



UNIVERSIDAD
NEBRIJA

MABH IME 108 – CÁLCULO, DISEÑO Y ENSAYO DE MÁQUINAS

1

TEMA 3. RESISTENCIA A LA FATIGA

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

RESISTENCIA A LA FATIGA

1. Introducción.
2. Mecanismo de propagación
3. Enfoques para el análisis a fatiga
4. Cargas cíclicas
5. Diagrama S-N
6. Ecuación de Marin
7. Análisis con tensiones medias no nulas
8. Daño acumulado por fatiga
9. Tensiones multiaxiales

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

1. INTRODUCCIÓN

- Tipos de cargas
 - Fuerzas
 - Momentos
- - Estáticas
 - Invariables con el tiempo
 - CRITERIOS ESTÁTICOS (TEMA 2)
- - Dinámicas
 - Variables con el tiempo
 - **FATIGA (TEMA 3 - ACTUAL)**

Cartagena99

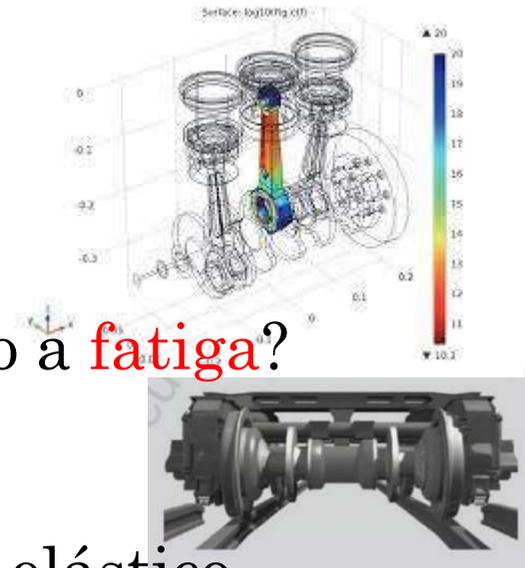
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

1. INTRODUCCIÓN



- ¿Cuándo un componente se ve sometido a **fatiga**?
 - **Cuando soporta cargas alternadas**
 - Ej. **Rueda ferrocarril, biela de un motor**, etc.
- Si diseño siempre por debajo del límite elástico
¿Estará mi diseño seguro?
 - **¡¡NO!! Las piezas se rompen por debajo de su límite elástico cuando están sometidas a cargas alternadas.**
- ¿Qué porcentaje de piezas fallan a fatiga en servicio?
 - El **¡¡90%!! August Whöler (1920)**. Ing. Ferrocarriles.
 - Propuso **límites a las tensiones en función del número de ciclos** que soportaron por una pieza.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

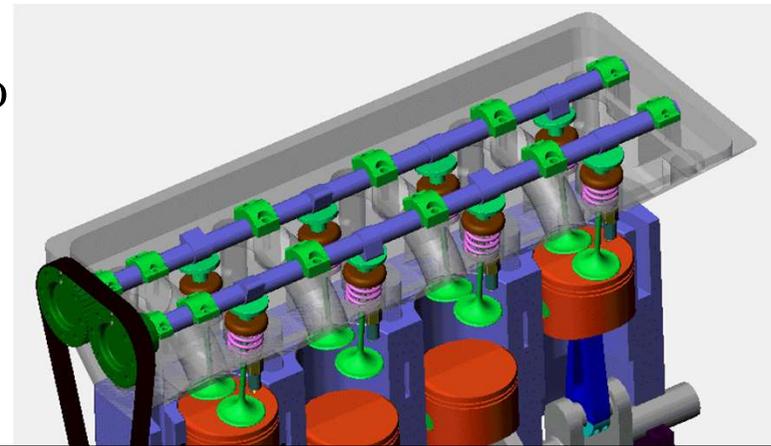
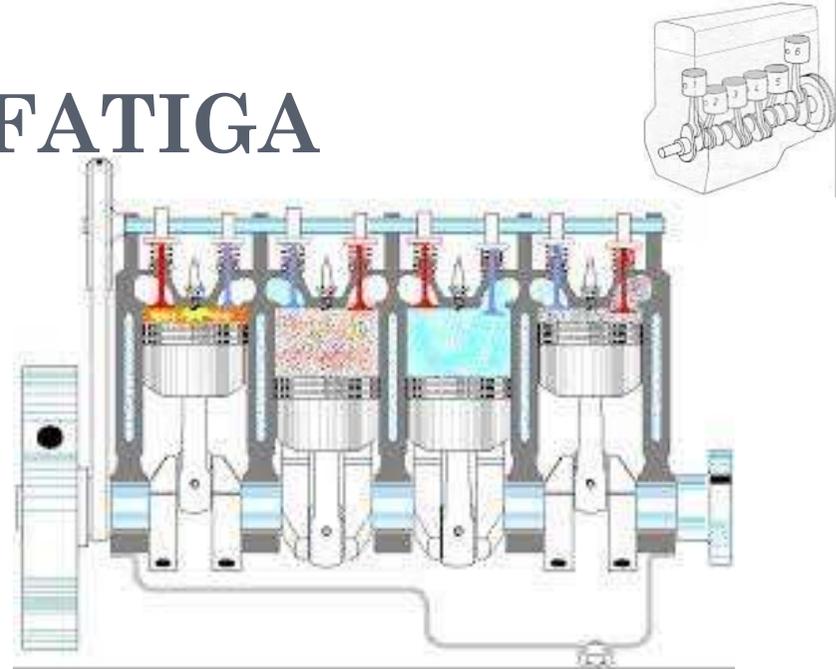
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

1. INTRODUCCIÓN

- En máquinas las **cargas suelen ser repetitivas**, fluctuantes y/o rápidamente aplicadas
- Tensiones fluctuantes (incluso inferiores al límite elástico del material) **pueden provocar fallo por FATIGA.**
- Primeras investigaciones: Ensayos de cadenas del Ingeniero de Minas alemán Albert (1829)
- Se desarrollan las teorías básicas a partir de la utilización masiva del ferrocarril (siglo XIX). **Ingeniero de ferrocarriles alemán Whöler.**



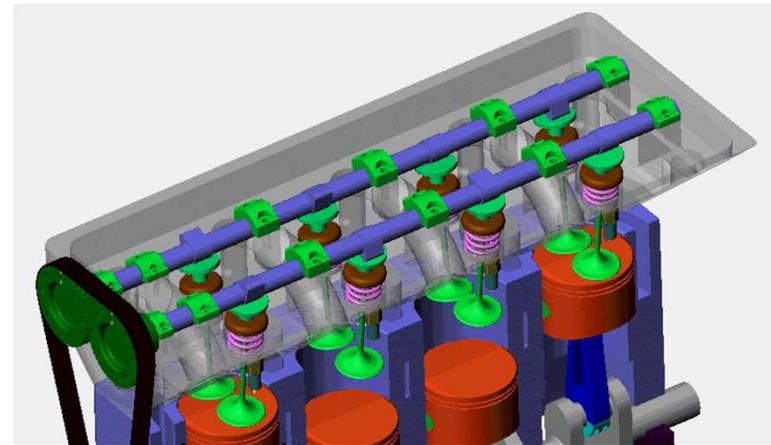
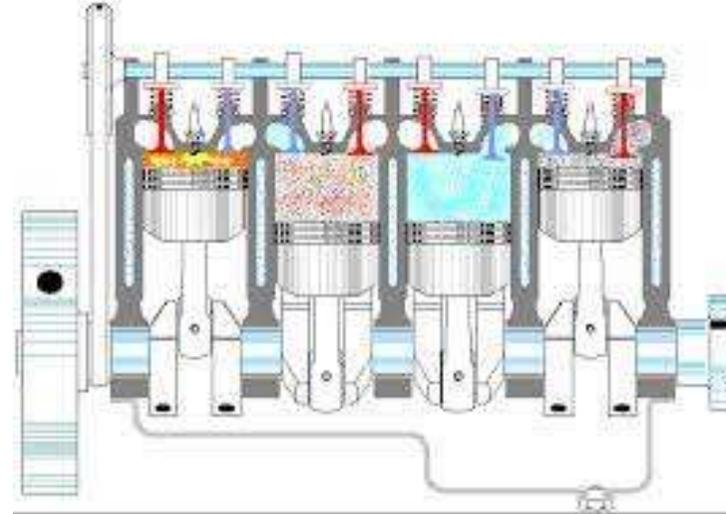
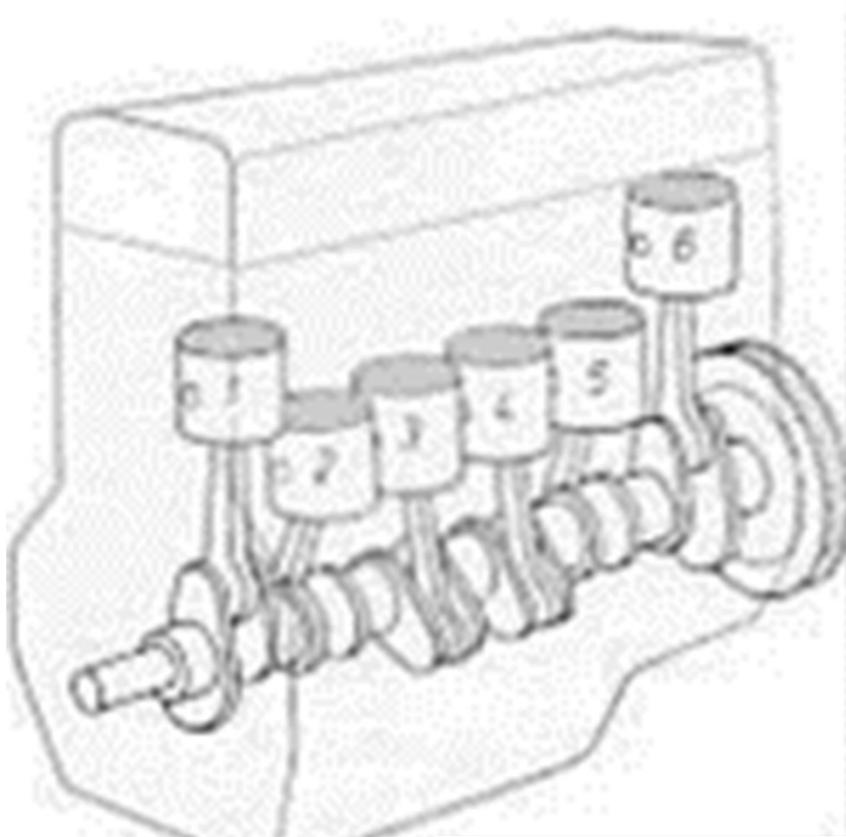
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

RESISTENCIA A LA FATIGA

1. INTRODUCCIÓN



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

RESISTENCIA A LA FATIGA

1. INTRODUCCIÓN

- Cuando las partes de máquinas fallan estáticamente, por lo general desarrollan una deflexión muy grande, puesto que el esfuerzo sobrepasó el límite elástico; por ello la parte se reemplaza antes de que en realidad suceda la fractura. De esta manera la falla estática proporciona una advertencia visible.
- Pero una **falla por fatiga NO proporciona ninguna advertencia**. Es repentina y total y, por ende, peligrosa.
- Es relativamente simple diseñar contra la falla

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

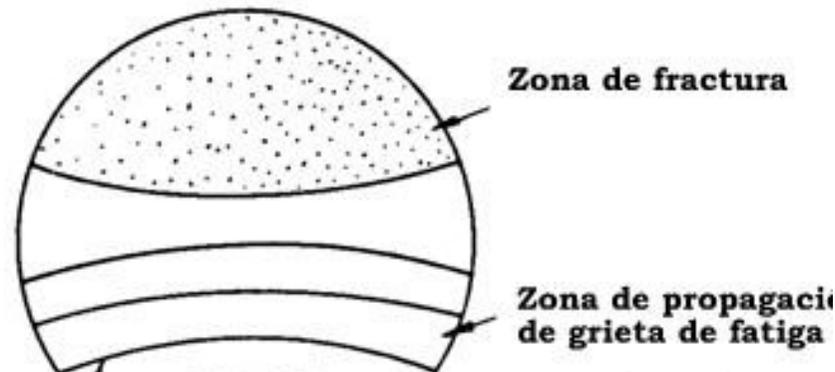
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

1. INTRODUCCIÓN

- En la rotura por fatiga aparece una **microgrieta**, que crece a medida que se realizan ciclos de carga.
- Cuando la grieta crece tanto que **la sección residual no puede soportar la carga máxima del ciclo**, el material de esa sección **rompe** de forma frágil o dúctil.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

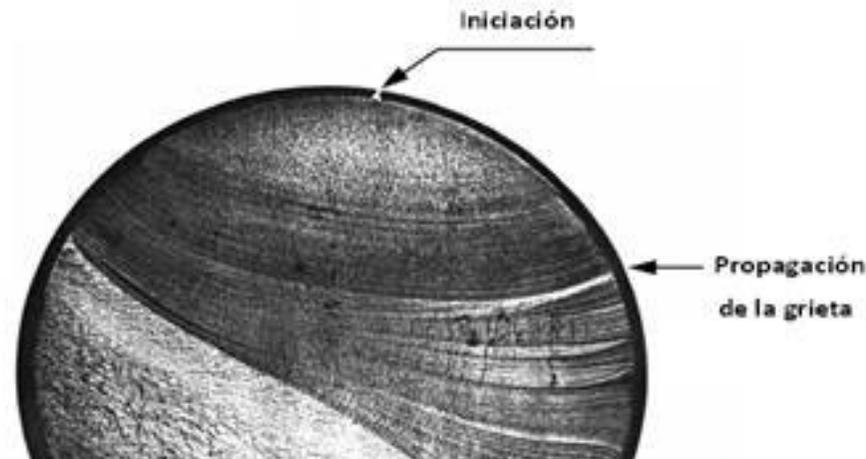
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

1. INTRODUCCIÓN

- El fallo puede ser **localizado** (en zonas con tensiones o deformaciones elevadas)
- O **progresivo** (inicio y propagación de grietas hasta la fractura final **rápida**)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

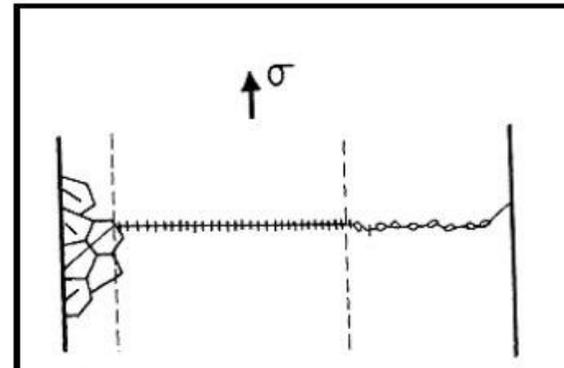
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

1. INTRODUCCIÓN

- Definición fatiga:
 - (ASTM Y 1150-87-1993) “proceso de **cambio estructural permanente, progresivo y localizado**, producido por tensiones o deformaciones **fluctuantes** en algún punto o puntos del material, y que puede culminar en **grietas o fractura completa** después de un número suficiente de **ciclos de carga.**”
- Etapas (estadios) de la fatiga
 - I. Nucleación (iniciación)
 - II. Propagación
 - III. Rotura



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

○ INICIO DE LA GRIETA (NUCLEACIÓN)

- El proceso de iniciación es “esencialmente” **superficial** (en la superficie del sólido). Raramente ocurre en el interior del mismo. ¿Por qué?
 1. La **concentración de tensiones es mayor**.
 2. La **deformación plástica es más amplia en esa región**.
 3. Los **crisales** están menos soportados (**es más fácil el deslizamiento**)
 4. Acción de las **condiciones ambientales**.
- Evidencias experimentales revelan que las grietas de fatiga se inician en una región extremadamente pequeña (**<0.5 μm**)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

