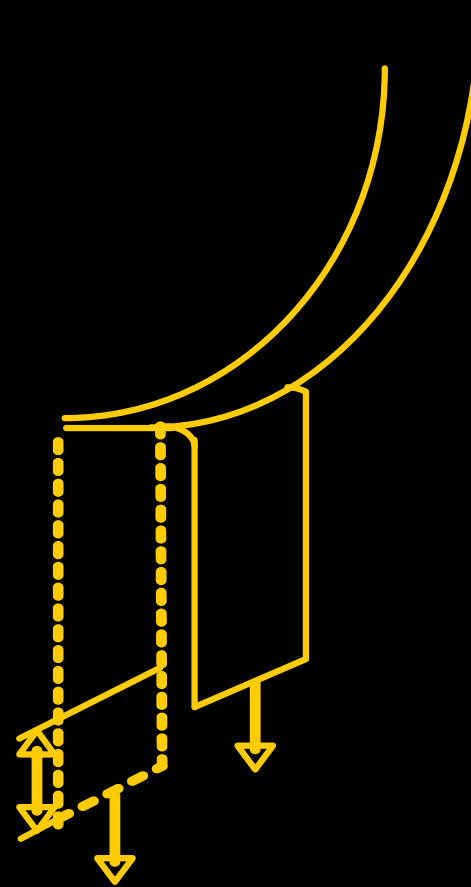


APERTURA O
TENSIL

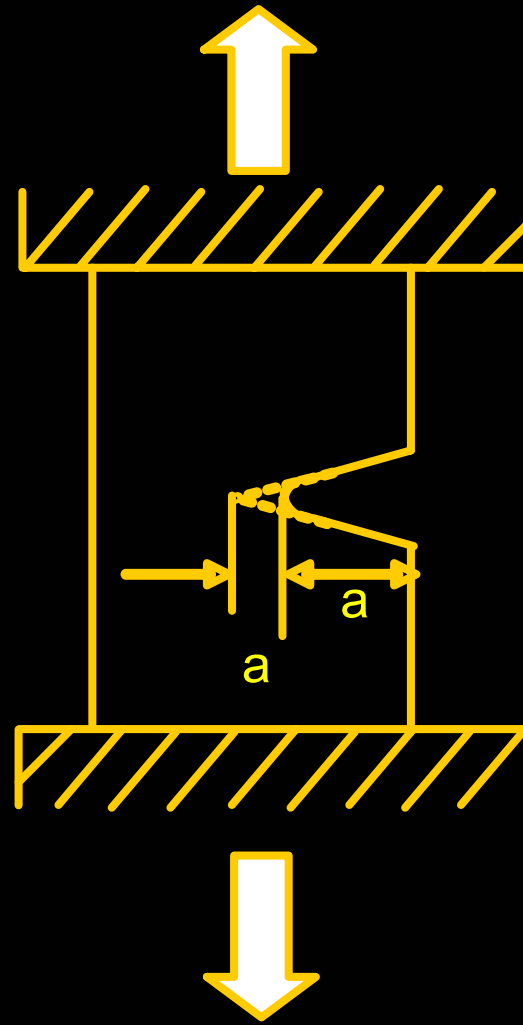
DESLIZAMIENTO
DENTRO DEL PLANO

DESLIZAMIENTO
FUERA DEL PLANO

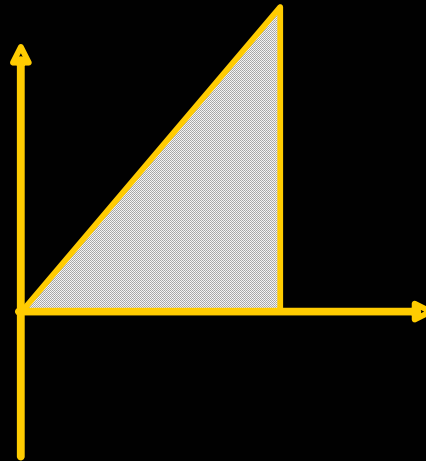
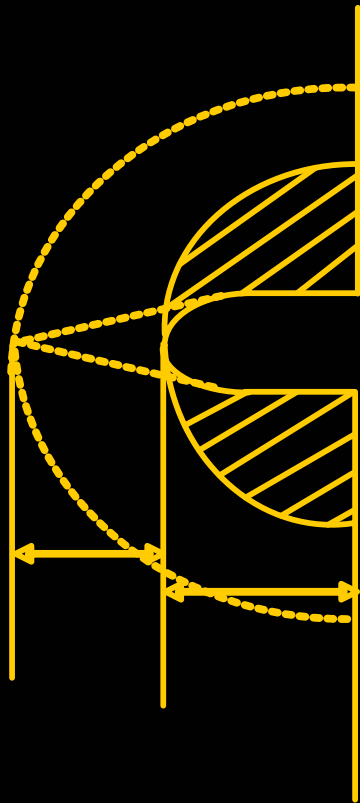
Resistencia de adhesivos

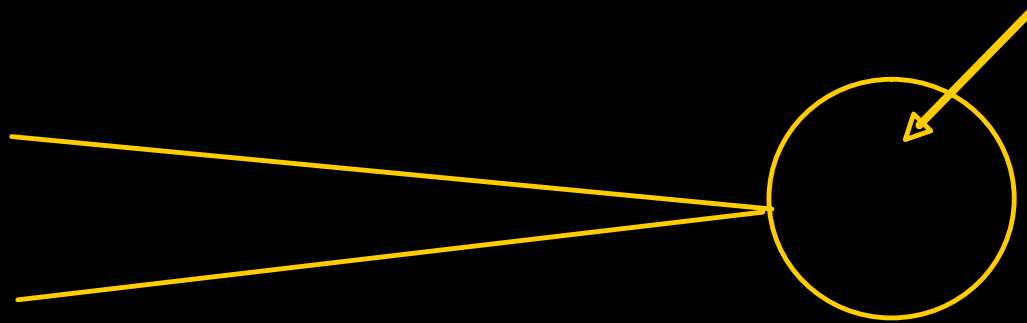


Fractura con desplazamientos fijos



Zona de deformación elástica alrededor de la grieta.



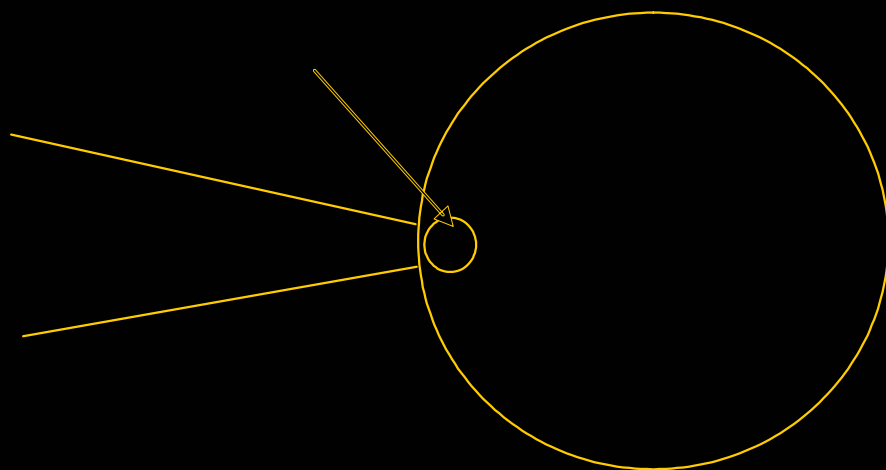


$$r_p = \frac{K_I^2}{4\pi\sigma_{ys}^2} \left[\frac{3}{2} \sin^2 \theta + (1 - 2\nu)^2 (1 + \cos \theta) \right]$$

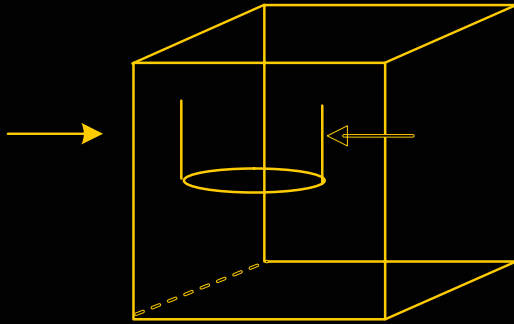
$$r_p = \frac{K_I^2}{4\pi\sigma_{ys}^2} \left[1 + \frac{3}{2} \sin^2 \theta + \cos \theta \right]$$