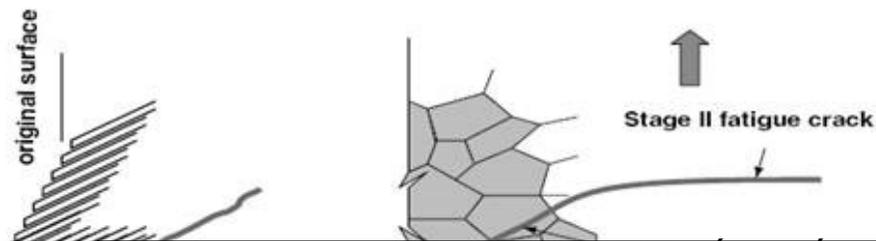
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

○ INICIO DE LA GRIETA (NUCLEACIÓN)

- En material **frágil** se inicia en un defecto o discontinuidad (microgrietas, inclusiones)
- En material **dúctil** sin concentrador de tensiones, la secuencia es:
 1. Formación de bandas de deslizamiento
 2. Formación de extrusiones e intrusiones
 3. Desarrollo de grietas en intrusiones



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

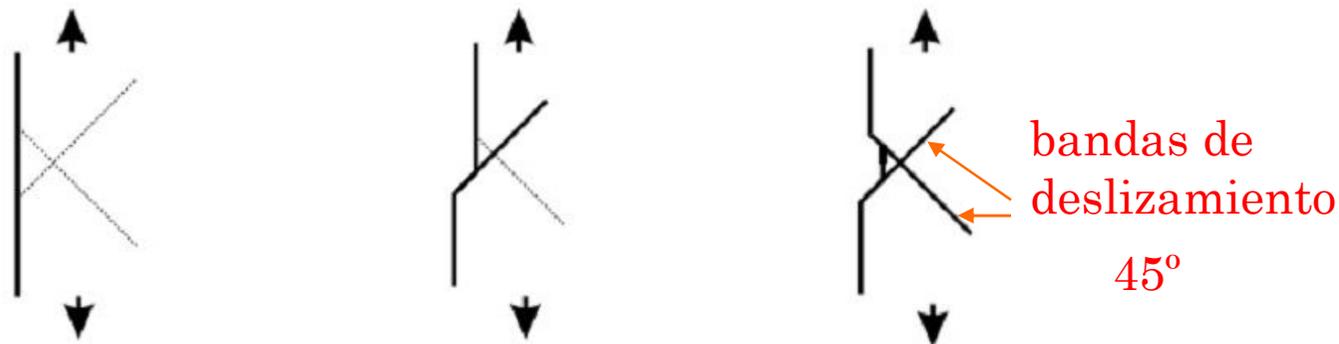
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

○ Intrusiones y extrusiones

- La formación de intrusiones y extrusiones parece ser una extensión de formación de bandas de deslizamiento, requiriendo irreversibilidad del proceso.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

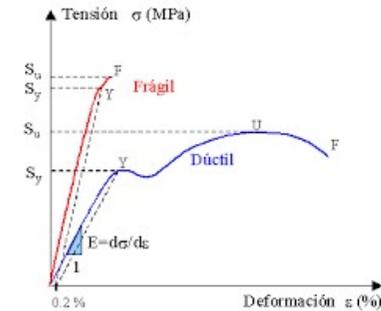
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

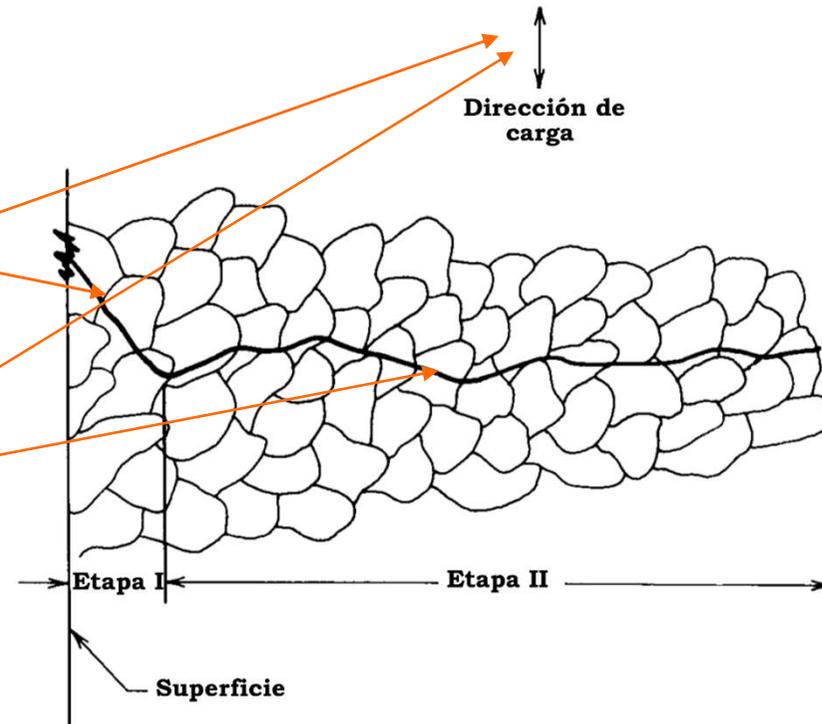
RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

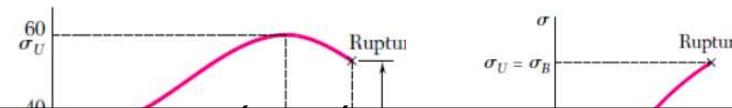


En metales **dúctiles**:

- Etapa I: Crecimiento de banda de deslizamiento (plano de τ elevada 45°)
- Etapa II: Unión de grietas y crecimiento en plano (perpendicular a la σ máxima plano de la dirección principal)



En metales **frágiles** crece directamente en planos



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

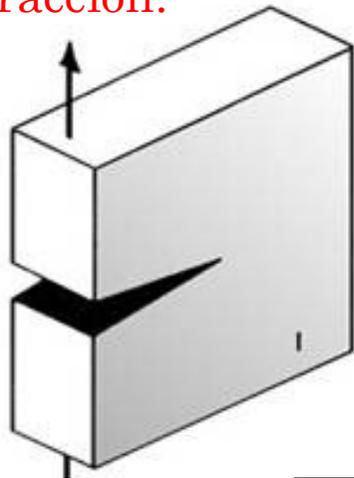
RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

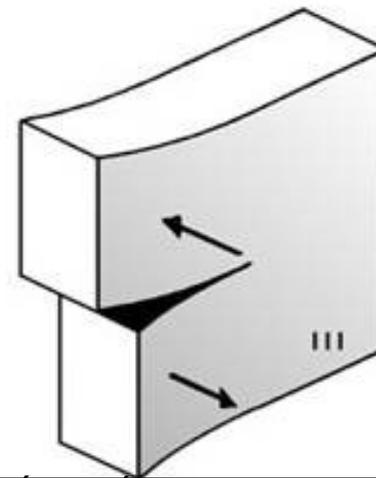
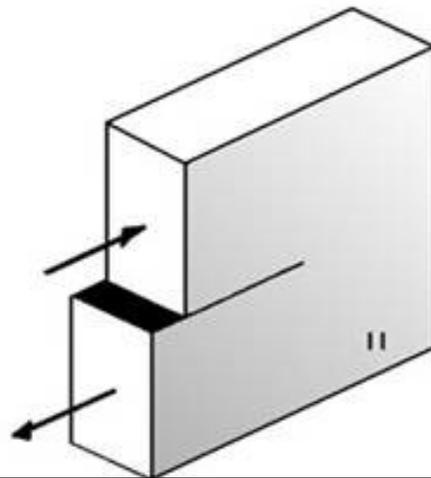
◦ Modos de carga (Broek 1989) :

- La mayoría de las grietas resultan del modo I
- Los otros dos modos no ocurren individualmente, pero pueden ocurrir en combinación con el modo I.

Tracción.



Cortante-cizalladura



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

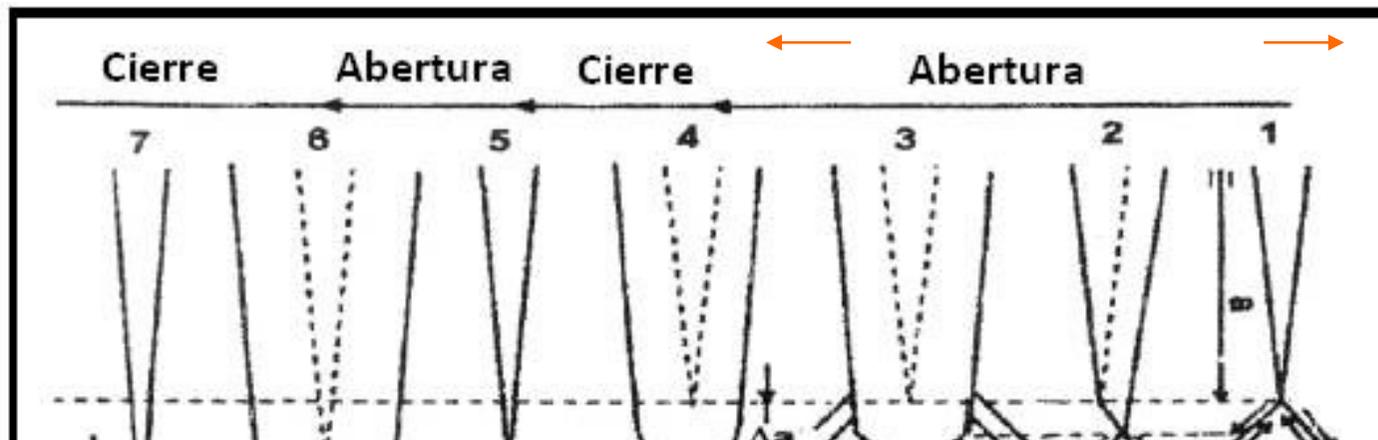
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

- Ciclos de carga (Broek 1986) :
 - Crecimiento de la grieta por proceso de deslizamiento reverso
 - Tras la **nucleación**, en la **propagación**, la grieta crece **rápidamente** (Fase II de la Fatiga)



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Concentracion tensiones.

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

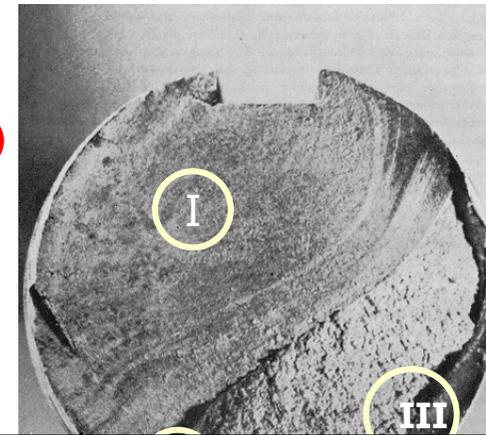
RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

- Se producen grietas hasta producir la rotura
- Generalmente grietas finas y de difícil detección
- Rotura sin previo aviso, con pequeñas deformaciones estructurales para **tensiones por debajo de la resistencia estática**
 1. I. Iniciación (propagación lenta)
 2. II. Propagación (crecimiento rápido)
 3. III. Rotura

Iniciación del defecto
microscópico superficial

Área de crecimiento de



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

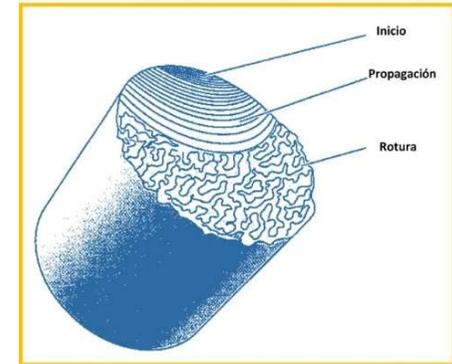
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. .

RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

- Una falla por fatiga tiene una apariencia similar a la fractura frágil. Las superficies de la fractura son planas y perpendiculares al eje del esfuerzo con la ausencia de adelgazamientos.
- Sin embargo las características de la fractura por fatiga son muy diferentes a la fractura frágil estática y surgen a partir de **tres etapas de desarrollo**.
 - Etapa I. Inicio de una o más micro grietas debido a la deformación plástica cíclica seguida de propagación cristalográfica que se extiende de dos a cinco grados del origen. Normalmente las grietas de esta etapa no pueden verse a simple vista.
 - Etapa II. Las micro grietas se convierten en macro y forman superficies paralelas en forma de meseta separadas por crestas longitudinales. Las mesetas son suaves y normales a la dirección del esfuerzo máximo en tensión. Estas superficies pueden tener marcas oscuras y claras conocidas como "marcas de playa". Durante las cargas cíclicas estas superficies se abren y cierran, frotándose entre sí.
 - Etapa III. Ocurre durante el ciclo del esfuerzo final,



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

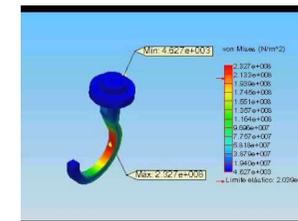
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

- Aspecto macroscópico de las roturas por fatiga

| Tensión nominal alta | | | Tensión nominal baja | | |
|------------------------|---------------|----------------|----------------------|---------------|----------------|
| Lisa | Entalla media | Entalla fuerte | Lisa | Entalla media | Entalla fuerte |
| | | | | | |
| Carga axial | | | | | |
| | | | | | |
| Flexión unidireccional | | | | | |
| | | | | | |
| Flexión bidireccional | | | | | |
| | | | | | |



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

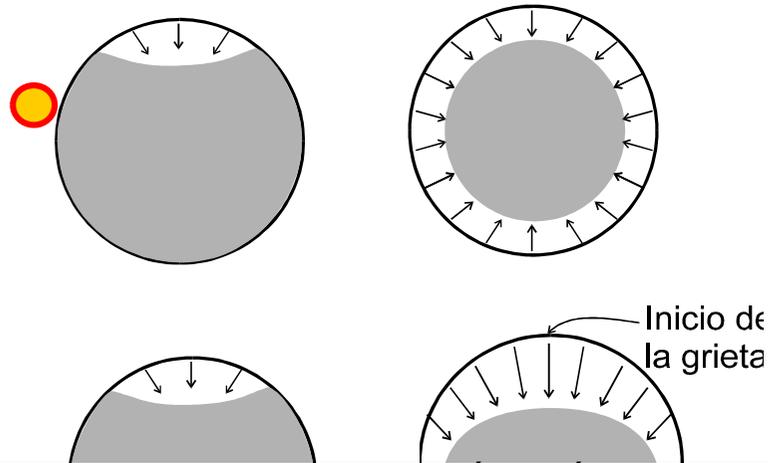
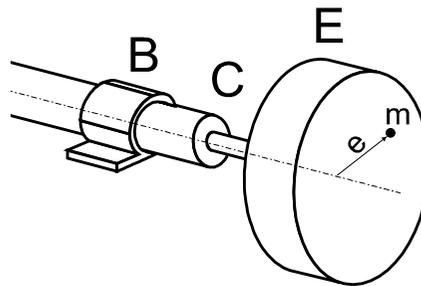
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