Tensión
Plana

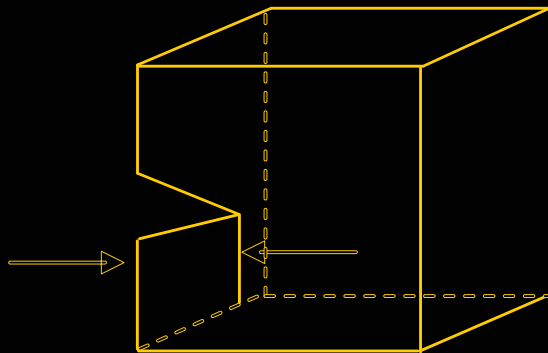
Def..
Plana



Bola
def



$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a}$$

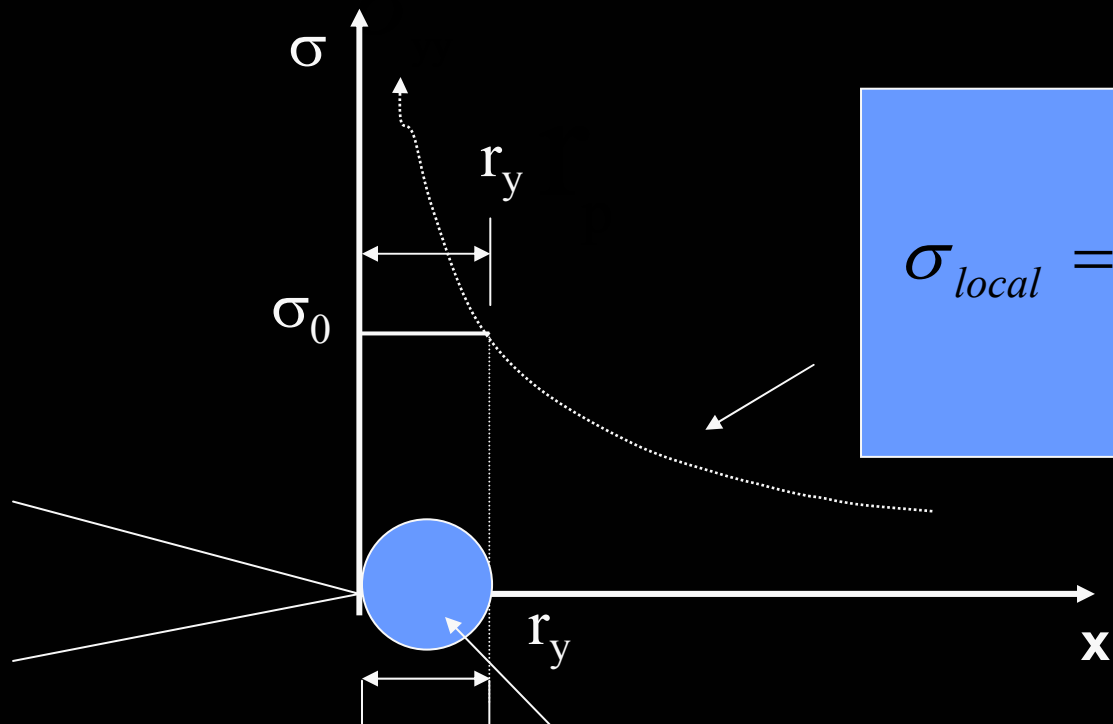


$$K_I = 1,12 \sigma \sqrt{\pi a}$$

Micromecanismos de Fractura

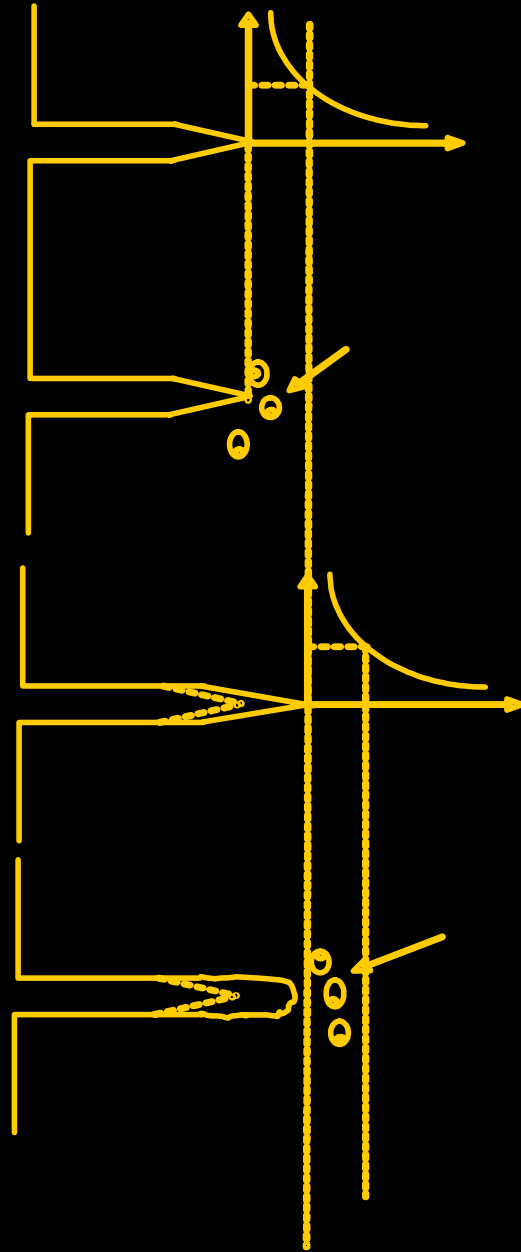
Fractura Dúctil

$$\sigma_{local} = \sigma \left(1 + \sqrt{\frac{a}{2r}} \right)$$



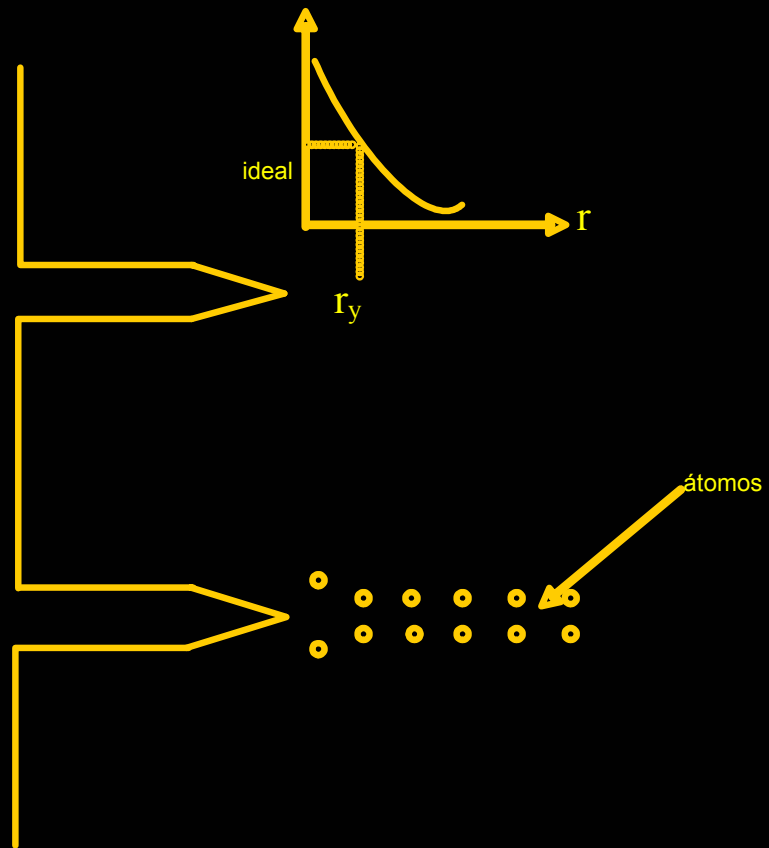
$$\sigma_{local} = \sigma \left(1 + \sqrt{\frac{a}{2r}} \right)$$

Zona plástica

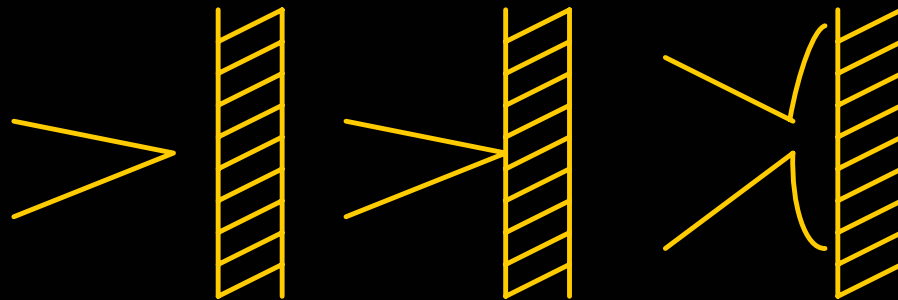


Micromecanismo
de
fractura dúctil.

Clivaje

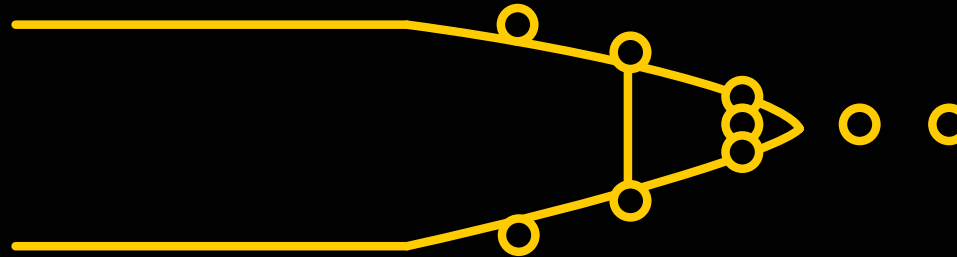


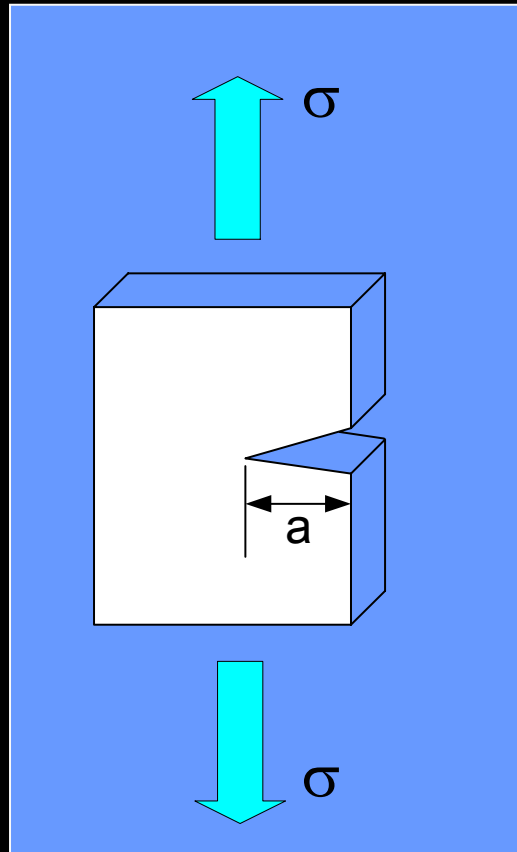
Materiales Compuestos



Efecto de la Fibra

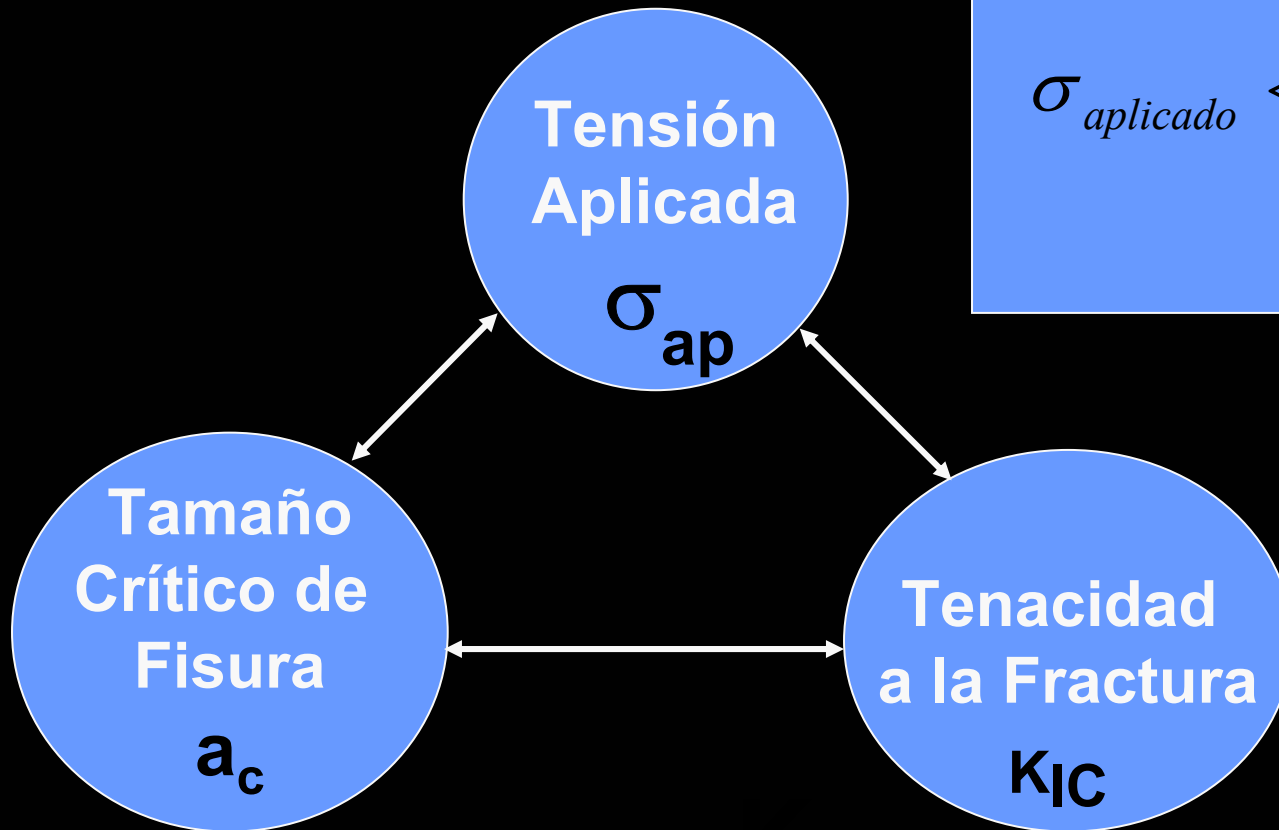
Reforzamiento de un polímero con partículas deformables