○ Ejemplo eje rotativo desequilibrado

La figura siguiente muestra un eje, apoyado en los rodamientos A y B que gira a velocidad angular constante. En su extremo derecho E tiene un volante de inercia de **gran masa**, de valor **M** . En el volante existe una masa descentrada **m** . Debido a que el diámetro en C es **excesivamente pequeño**, el componente falla por dicha sección. ¿Cuál de las siguientes figuras representa mejor el



| Tensión nominal alta | | | Tensión nominal baja | | |
|------------------------|---------------|----------------|----------------------|---------------|----------------|
| Lisa | Entalla media | Entalla fuerte | Lisa | Entalla media | Entalla fuerte |
| | | | | | |
| Carga axial | | | | | |
| | | | | | |
| Flexión unidireccional | | | | | |
| | | | | | |
| Flexión bidireccional | | | | | |
| | | | | | |
| Flexión rotativa | | | | | |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

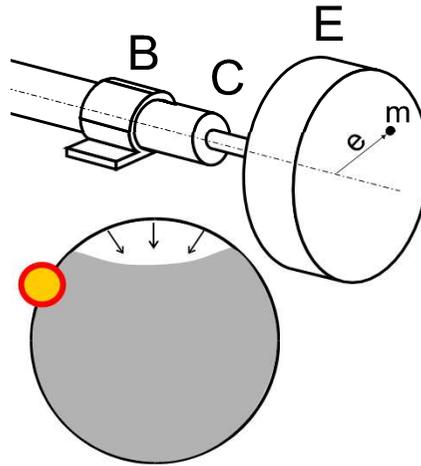
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

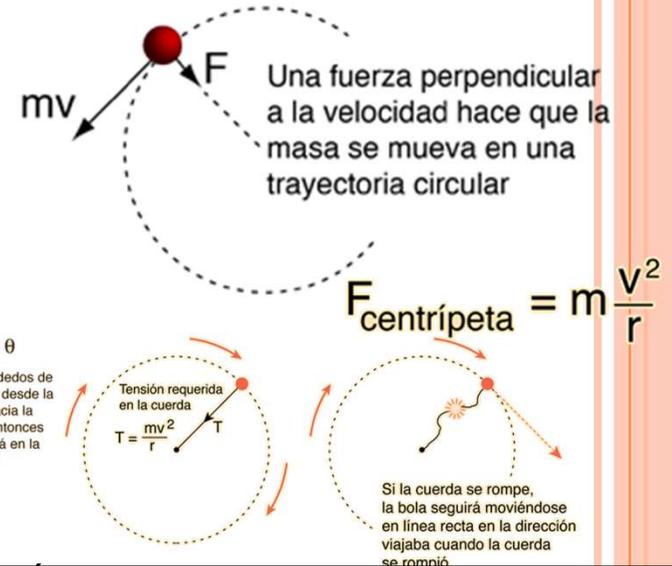
2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

○ Ejemplo eje rotativo desequilibrado

La figura siguiente muestra un eje, apoyado en los rodamientos A y B que gira a velocidad angular constante. En su extremo derecho E tiene un volante de inercia de **gran masa**, de valor **M**. En el volante existe una **masa descentrada m**. Debido a que el diámetro en C es **excesivamente pequeño**, el componente falla por dicha sección. ¿Cuál de las siguientes figuras representa mejor el



| Tensión nominal alta | | | Tensión nominal baja | | |
|------------------------|---------------|----------------|----------------------|---------------|----------------|
| Lisa | Entalla media | Entalla fuerte | Lisa | Entalla media | Entalla fuerte |
| | | | | | |
| Carga axial | | | | | |
| | | | | | |
| Flexión unidireccional | | | | | |
| | | | | | |
| Flexión bidireccional | | | | | |
| | | | | | |
| Flexión rotativa | | | | | |



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

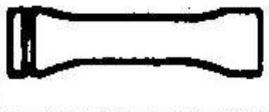
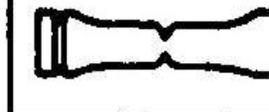
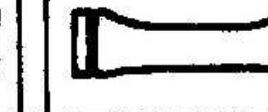
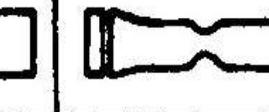
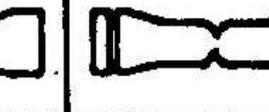
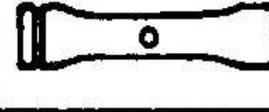
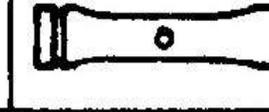
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

- Aspecto macroscópico de las roturas por fatiga

| Tensiones nominales altas | | | Tensión nominal baja | | |
|---|---|--|---|---|---|
| Lisa | Entalla media | Entalla fuerte | Lisa | Entalla media | Entalla fuerte |
| Entallas exteriores | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| Entallas interiores | | | | | |
| |  |  | |  |  |
| Carga axial | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

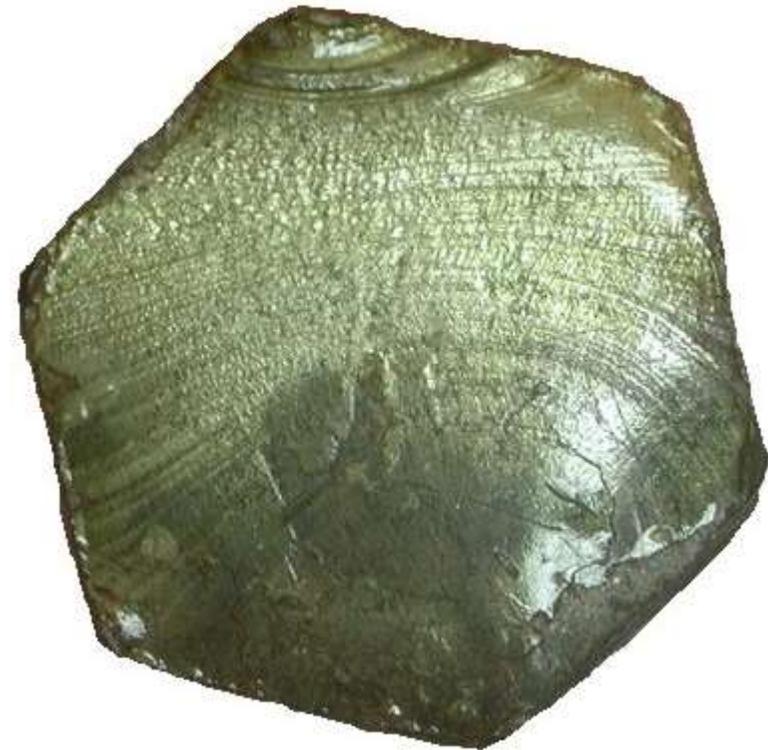
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MARI

RESISTENCIA A LA FATIGA

2. MECANISMO DE PROPAGACIÓN

- Aspecto macroscópico de las roturas por fatiga
 - **Marcas concoidales (concha)** en la zona de crecimiento de grieta (apertura y cierre de grieta e interacción de superficies, variación de velocidad de crecimiento de grieta, interacción con el ambiente.
 - **Deformación permanente global reducida**
 - **Deformación plástica localizada en nucleación y crecimiento** (no



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

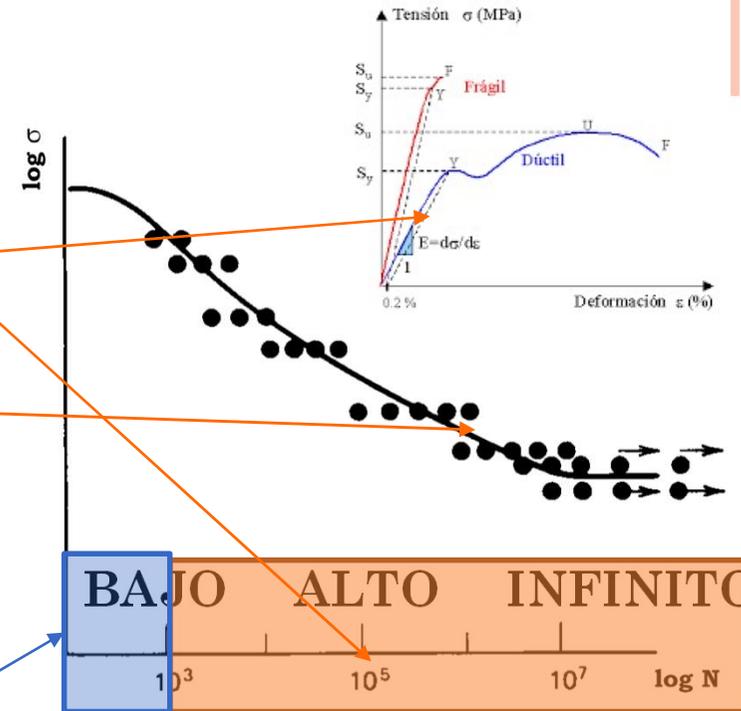
3. ENFOQUES PARA EL ANÁLISIS A FATIGA

ALTO CICLO

- Miles de ciclos para el fallo ($N > 10^3$)
- Tensiones bajas sin fluencia
- σ y ϵ son proporcionales
- Enfoque en tensiones.
- Gráficas S-N
 - Gráfica de vida de una probeta vs rango de tensiones + correcciones.

BAJO CICLO

- Tensiones elevadas y vidas cortas
- Existe plasticidad $\Rightarrow \sigma$ vs ϵ no lineal \Rightarrow enfoque deformaciones
- Gráficas ϵ -N



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

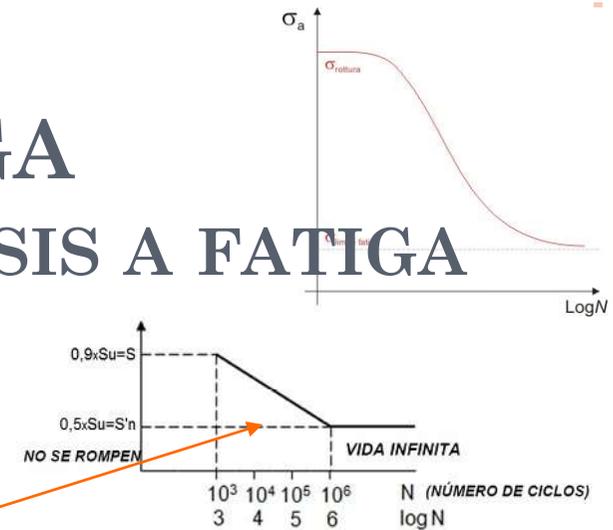
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

3. ENFOQUES PARA EL ANÁLISIS A FATIGA

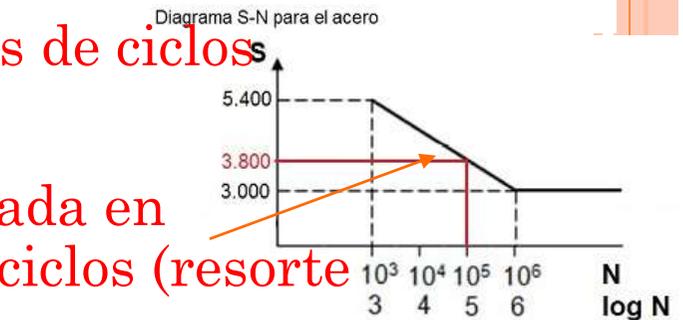
○ DISEÑO PARA VIDA INFINITA

- Criterio más antiguo
- Tensiones de diseño < límite de fatiga
- Para componentes sometidos a millones de ciclos



○ DISEÑO PARA VIDA SEGURA

- Componentes a la máxima carga esperada en servicio fallan tras cientos de miles de ciclos (resorte de suspensión, rodamientos, ...)
- Se debe incluir un margen de seguridad (dispersión estadística y otros factores)
- El margen de seguridad puede considerarse en vida, en cargas, o ambos.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

40 años funcionando.

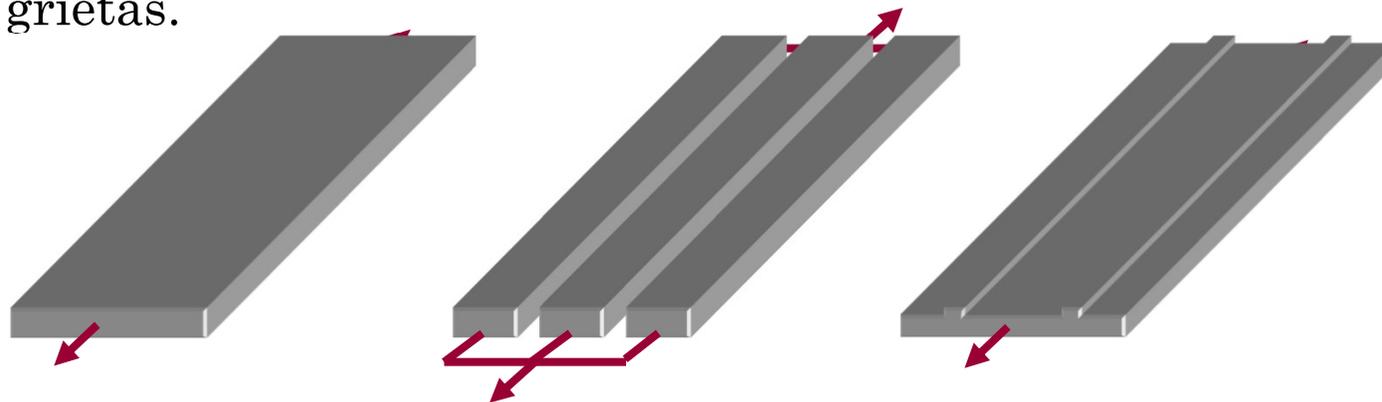
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

3. ENFOQUES PARA EL ANÁLISIS A FATIGA

○ DISEÑO SEGURO AL FALLO

- Criterio desarrollado por **ingenieros aeronáuticos**
- Diseño en el que **las grietas no pongan en peligro la integridad estructural antes de ser detectadas.** Revisiones aviones.
- Métodos: Varios caminos de transmisión de fuerzas y detección de grietas.



○ DISEÑO TOLERANTE AL FALLO

- **Asegurar que las grietas se detectarán por inspección periódica**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

3. ENFOQUES PARA EL ANÁLISIS A FATIGA

- Boeing 737. Vuelo 243 de Aloha Airlines, 28 de abril de 1988. 89 pasajeros y 6 tripulantes.
- Fallo por fatiga con corrosión junto a uniones remachadas durante el vuelo. Mal mantenimiento.



Siguen apareciendo grietas en los Boeing 737 NG

11 noviembre, 2019



Foto de archivo Boeing 737 NG de Lion Air (Foto: REUTERS/Willy Kurniawan).

Ryanair: los más antiguos

Ryanair do, no obstante, haber retirado de servicio a un número de aviones Boeing 737 tras detectar problemas estructurales, los cuales ya está reparando, más de 70 de sus aviones más antiguos.

No obstante, Ryanair rechazó que estos problemas estén relacionados con los llamados *pickle forks*, la estructura que une las alas con el fuselaje del avión, según

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

tierra para reparaciones, dijo un portavoz de la aerolínea.

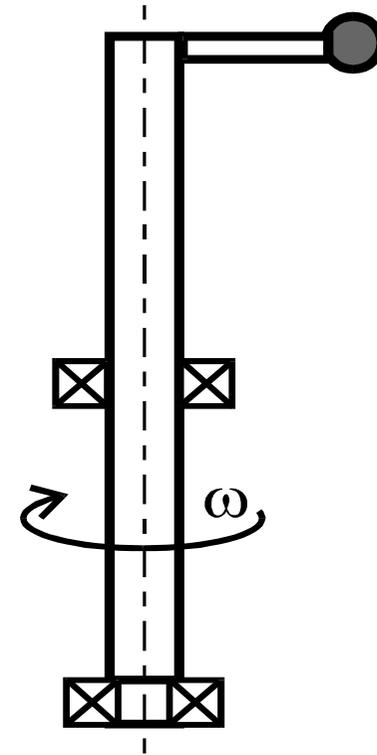
RESISTENCIA A LA FATIGA

3. ENFOQUES PARA EL ANÁLISIS A FATIGA

Ejemplo.