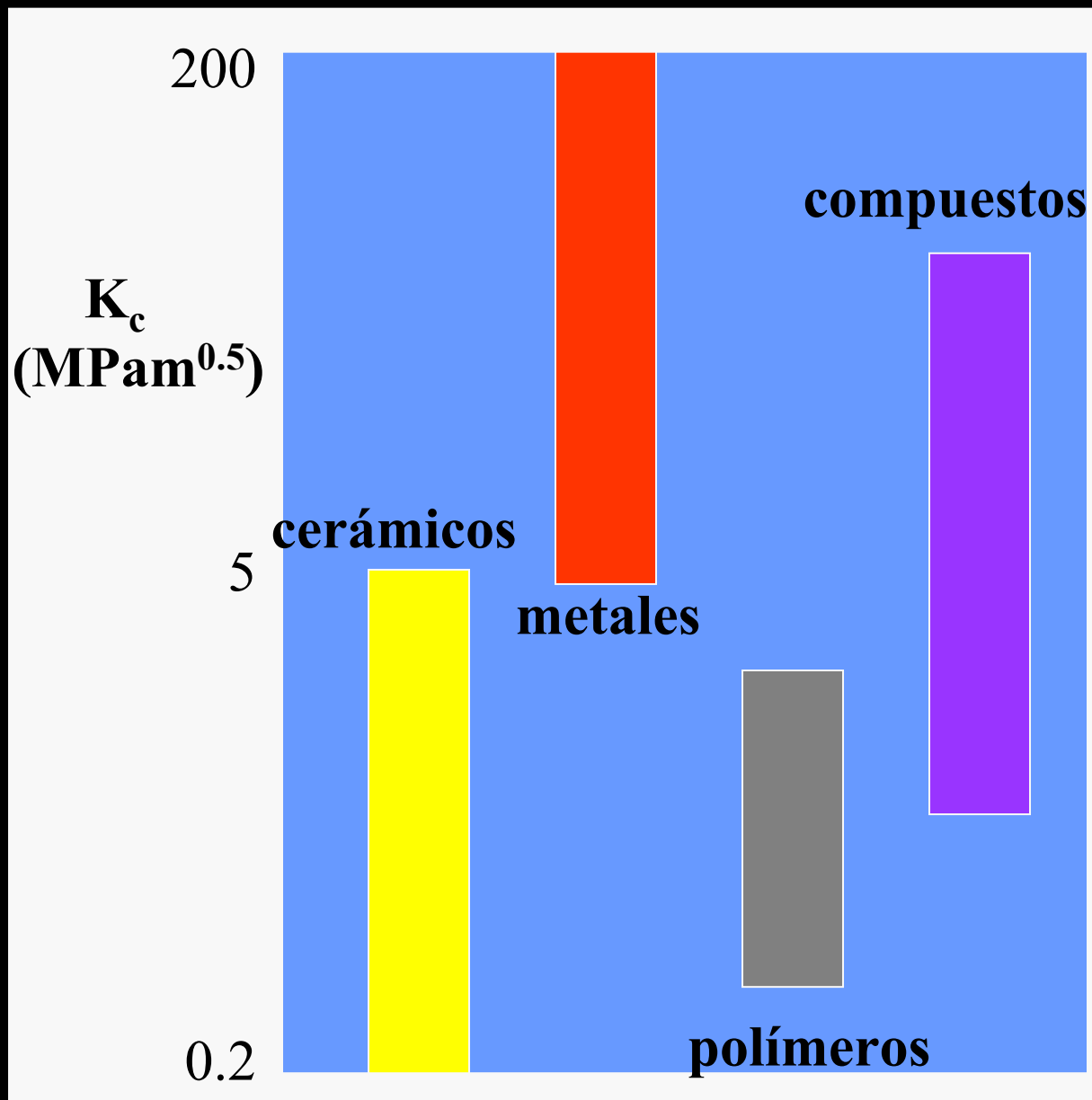


$$\sigma \sqrt{\pi a_c} = K_{IC}$$

K_{IC} en MPa m^{0.5}



$$\sigma_{aplicado} < \frac{K_{IC}}{\sqrt{\pi a_c}}$$



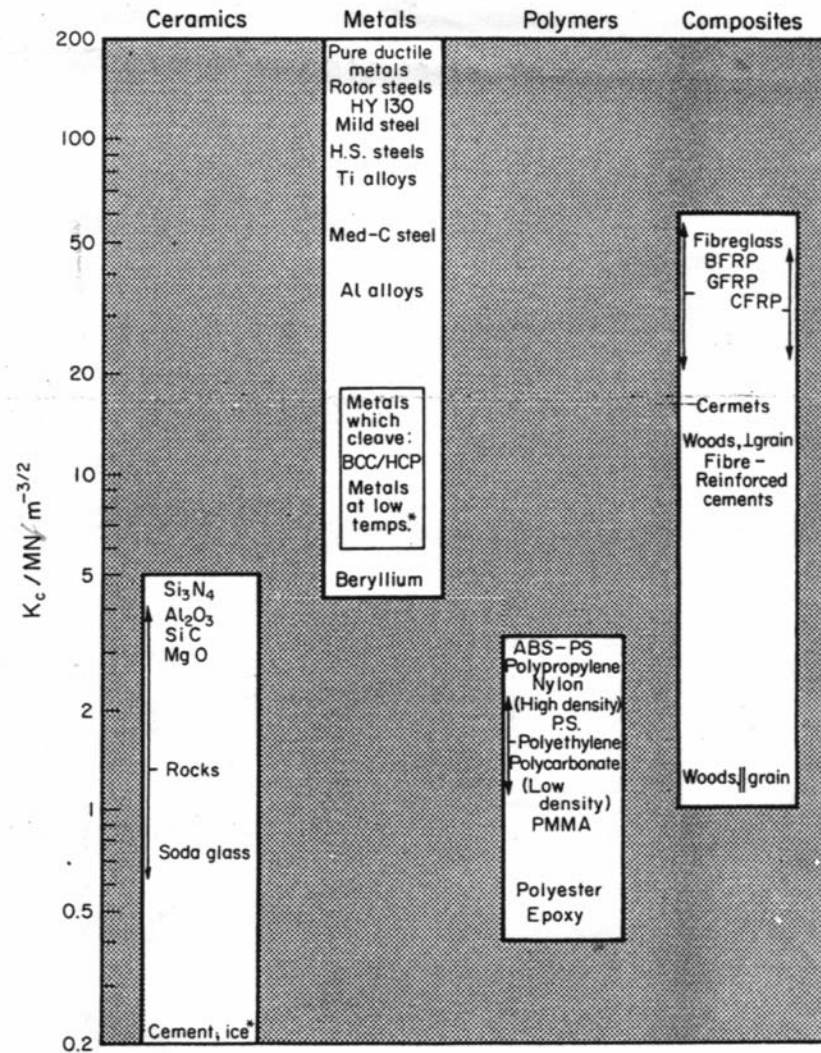
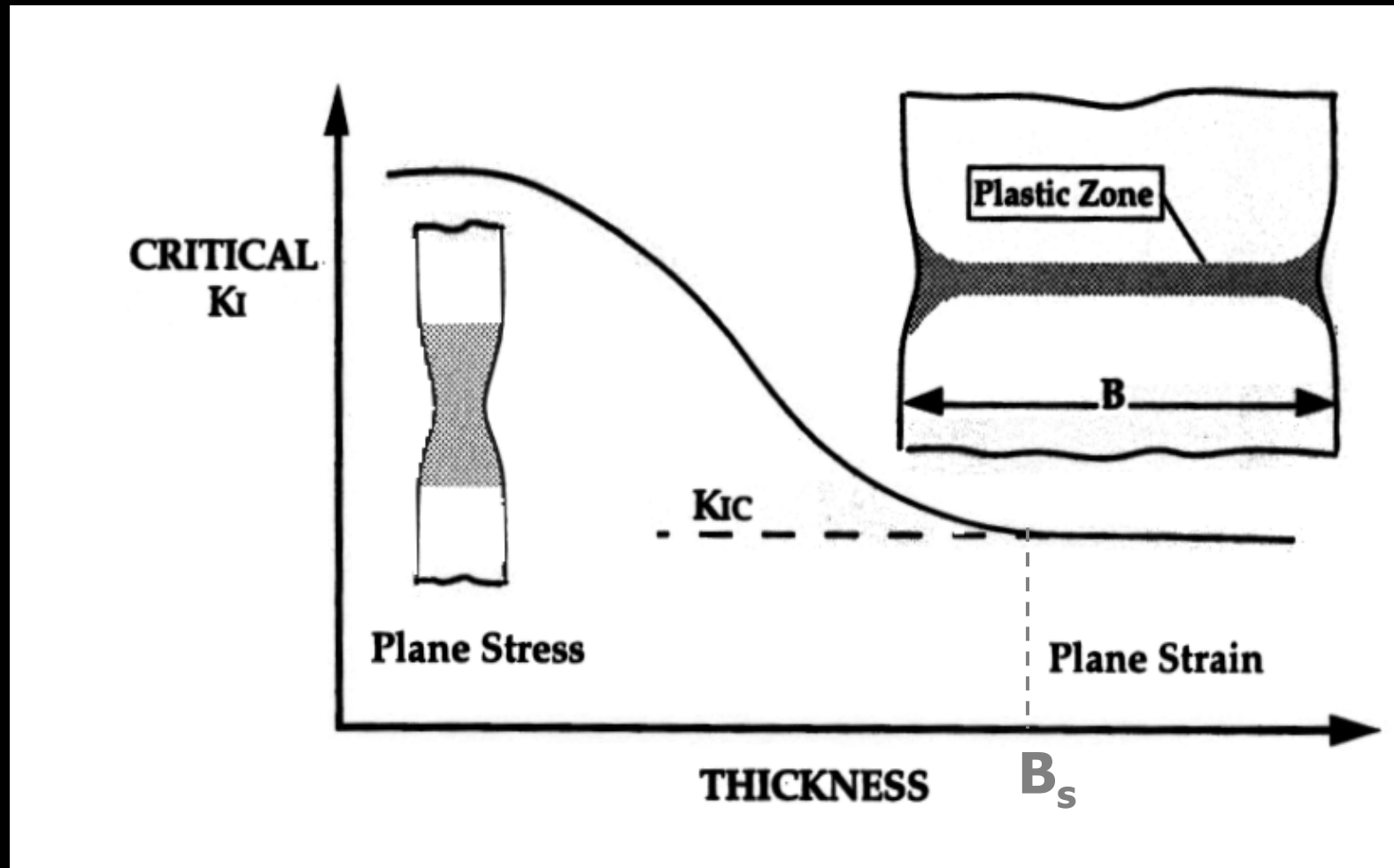