El eje de la figura, situado en posición vertical tiene una masa descentrada en su extremo superior y gira a gran velocidad, debido a lo cual aparecen fuerzas de inercia. ¿Qué tipo de fallo podría producirse en el eje?

- a) Fallo estático debido a flexión.
- b) Fallo por fatiga debido a que la carga va girando y produce flexión rotativa en el eje.
- c) Fallo por fatiga debido a que la carga va girando y produce tensiones alternantes debidas tanto a flexión como a torsión.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

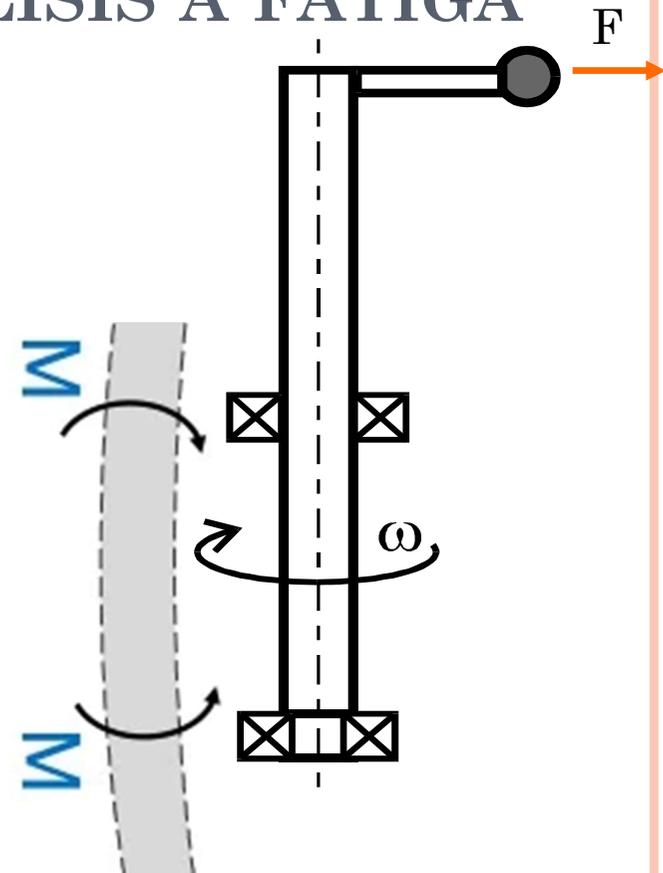
RESISTENCIA A LA FATIGA

3. ENFOQUES PARA EL ANÁLISIS A FATIGA

Ejemplo.

El eje de la figura, situado en posición vertical tiene una masa descentrada en su extremo superior y gira a gran velocidad, debido a lo cual aparecen fuerzas de inercia. ¿Qué tipo de fallo podría producirse en el eje?

- a) Fallo estático debido a flexión.
- b) Fallo por fatiga debido a que la carga va girando y produce flexión rotativa en el eje.
- c) Fallo por fatiga debido a que la carga va girando y produce tensiones alternantes debidas tanto a flexión como a torsión.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

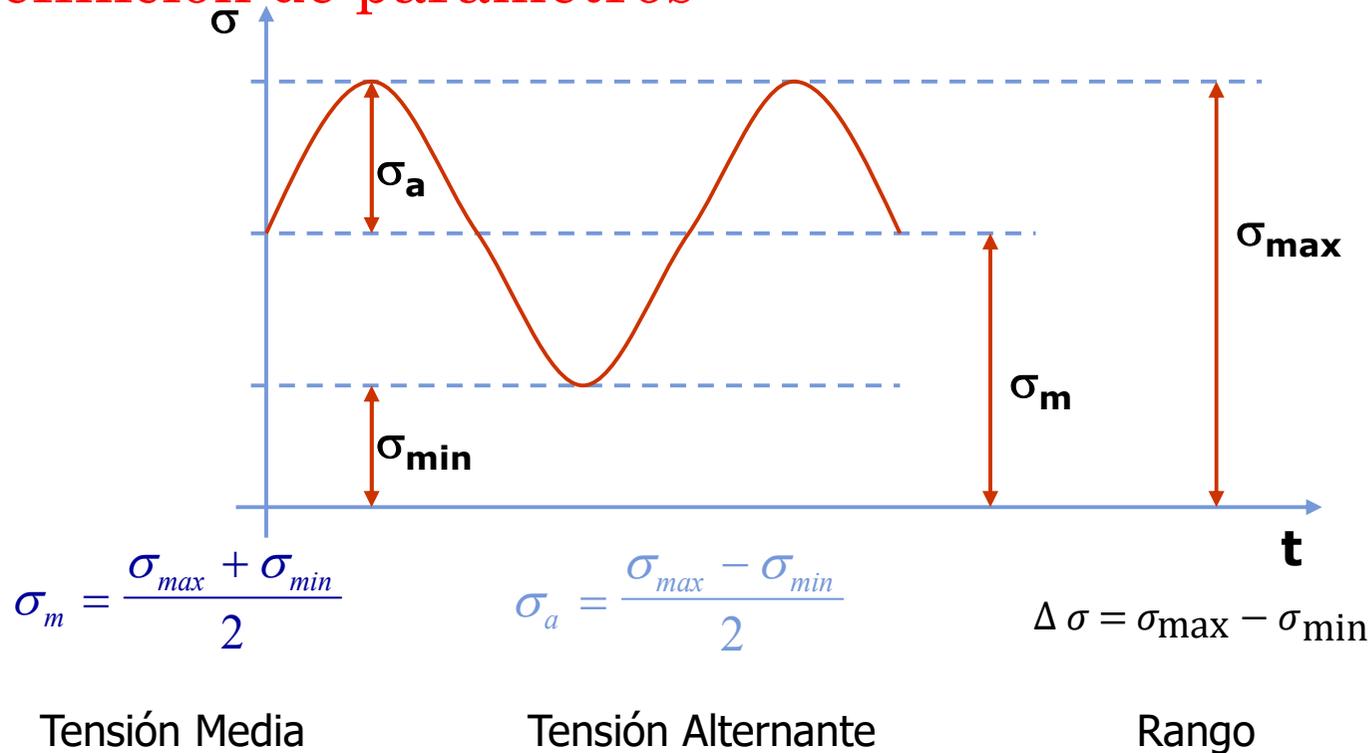
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

4. CARGAS CÍCLICAS

Definición de parámetros



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

4. CARGAS CÍCLICAS

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad A = \frac{\sigma_a}{\sigma_m}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

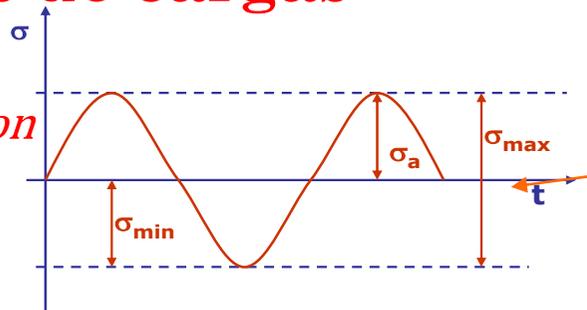
Tipos de cargas

Si los ciclos son iguales, p.e. Rotación.

$$\sigma_m = 0$$

$$R=1/2$$

$$A=\text{infinito}$$



Tensión Media

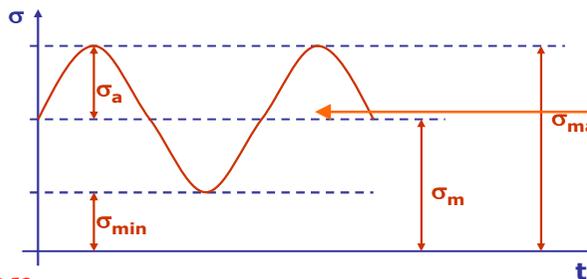
ALTERNANTE

Tensión Alternante

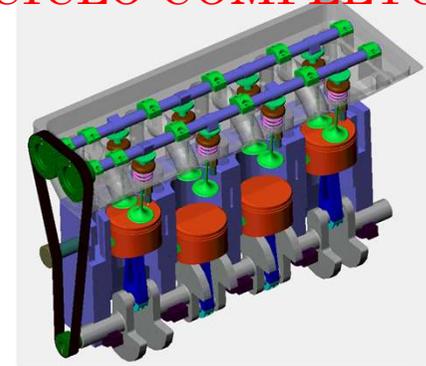


CICLO COMPLETO

Si los ciclos son iguales, p.e. Rotación.



FLUCTUANTE



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

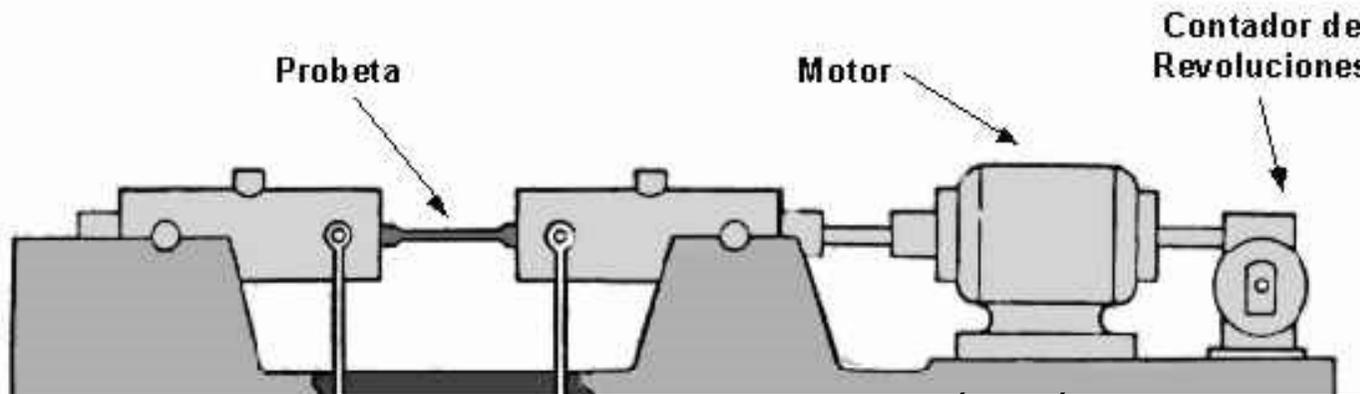
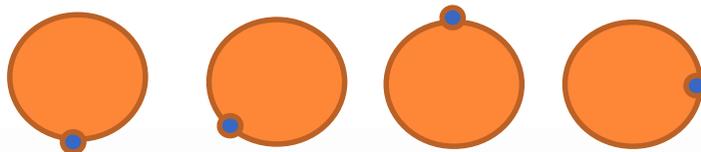
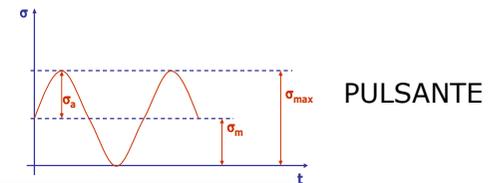
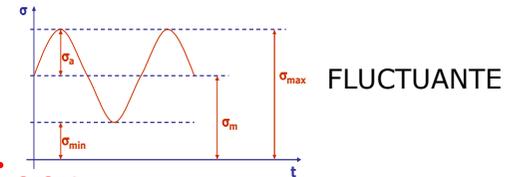
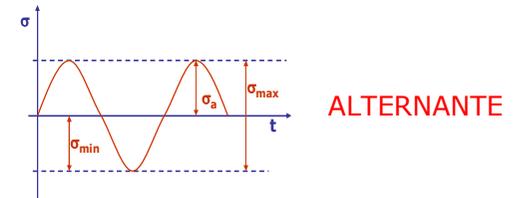
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

○ Ensayos de Fatiga.

- Máquina de **probeta rotatoria de Moore**.
- Muy sencillo y **eficaz para materiales férricos**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

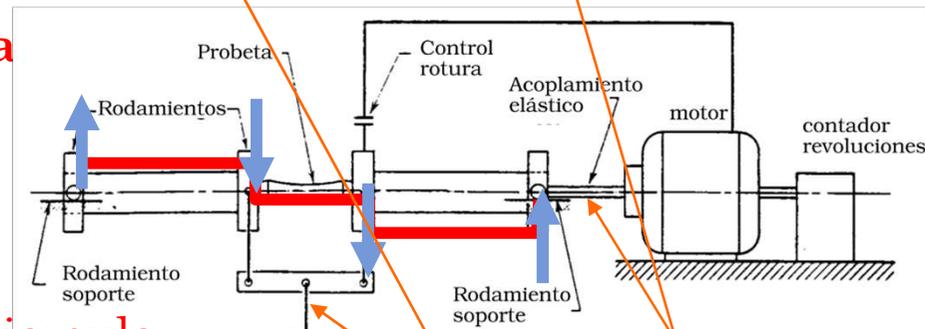
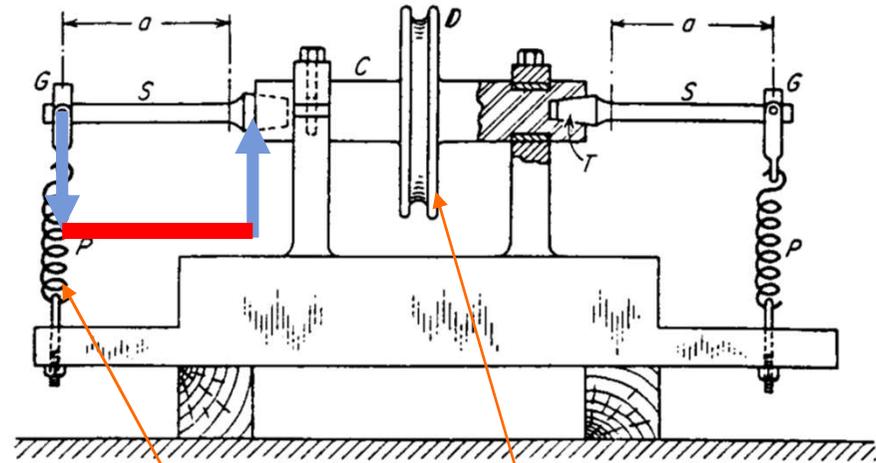
Cartagena99

Dr. J. I

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Ensayos de Fatiga.
 - Máquina de Wöhler
 - Flexión rotativa
 - Aparece cortante
 - Máquina de Viga Rotativa
 - La probeta gira por motor
 - Mientras se aplica carga
 - Flexión alternada
 - (tracción-compresión)
- Giro del mismo punto.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

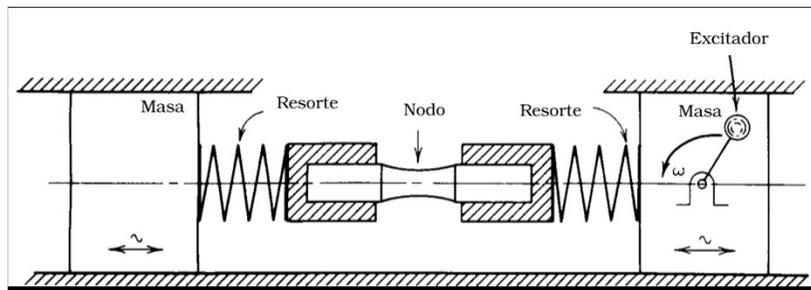
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

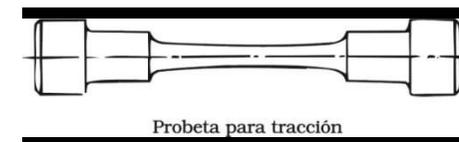
RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