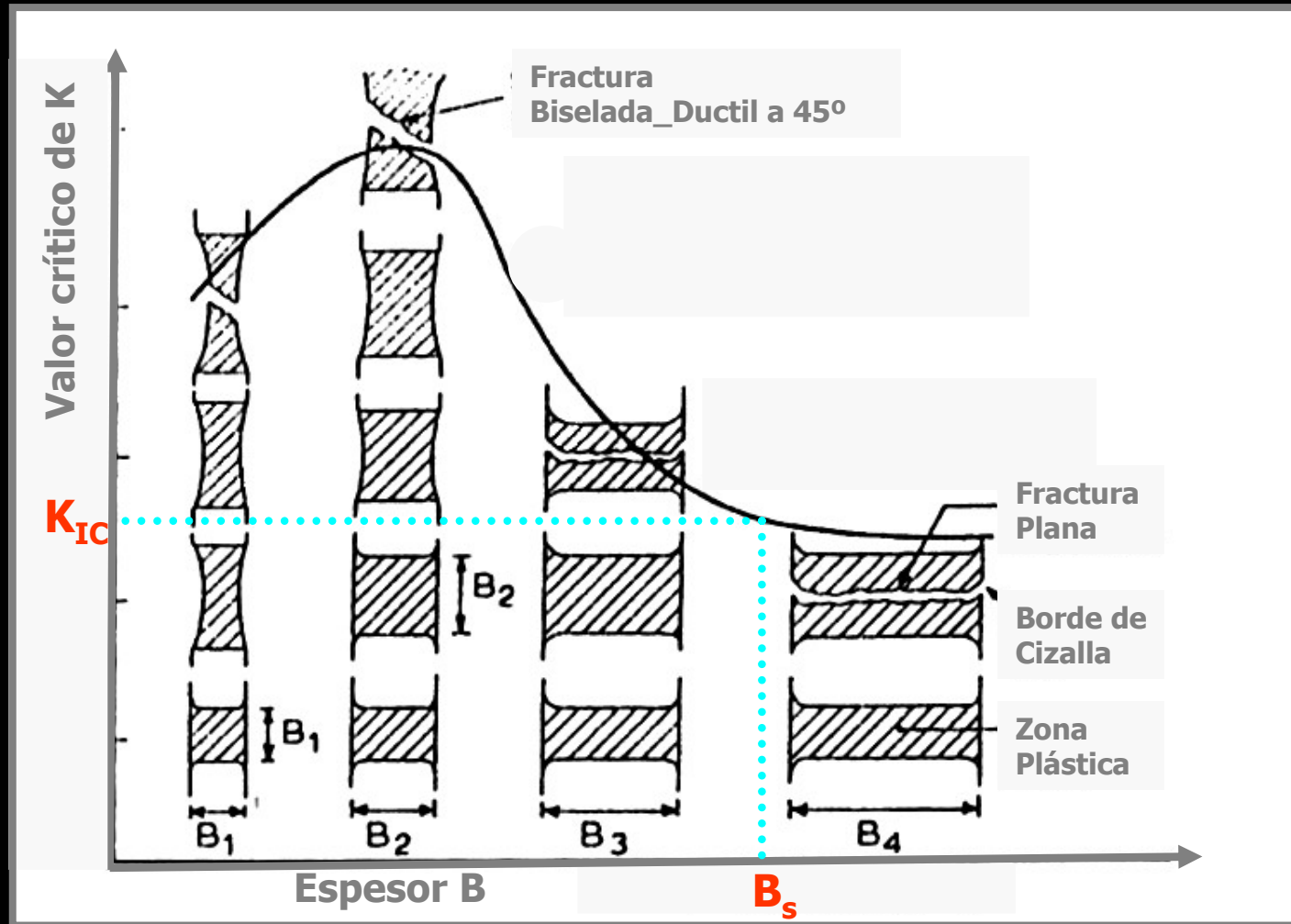
Fig. 13.6. Fracture toughness, K_{IC} (values at room temperature unless starred).