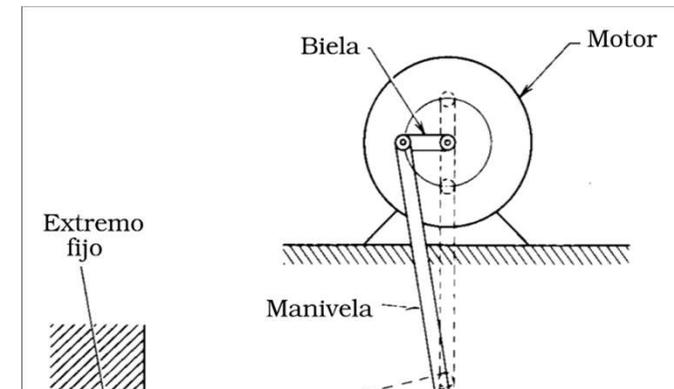
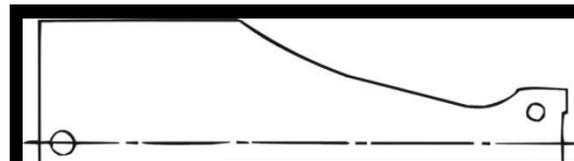
- Ensayos de Fatiga.
 - Máquina de resonancia de vibración



Carga axial



- Máquina de **Flexión Alternante**
 - Puede aplicar tensiones medias



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

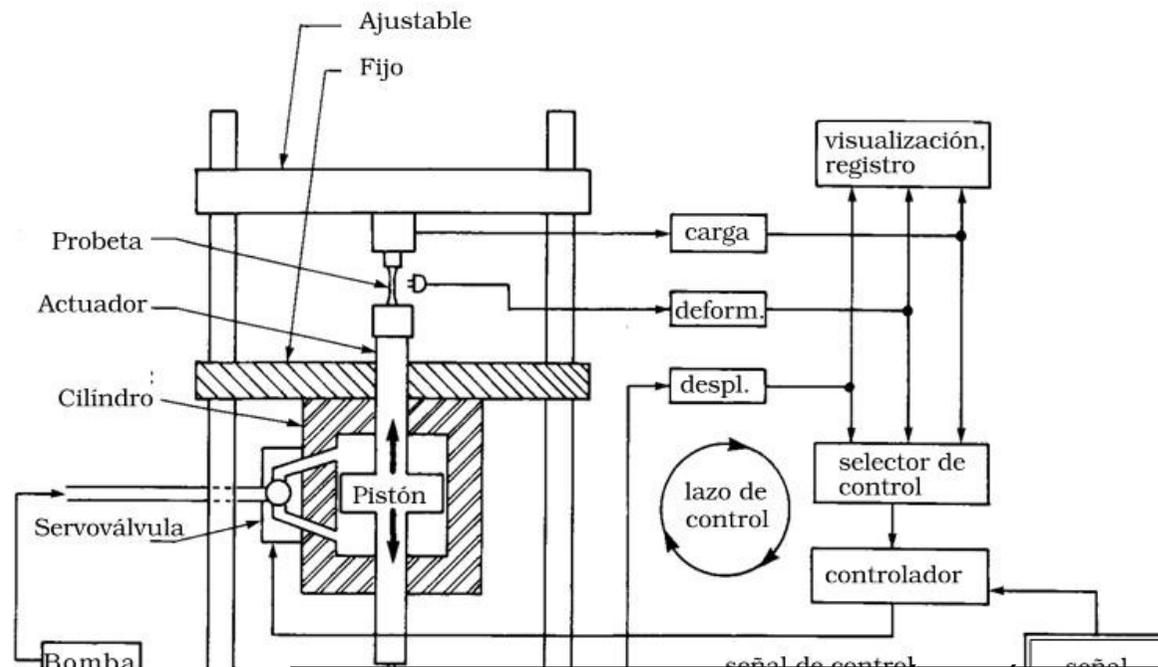
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Ensayos de Fatiga.
 - Máquina servohidráulica con control en lazo cerrado



Se puede simular.
Tracción.
Alternante.
Fluctuante.
Pulsante.

Cartagena99

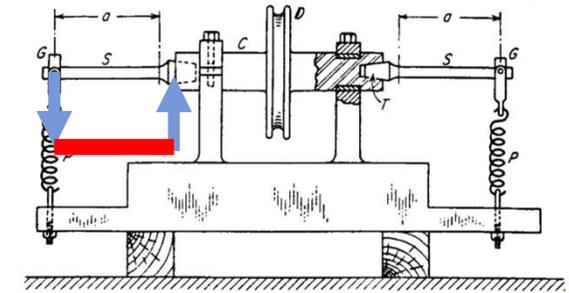
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

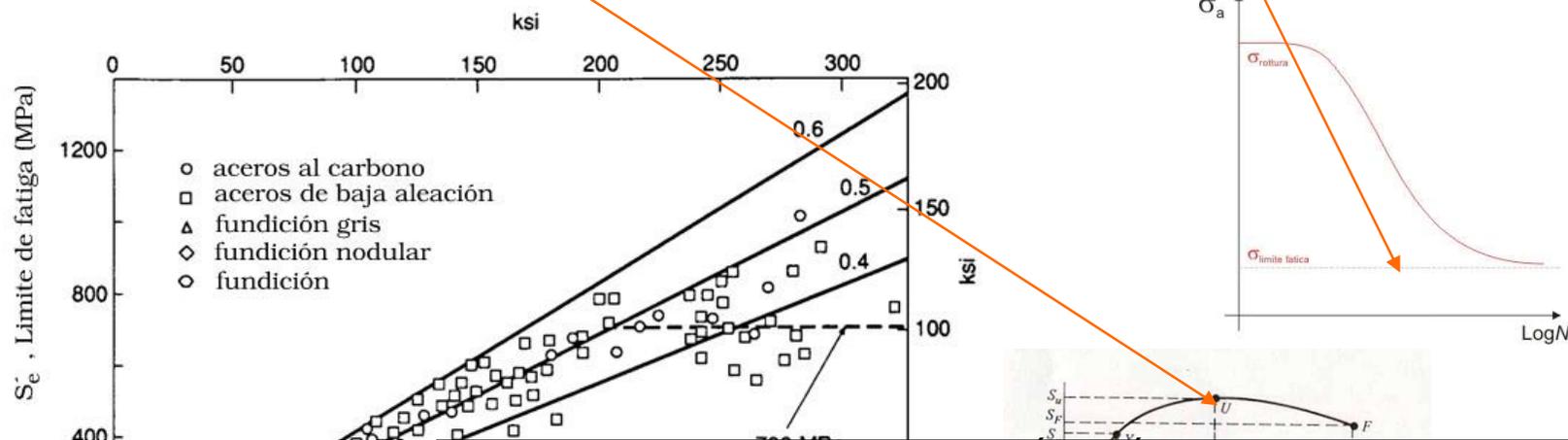
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N



- Tendencias del **límite de fatiga en función de S_u**
 - Muchos datos procedentes del **ensayo de tracción del ensayo de fatiga rotativa**.
 - En la figura se representan puntos provenientes de un gran número de ensayos sobre **probetas lisas**
 - Se busca la correlación entre el **límite de fatiga S'_e y el límite de rotura a tracción (S_u)**



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

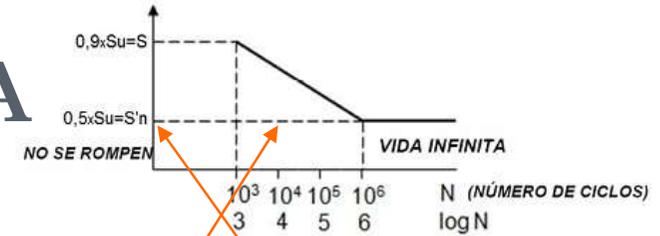
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

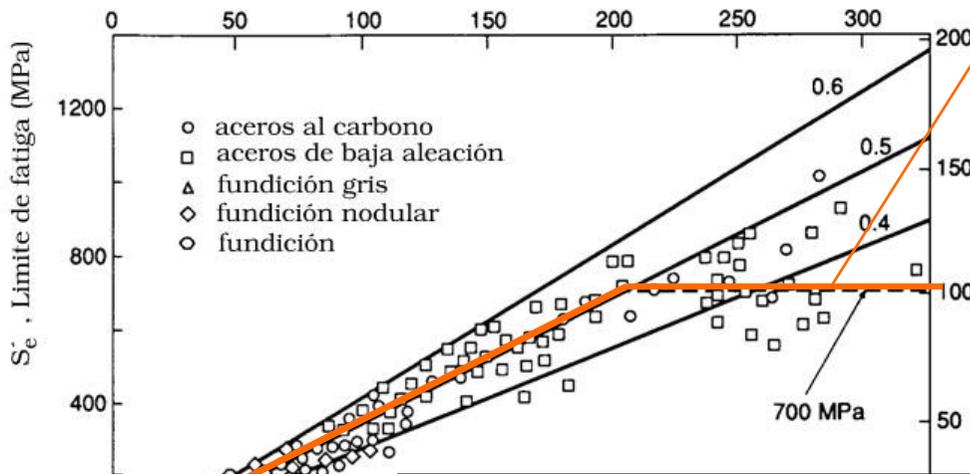
5. DIAGRAMA S-N ACEROS



Teoría Clásica priman los esfuerzos S_n valida para más 1000 ciclos del acero

- Tendencias del **límite de fatiga en función de S_u**
 - Del gráfico se podría deducir que el límite de fatiga obtenido en ensayo de probeta giratoria está comprendido entre el **40% y el 60%** de la resistencia a rotura para aceros con $S_u < 1400 \text{ MPa}$.
 - La dispersión aumenta, pero aparece una tendencia a estabilizarse el valor límite de fatiga en **$S'_e = 700 \text{ MPa}$**

Estimación aceros
 $S_u < 1400 \text{ MPa}$
 $S'_e = 0,5 S_u$



• **S_{ut}** es el límite de rotura a tracción mínimo esperable del material.

• Se utiliza el símbolo ' en la definición de **S'_e** para indicar que es el límite de fatiga de la probeta lisa de flexión rotatoria. **TEORICO**

• Se reserva el símbolo **S_e**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

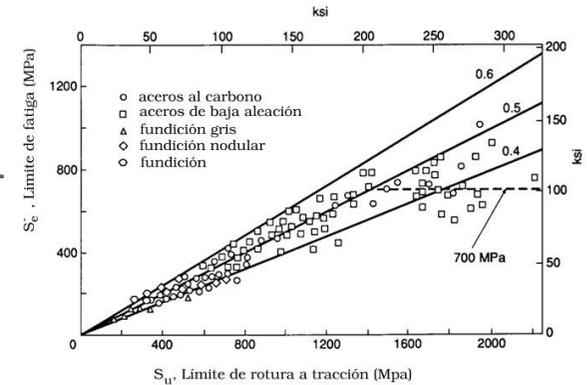
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. valida para menos 1000 ciclos. Pocas piezas. No se estudia.

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N



- **Dispersión**
 - La dispersión obtenida **no es imputable al límite de rotura del material.**
 - **La dispersión se mantiene aunque S_u sea básicamente constante.**
 - Por esto, la estimación del límite de fatiga de la probeta S'_e que se puede realizar a partir del límite de rotura del material S_u , puede diferir notablemente del resultado de los ensayos de fatiga realizados sobre el material.
 - **Esto deberá tenerse en cuenta al considerar el coeficiente de seguridad a aplicar en diseño.**
 - Además, **la relación entre S'_e y S_u disminuye a medida que S_u aumenta.**
 - En general, para un material dado, **a medida que se dispone de un mayor S_u , el material es relativamente menos dúctil.**
 - Por tanto **un grado razonable de ductilidad es útil para disponer de resistencia a la carga cíclica.**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

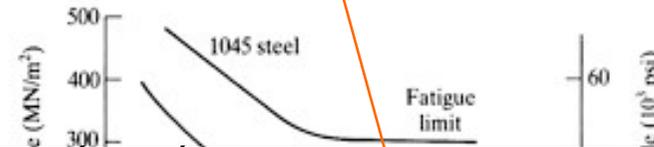
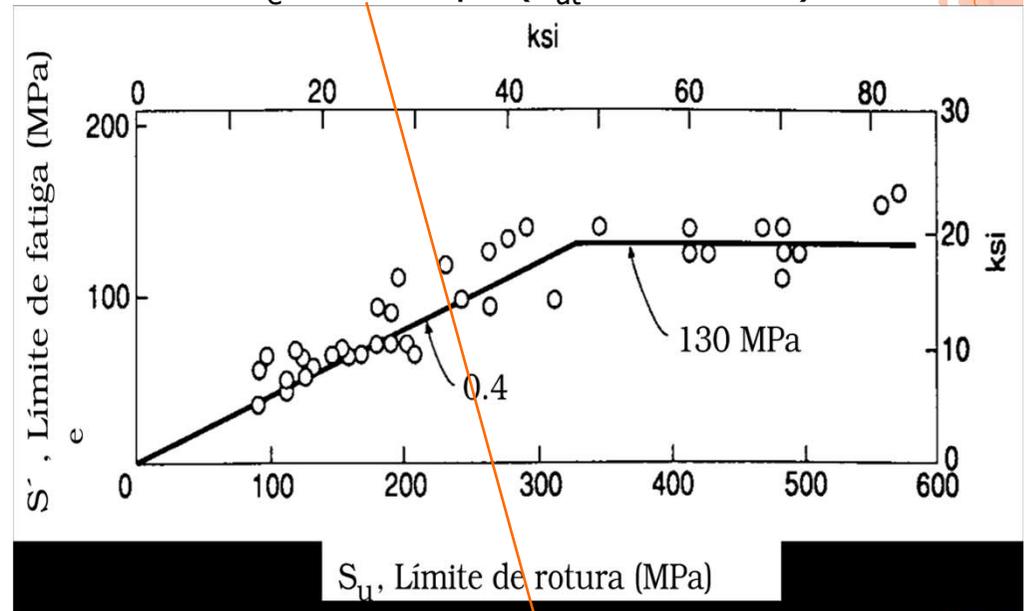
5. DIAGRAMA S-N

○ Aleaciones de **Aluminio**

- Gráfico **similar** para aleaciones de aluminio laminado para **5×10^8 ciclos.**
- Aquí no existe un verdadero límite de fatiga ya que la curva **S-N** no tiende asintóticamente a la horizontal, sino que continúa decreciendo a

$$S'_e = 0.4 S_{ut} \quad (S_{ut} < 325 \text{ MPa})$$

$$S'_e = 130 \text{ MPa} \quad (S_{ut} > 325 \text{ MPa})$$



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

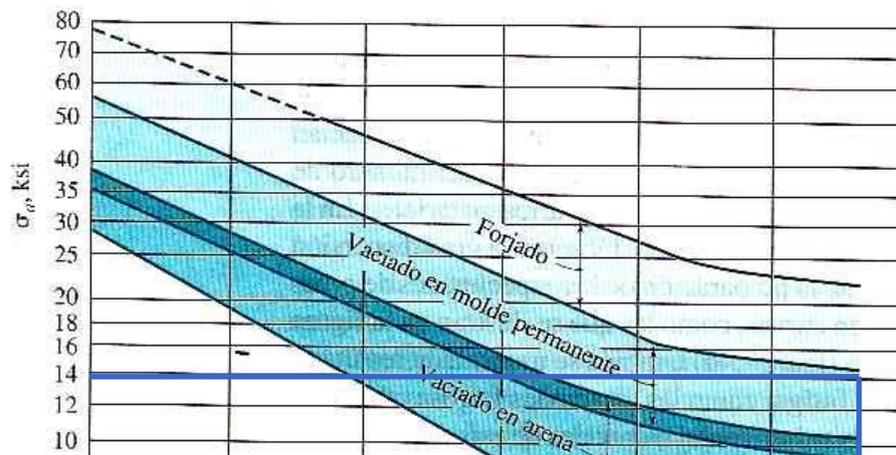
Dr. J. L. O. y MABH

Number of cycles, N_f

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Aleaciones de Aluminio
 - No tienen codo claro
 - A partir de $1E7$ la pendiente se reduce
 - Normalmente se toma S'_e como esfuerzo medio a la falla a $N=5E8$ ciclos. (5×10^8)



ALEACIONES DE ALUMINIO

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

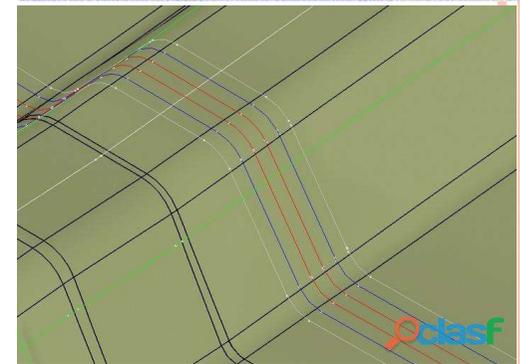
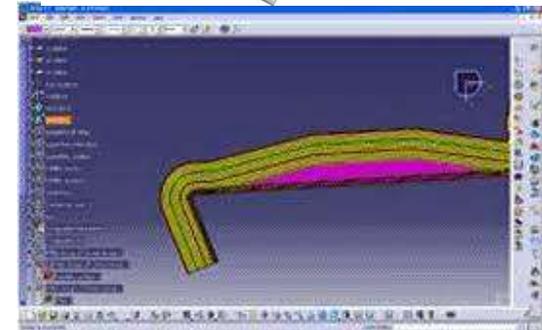
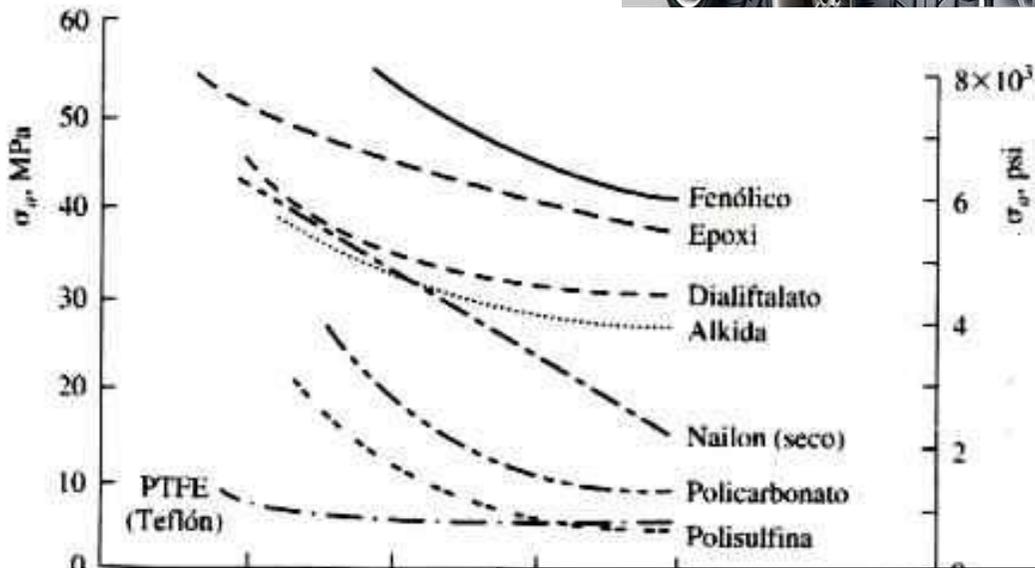
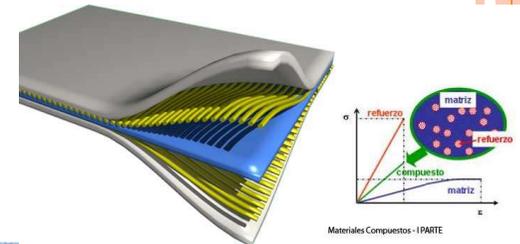
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

Polímeros



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

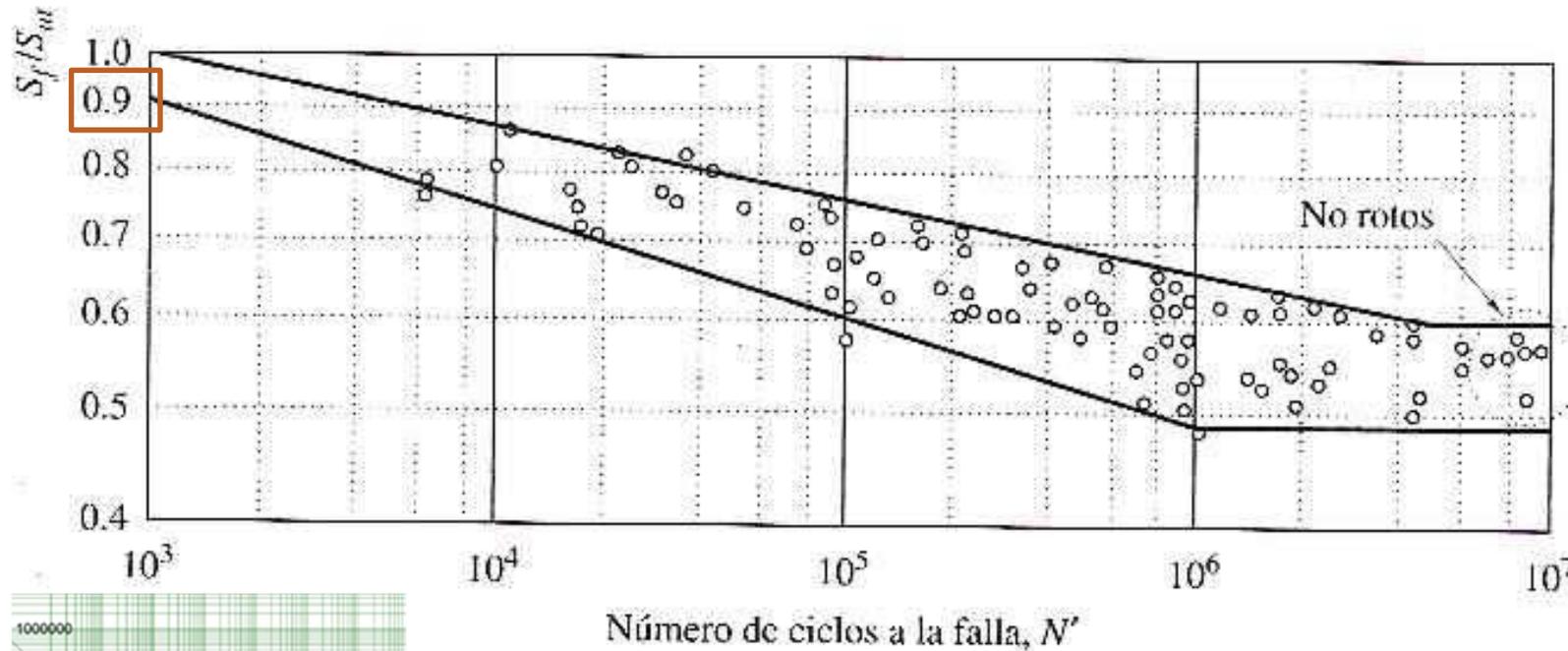
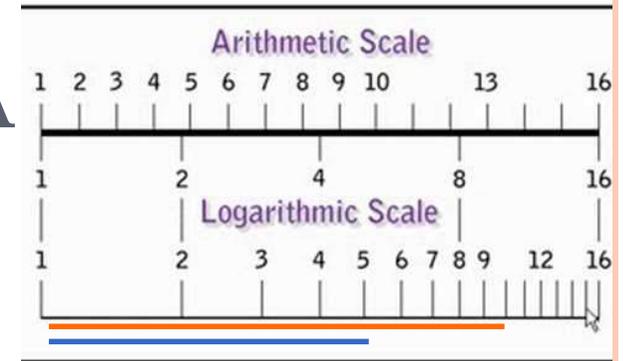
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Materiales férricos

Correlación S_f/S_{ut}



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

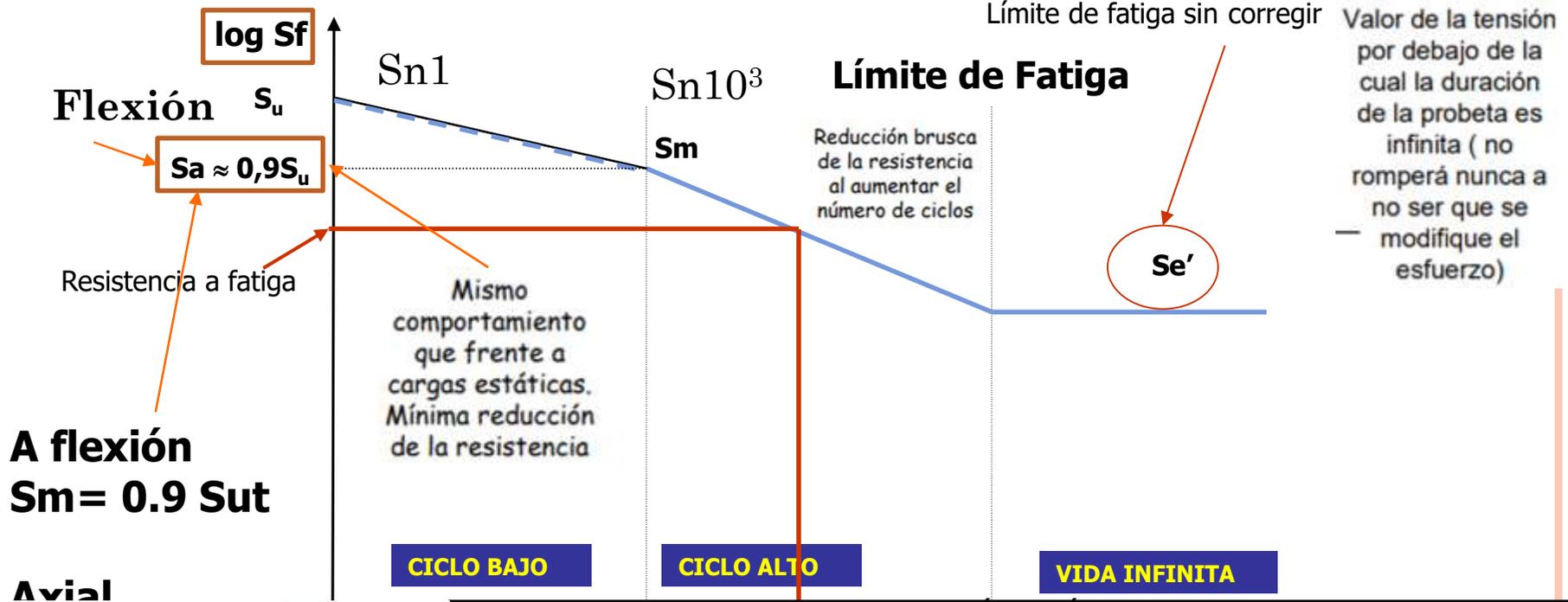
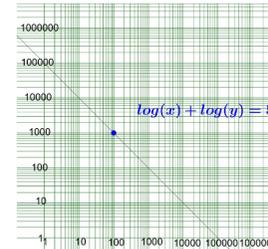
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J.

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

El diagrama



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Valor de **Sm (en 10³ ciclos)** ¿Cómo se obtiene?
 - Bibliografía
 - Ensayos anteriores
 - Aproximaciones

A flexión

$$S_m = 0.9 S_{ut}$$

Axial

$$S_m = 0.75 S_{ut}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Valor de S'_e (en 10^6 ciclos) . ¿Cómo se obtiene?
 - Bibliografía
 - Ensayos anteriores
 - Aproximaciones

Aceros

$$S'_e = 0.5 S_{ut} \quad S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$$
$$S'_e = 700 \text{ MPa} \quad S_{ut} \geq 1400 \text{ MPa}$$

Hierros

$$S'_e = 0.4 S_{ut} \quad S_{ut} \leq 400 \text{ MPa}$$
$$S'_e = 160 \text{ MPa} \quad S_{ut} \geq 400 \text{ MPa}$$

Aluminios

$$S'_e = 0.4 S_{ut} \quad S_{ut} \leq 330 \text{ MPa}$$
$$S'_e = 130 \text{ MPa} \quad S_{ut} \geq 330 \text{ MPa}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

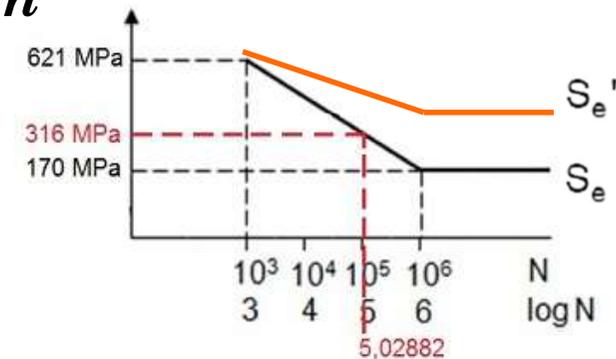
○ Ecuación

$$S_e = \prod_i K_i \cdot S_e'$$

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

- Los K_i son los “*Coeficientes de Marin*”

- **Ka**: Factor de **acabado superficial**
- **Kb**: Factor de **tamaño**
- **Kc**: Factor de **modificación de carga**
- **Kd**: Factor de **temperatura**
- **Ke**: Factor de **fiabilidad**
- **1/Kf**: Factor de **concentración de tensiones**



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

Sut en MPa

Si $K_a > 1 \rightarrow K_a = 1$

o **Ka: Factor de acabado superficial**

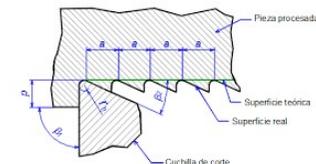
$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

- Ensayo de probeta rotatoria
 - o **Probeta pulida (a espejo)** con pulimento fino en dirección axial
- Pieza real
 - o Peor acabado superficial $\Rightarrow \downarrow S_e$
 - o Mayor rugosidad en la superficie que produce un fenómeno de concentración de tensiones

Hierro Fundido
 $K_a = 1$

• Función de:

- o Calidad del **acabado superficial**
- o Resistencia última del material ($\uparrow S_u \Rightarrow \downarrow S_e$)
- o **Para ciclos bajos (<1000) se puede tomar siempre $K_a = 1$**



| Acabado superficial | Coefficiente a (MPa) | Exponente b |
|---------------------|----------------------|-------------|
| Pulido | 1 | 0 |

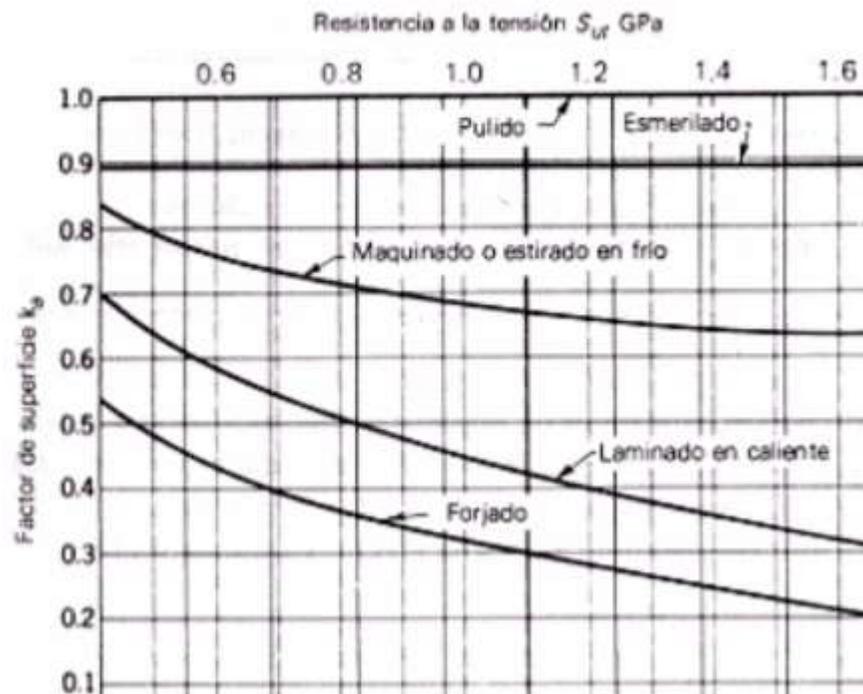
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

Ka para el ACERO



Sut en MPa

Si $K_a > 1 \rightarrow K_a = 1$

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

Hierro Fundido

$K_a = 1$

Fundición.