VALORES DE K_{IC}

Tenacidad de Fractura en Deformación Plana

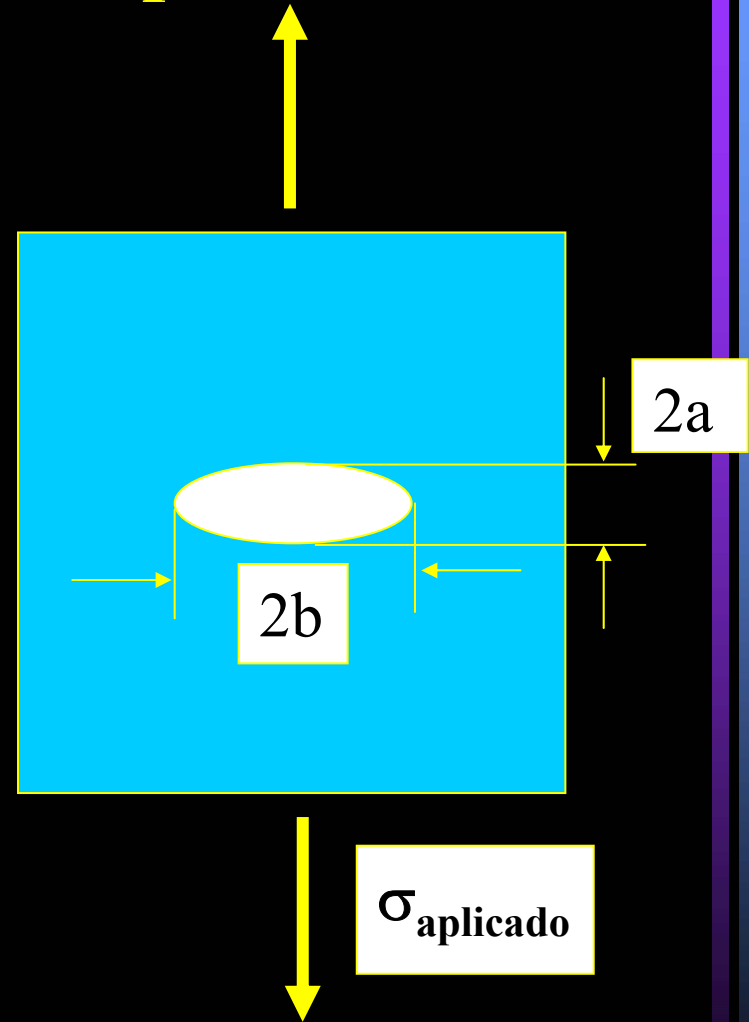


Tenacidad de Fractura en Deformación Plana

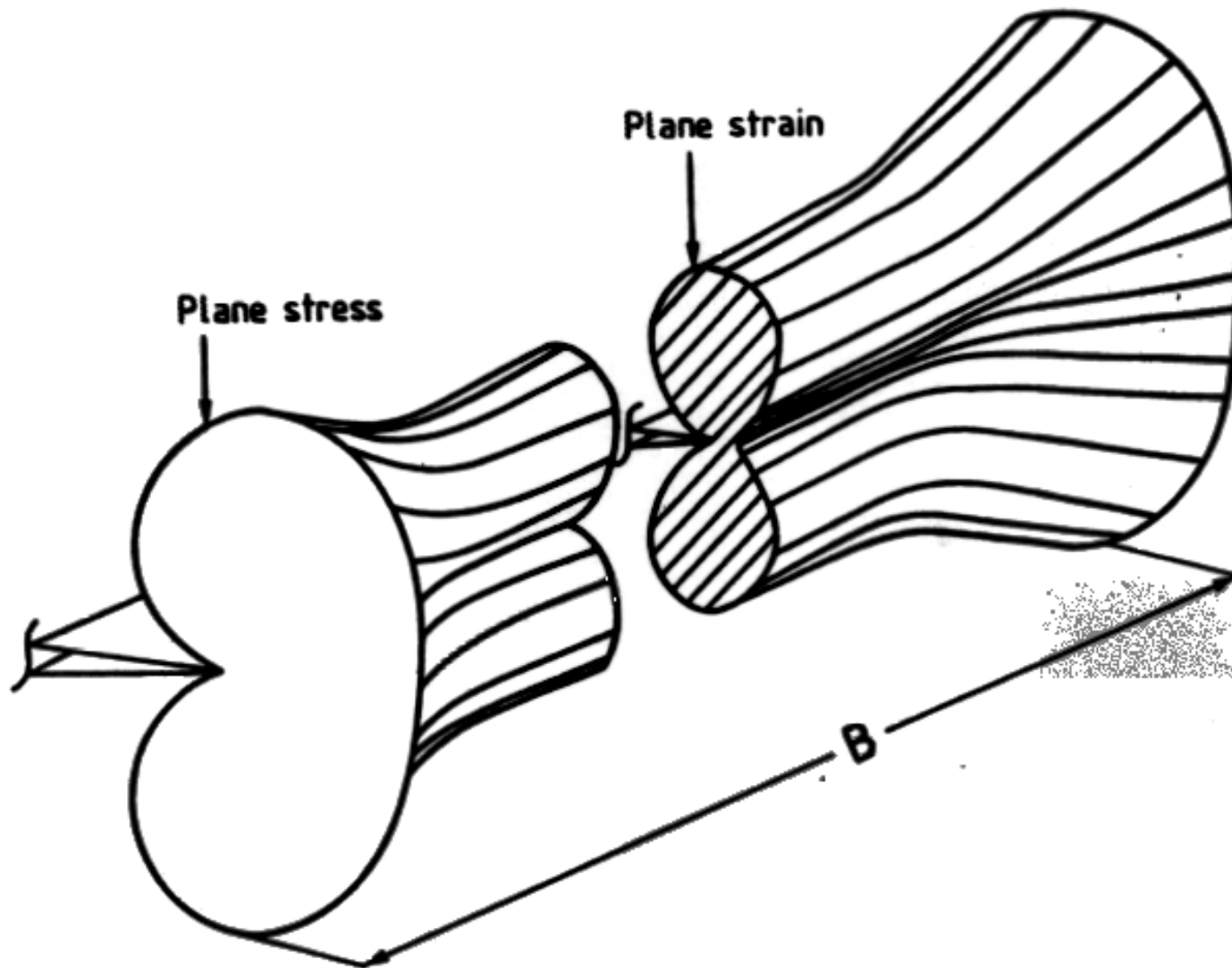


Problema de la fisura elíptica

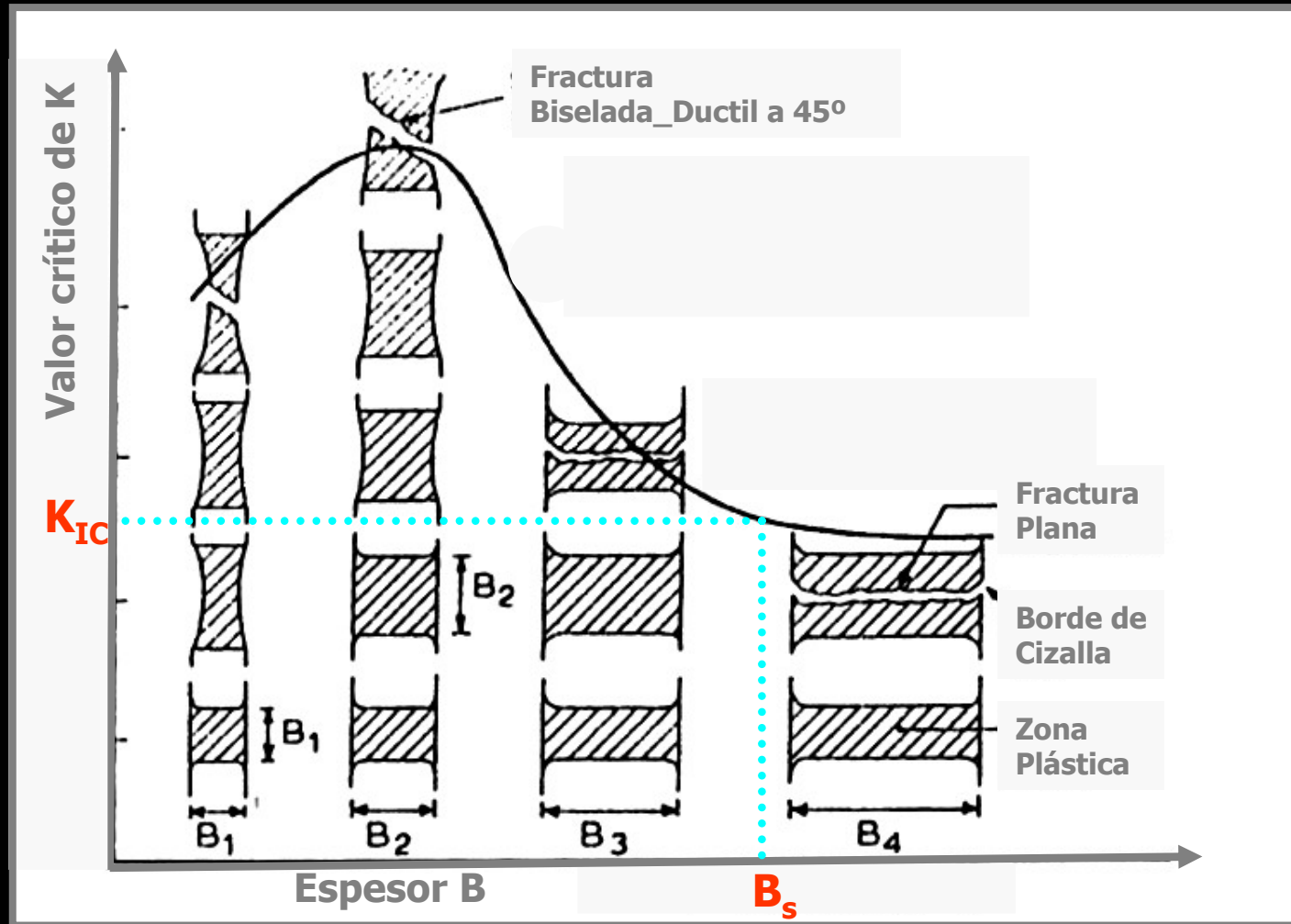
- Concentración de Esfuerzos en un agujero elíptico:
- $\sigma_{\text{local}} = \sigma_{\text{aplic}}(1+2b/a)$
- Si $a \rightarrow 0 \Rightarrow \sigma_{\text{local}} \rightarrow \infty$!!!!!