Concentración de

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Ka: Factor de acabado superficial

- Los valores presentados corresponden a resultados experimentales en aceros.
- Deben usarse **con precaución en materiales dúctiles no ferrosos.**
- Los procesos de **recubrimiento por electrodeposición**, tales como el cromado, el niquelado, el cuprizado y el galvanizado **minan** significativamente la **resistencia a la fatiga**, por lo que el diseñador debe referirse a **tablas y gráficas especiales.**

Procesos térmicos que liberan tensiones. Por ej. Recocido.

RECOCIDO

Calentamiento y posterior enfriamiento lento y controlado.

Lo que se consigue es mejora del material por **refinamiento del grano y también alivio de tensiones internas** generadas durante el proceso de fabricación.

Deja tensiones de compresión al impactar.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **K_b: Factor de tamaño**

- Ensayo de probeta rotatoria
 - **Probeta con sección circular**, diámetro normalizado (7.5 a 12.5 mm)
- Pieza real
 - Sección circular / diámetro diferente
 - **En 10³: K_b = 1 (no influye el tamaño)**
 - **En 10⁶: el diámetro de probeta influye en flexión y torsión, no con carga axial**
- Flexión / Torsión [Shigley. Pag. 280]

$$K_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$$

$$2,79 \leq d \text{ (mm)} \leq 51$$

$$K_b = 1,51 \cdot d^{-0,157}$$

$$51 \leq d \text{ (mm)} \leq 254$$

$$K_b = 0,6$$

$$d \text{ (mm)} > 254$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN



○ Kb: Factor de tamaño

- Gran parte de los datos de fatiga se obtienen de **probetas con diámetro 7.62 mm**

7,62 mm (0,3 inch)

- Para componentes **más pequeños que la probeta** los límites obtenidos son un poco superiores.
- Para **tamaños mayores, el límite de fatiga disminuye.**
- Los ensayos de fatiga para tamaños grandes son muy costosos y los datos experimentales son limitados
- ¿Qué hacer cuando una **barra redonda en flexión no gira?**
- ¿Qué hacer cuando se utiliza una **sección no circular?**
- **Pieza real**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$A_{0,95\sigma} = \frac{\pi}{4} [d^2 - (0,95d)^2] = 0,0766d^2$$

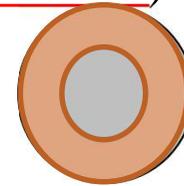
| d2 | 0,95^2d | d2-(0,95d)2 | A0.95 |
|----|---------|-------------|--------|
| 1 | 0,903 | 0,098 | 0,0766 |

o Kb: Factor de tamaño

- Diámetro efectivo: *“Diámetro que se obtiene al igualar el volumen de material sometido a esfuerzo igual o superior a 95% del esfuerzo máximo con el mismo volumen en la muestra de viga rotativa”*.
- Sección de viga rotatoria (caso más crítico)

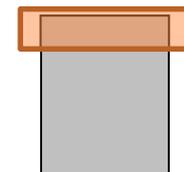
$$A_{0,95} = \frac{\pi}{4} [d^2 - (0,95 \cdot d)^2] = 0,0766 \cdot d^2$$

(I)



- Sección rectangular hxb
(Ejemplo sólo para flexión)

(II)



SECCIÓN NO CIRCULAR
(Ejemplo: Sección rectangular)

No rotativa.

$$A_{0,95} = 0,05 \cdot h \cdot b$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

$$(I) = (II) \longrightarrow$$

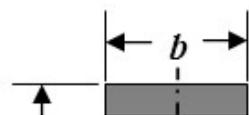
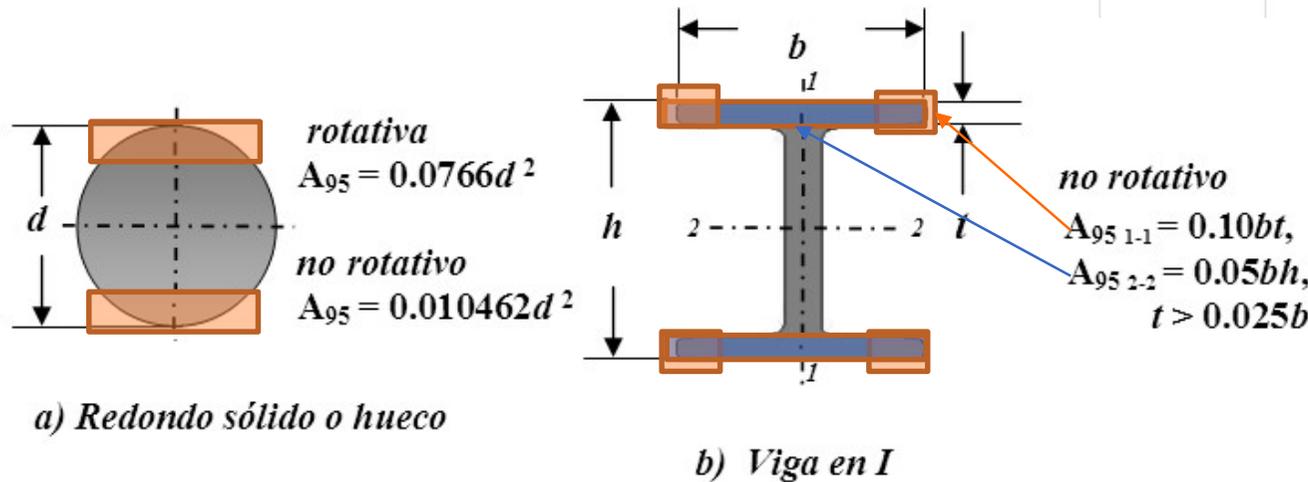
$$d_e = 0,808 \cdot (h \cdot b)^{1/2}$$

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- Kb: Factor de tamaño (otras secciones)**

| | | | | |
|--------|---------------|---|-------------------------|------------------------|
| | A0.95 Cil rot | | A0.95 Rectangular | |
| 0,0766 | de2 | = | 0,05 hb | tabla |
| | de2 | = | 0,653 hb | |
| | de | = | 0,808 hb ^{1/2} | |
| | A0.95 Cil rot | | A0.95 Cil est | Redondo solido o hueco |
| 0,0766 | de2 | = | 0,010462 d2 | tabla |
| | de2 | = | 0,137 d2 | |
| | de | = | 0,370 d | |



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

c) Rectangular solid

d) Viga en I

$$(I) = (II) \longrightarrow$$

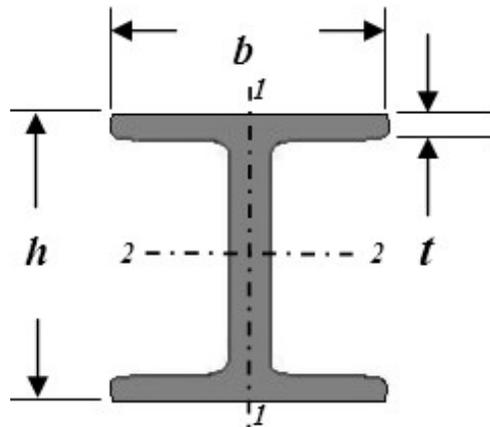
$$d_e = 0,808 \cdot (h \cdot b)^{1/2}$$

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

| | | | | |
|--------|---------------|---|-------------------------|-------|
| | A0.95 Cil rot | | A0.95 Rectangular | |
| 0,0766 | de2 | = | 0,05 hb | tabla |
| | de2 | = | 0,653 hb | |
| | de | = | 0,808 hb ^{1/2} | |

o Kb A95 1-1 HEB 100. Flexión

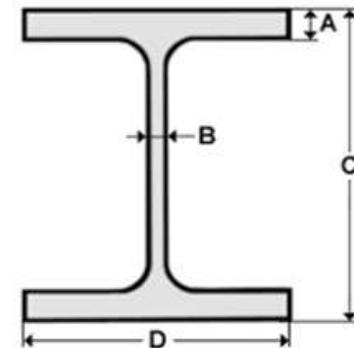


no rotativo

$$A_{95\ 1-1} = 0.10bt,$$

$$A_{95\ 2-2} = 0.05bh,$$

$$t > 0.025b$$



| Profils | Dimensions en mm | | | | Poids en kg/ML |
|---------|------------------|-----|---|----|----------------|
| | C | D | B | A | |
| HEB 100 | 100 | 100 | 6 | 10 | 20,4 |

$$K_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$$

$$K_c = 1,51 \cdot d^{-0,157}$$

$$2,79 \leq d \text{ (mm)} \leq 51$$

$$51 \leq d \text{ (mm)} \leq 254$$

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

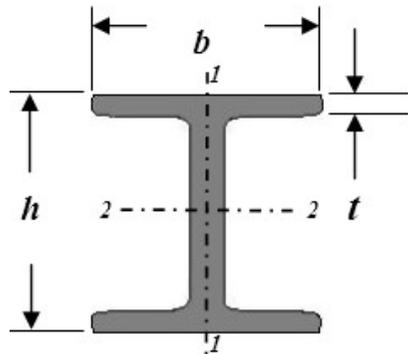
$$(I) = (II) \longrightarrow$$

$$d_e = 0,808 \cdot (h \cdot b)^{1/2}$$

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- **Kb A95 1-1 HEB 100. Flexión**

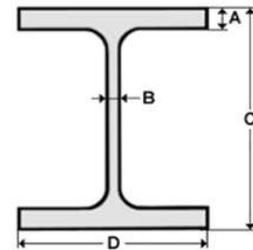


no rotativo

$$A_{95 \ 1-1} = 0.10bt,$$

$$A_{95 \ 2-2} = 0.05bh,$$

$$t > 0.025b$$



$$K_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$$

$$K_b = 1,51 \cdot d^{-0,157}$$

$$K_b = 0,6$$

$$2,79 \leq d \text{ (mm)} \leq 51$$

$$51 \leq d \text{ (mm)} \leq 254$$

$$d \text{ (mm)} > 254$$

| Perfiles HEB | Dimensiones en mm | | | | Poids en kg/ML |
|-----------------|-------------------|-----|---|----|-------------------|
| | C | D | B | A | |
| HEB 100 | 100 | 100 | 6 | 10 | 20,4 |

| | A0.95 Cil rot | | A0.95 11 HEB | Esfuerzo en z | |
|--------|---------------|---|---------------------------|---------------------|--------|
| 0,0766 | de2 | = | 0,1 bt | tabla | |
| | de2 | = | 1,306 bt | | |
| | de | = | 1,143 (bt) ^{1/2} | | |
| | | | b | t | bt |
| | | | 100 | 10 | 1000 |
| | | | | (bt) ^{1/2} | 31,62 |
| | | | 1,143 | 31,62 | 26,127 |

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y i

ND

=

0,845

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **Kc: Factor de modificación de carga**

Probeta a flexión rotativa.

- Carga a flexión: **Kc = 1**
- Carga axial: **Kc = 0,85** (Otros autores **Kc=0,7**)
- Carga torsión (sólo para fatiga torsional): **Kc = 0.59**
- Carga torsión combinada con flexión: **Kc = 1**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **Kd: Factor de temperatura**

- Aplicable también para ciclos bajos (<1000)
- Fórmulas únicamente para Aceros

Norton Pag. 381

- $T \leq 450^{\circ}\text{C}$ $K_d=1$
- $450^{\circ}\text{C} \leq T \leq 550^{\circ}\text{C}$ $K_d=1-0,0058 \cdot (T-450)$

- No debe utilizarse para otros materiales
- Para temperaturas mayores la termofluencia adquiere un valor significativo y la curva S-N ya no tendrá un codo.
- Nota. Criterio diferente en **Shigley Pag. 283.**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- **Kd: Factor de temperatura**

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}}$$

- Shigley Pag. 283.

S_T = resistencia a la rotura por tensión a la temperatura de operación.

S_{RT} = resistencia a la rotura por tensión a la temperatura ambiente del lugar de trabajo.

CAPÍTULO 6 Fatigas por fatiga resultantes de carga variable

Tabla 6-4

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.*
(S_T = resistencia a la tensión a la temperatura de operación; S_{RT} = resistencia a la tensión a temperatura ambiente;
 $0.099 \leq \hat{\sigma} \leq 0.110$)

| Temperatura, °C | S_T/S_{RT} | Temperatura, °F | S_T/S_{RT} |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| 20 | 1.000 | 70 | 1.000 |
| 50 | 1.010 | 100 | 1.008 |
| 100 | 1.020 | 200 | 1.020 |
| 150 | 1.025 | 300 | 1.024 |
| 200 | 1.020 | 400 | 1.018 |
| 250 | 1.000 | 500 | 0.995 |
| 300 | 0.975 | 600 | 0.963 |
| 350 | 0.943 | 700 | 0.927 |
| 400 | 0.900 | 800 | 0.872 |
| 450 | 0.843 | 900 | 0.797 |
| 500 | 0.768 | 1 000 | 0.698 |
| 550 | 0.672 | 1 100 | 0.567 |
| 600 | 0.549 | | |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

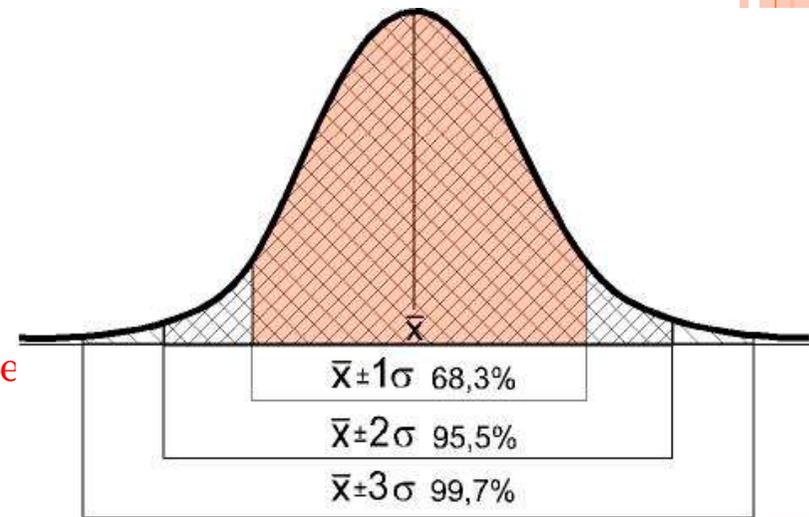
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Ke: Factor de fiabilidad