Esquema 3-D de la Zona Plástica en el Borde de Fisura de un Elemento de Espesor Finito

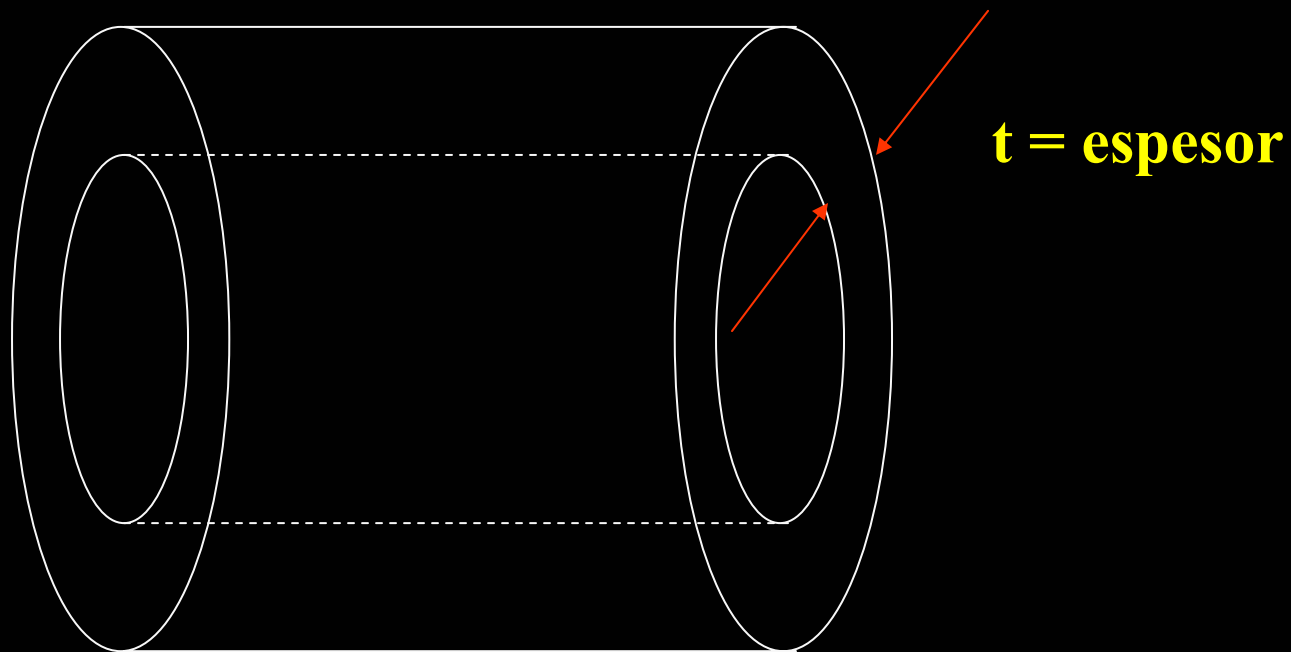


Tenacidad de Fractura en Deformación Plana



APLICACIÓN: CRITERIOS DE DISEÑO DE VASIJAS A PRESIÓN.

PROPULSIÓN NAVAL: CALDERAS



CRITERIO LBB (LEAK BEFORE BREAK)

LA VASIJA FILTRA ANTES DE ROMPERSE
CATASTRÓFICAMENTE

$$a_c = \frac{1}{\pi} \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_{apli}} \right)^2 \quad t < a_c$$

σ_{apli} es el esfuerzo aplicado, t es el espesor y a_c es el
máximo tamaño de grieta detectado

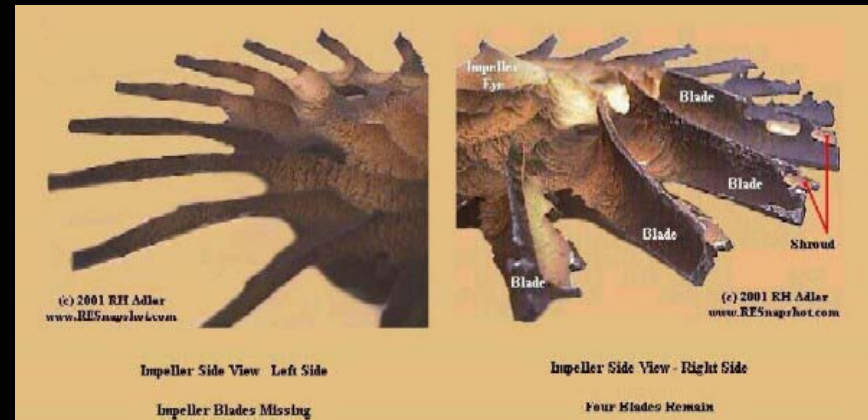
CRITERIO LBY (LEAK BEFORE YIELD)

LA VASIJA FILTRA ANTES DE FLUIR PLÁSTICAMENTE

$$a_c = \frac{1}{\pi} \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_0} \right)^2 \quad t < a_c$$

σ_0 es el límite elástico, t es el espesor y a_c es el máximo tamaño de grieta detectado

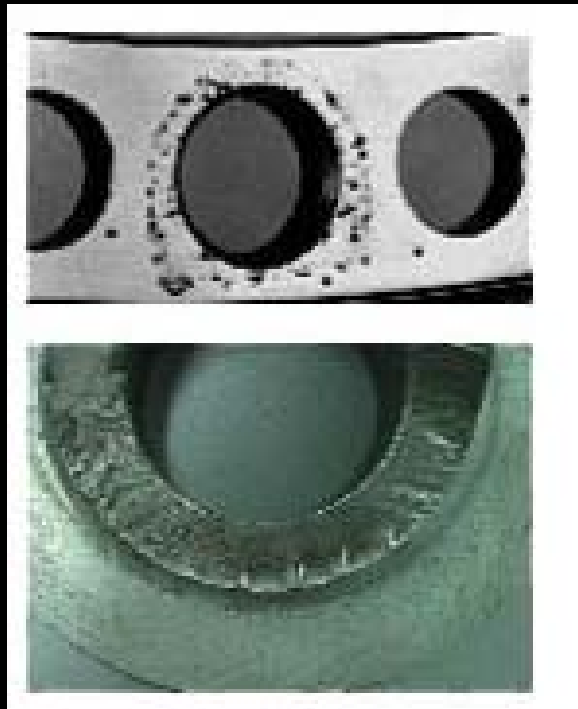
BOMBA DE ACHIQUE DE SENTINA. LA FALLA OCURRIÓ POR CORROSIÓN FATIGA.



FALLA POR CORROSIÓN GALVÁNICA DE UNA BOMBA SUMERGIDA



FALLA POR CORROSIÓN BAJO Tensión DE UN COJINETE PERTENECIENTE A UN LATÓN NAVAL



DAÑO POR CORROSIÓN MICROBIOLÓGICA



FLANGE EN TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
DRENAJE DE AGUAS SERVIDAS