- Permanencia de la calidad de los productos a lo largo del tiempo. **Capacidad de desarrollar adecuadamente su labor a lo largo del tiempo.**
- La Fiabilidad intenta garantizar que el producto permanecerá en buenas condiciones durante un periodo razonable de tiempo.
- Datos según una **distribución normal con desviación estándar supuesta de 8% (lo observado normalmente)**



μ = Media

σ = Desviación típica

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

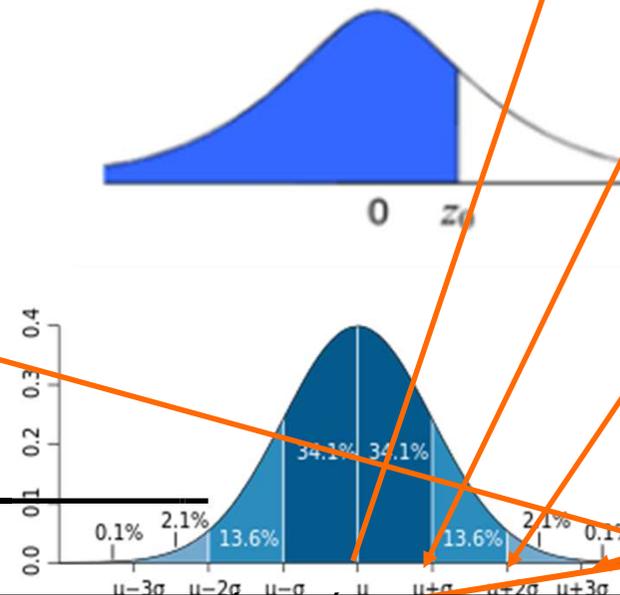
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

o Ke: Factor de fiabilidad

| Fiabilidad | Factor de fiabilidad Ke |
|-------------|-------------------------|
| 0.5 | 1 |
| 0.9 | 0.897 |
| 0.95 | 0.868 |
| 0.99 | 0.814 |
| 0.999 | 0.753 |
| 0.9999 | 0.702 |
| 0.99999 | 0.659 |
| 0.999999 | 0.620 |
| 0.9999999 | 0.584 |
| 0.99999999 | 0.551 |
| 0.999999999 | 0.520 |

| z ₀ | 0,00 |
|----------------|---------|
| 0,0 | 0,5000 |
| 0,1 | 0,5398 |
| 0,2 | 0,5793 |
| 0,3 | 0,6179 |
| 0,4 | 0,6554 |
| 0,5 | 0,6915 |
| 0,6 | 0,7257 |
| 0,7 | 0,7580 |
| 0,8 | 0,7881 |
| 0,9 | 0,8159 |
| 1,0 | 0,8413 |
| 1,1 | 0,8643 |
| 1,2 | 0,8849 |
| 1,3 | 0,9032 |
| 1,4 | 0,9192 |
| 1,5 | 0,9332 |
| 1,6 | 0,9452 |
| 1,7 | 0,9554 |
| 1,8 | 0,9641 |
| 1,9 | 0,9713 |
| 2,0 | 0,9772 |
| 2,1 | 0,9821 |
| 2,2 | 0,9861 |
| 2,3 | 0,9893 |
| 2,4 | 0,9918 |
| 2,5 | 0,9938 |
| 2,6 | 0,9953 |
| 2,7 | 0,9965 |
| 2,8 | 0,9974 |
| 2,9 | 0,9981 |
| 3,0 | 0,99865 |
| 3,1 | 0,99903 |
| 3,2 | 0,99931 |



Reliability, % Transformation Variate z₀ Reliability Factor k_e

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr

99.9999

4.753

0.620

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- 1/K_f: Factor de concentración de tensiones
 - Aplicación:

| MATERIAL | CARGA ESTÁTICA | CARGA FATIGA |
|-----------|----------------|----------------|
| Dúctil | 1.0 | K _f |
| Frágil | K _t | K _f |
| Fundición | 1.0 | K _f |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

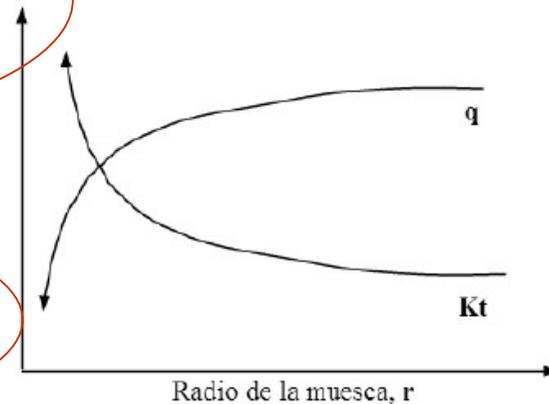
- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones

$$\frac{1}{K_f}$$

Factor de reducción de la resistencia en caso de fatiga = limite de fatiga de probetas sin discontinuidad / limite de fatiga de probetas con discontinuidad.

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1}$$

Factor de concentración de tensiones teórico



Factor de sensibilidad a la entalla

$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

6. ECUACIÓN DE MARIN

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones teórico

$$\frac{1}{K_f}$$

Factor de concentración de tensiones teórico

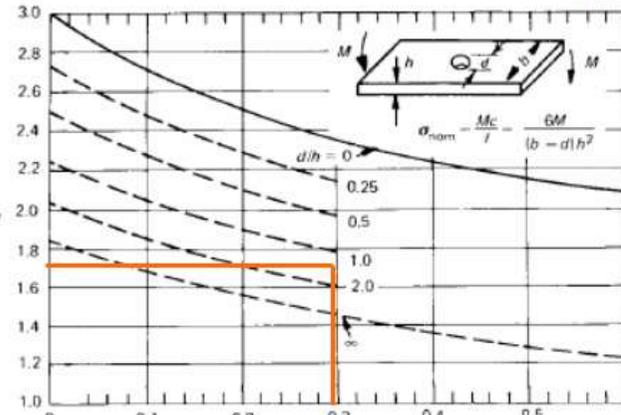
Geometría.

Tipo de entalla.

Tipo de esfuerzo.

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1}$$

Factor de sensibilidad a la entalla



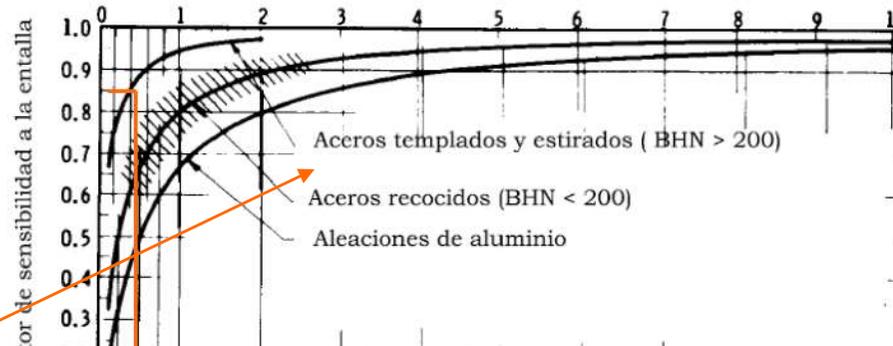
¿Qué coeficiente K_t aplicaríamos en el siguiente caso?

- Momento flector: $b=10$ mm, $d=3$ mm, $h=2$ mm

| | |
|-------|------|
| b | 10 |
| d | 3 |
| h | 2 |
| d/b | 0,30 |
| d/h | 1,50 |
| K_t | 1,7 |

98

ρ , radio de la entalla (mm)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

q= 0,85

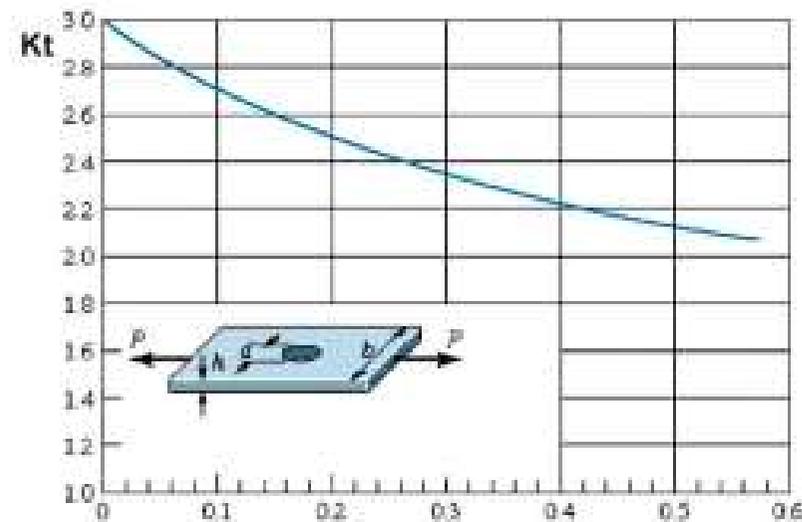
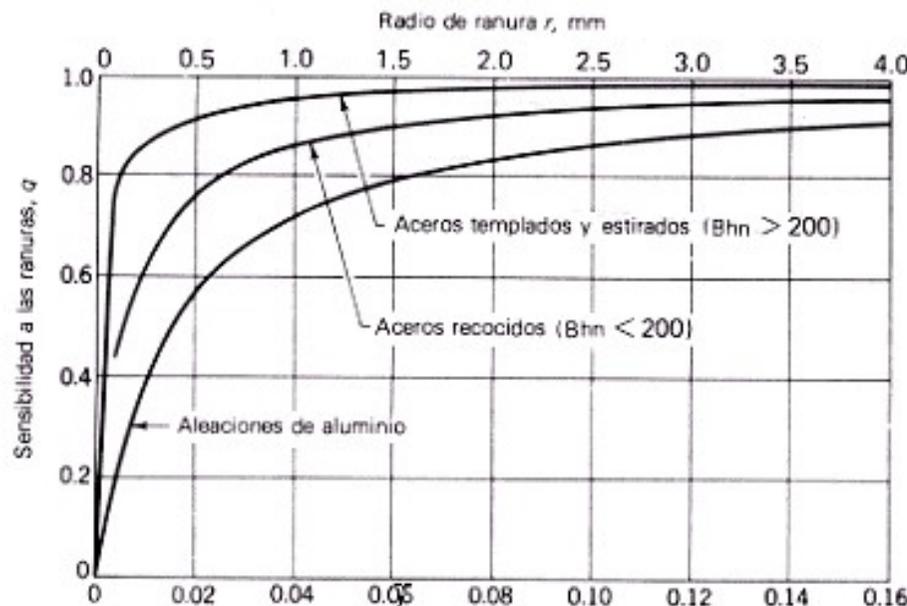
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones

q (Sensibilidad a la entalla)

K_t (Factor de concentración de tensiones teórico)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones
 - Constante de Neuber (a) para aceros
 - Para torsión tomar 138 MPa más en S_u

| S_u | | \sqrt{a} | | | |
|-------|-------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Carga axial y flexión | | Torsión | |
| (ksi) | (MPa) | (in ^{0.5}) | (mm ^{0.5}) | (in ^{0.5}) | (mm ^{0.5}) |
| 50 | 345 | 0.130 | 0.66 | 0.093 | 0.47 |
| 55 | 380 | 0.118 | 0.59 | 0.087 | 0.44 |
| 60 | 415 | 0.108 | 0.54 | 0.080 | 0.40 |
| 70 | 485 | 0.093 | 0.47 | 0.070 | 0.35 |
| 80 | 550 | 0.080 | 0.40 | 0.062 | 0.31 |
| 90 | 620 | 0.070 | 0.35 | 0.055 | 0.28 |
| 100 | 690 | 0.062 | 0.31 | 0.049 | 0.25 |
| 110 | 760 | 0.055 | 0.28 | 0.044 | 0.22 |
| 120 | 825 | 0.049 | 0.25 | 0.039 | 0.20 |
| 130 | 895 | 0.044 | 0.22 | 0.035 | 0.18 |
| 140 | 965 | 0.039 | 0.20 | 0.031 | 0.16 |

La sensibilidad a la muesca q a partir de la fórmula de Kuhn-Hardrath, en términos de la constante a y del radio r de la muesca.

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

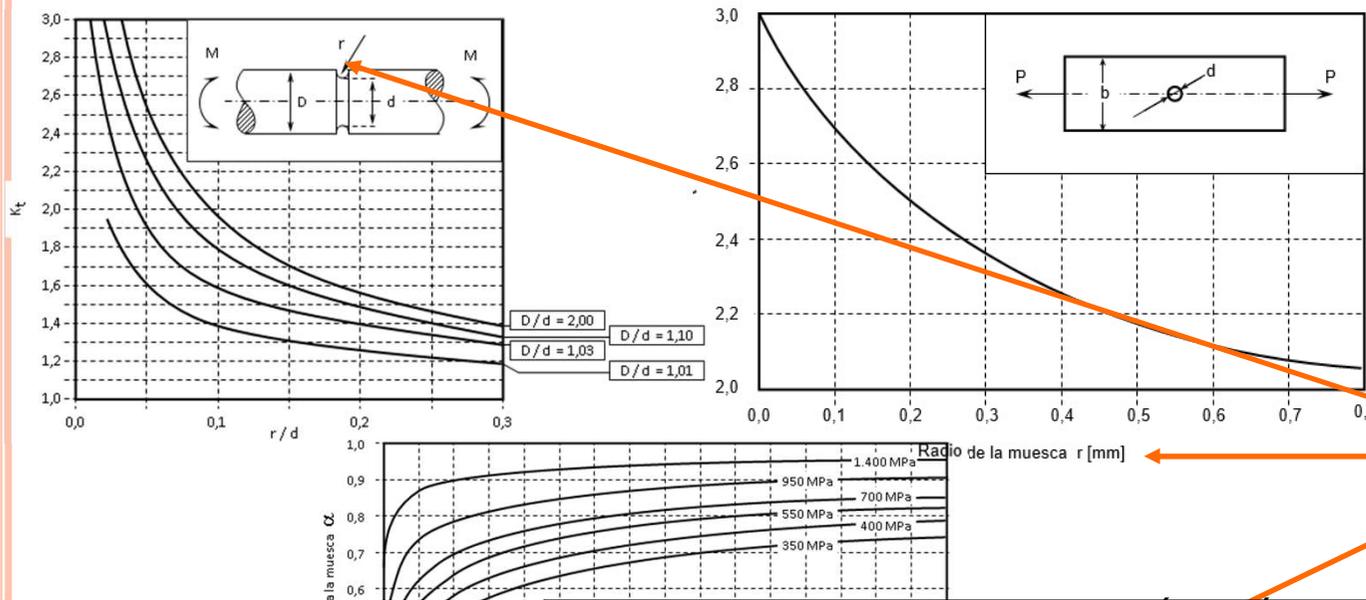
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

| S_u | | \sqrt{a} | | | |
|-------|-------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| (ksi) | (MPa) | Carga axial y flexión | | Torsión | |
| | | (in ^{0.5}) | (mm ^{0.5}) | (in ^{0.5}) | (mm ^{0.5}) |
| 50 | 345 | 0.130 | 0.66 | 0.093 | 0.47 |
| 55 | 380 | 0.118 | 0.59 | 0.087 | 0.44 |
| 60 | 415 | 0.108 | 0.54 | 0.080 | 0.40 |
| 70 | 485 | 0.093 | 0.47 | 0.070 | 0.35 |
| 80 | 550 | 0.080 | 0.40 | 0.062 | 0.31 |
| 90 | 620 | 0.070 | 0.35 | 0.055 | 0.28 |
| 100 | 690 | 0.062 | 0.31 | 0.049 | 0.25 |
| 110 | 760 | 0.055 | 0.28 | 0.044 | 0.22 |
| 120 | 825 | 0.049 | 0.25 | 0.039 | 0.20 |
| 130 | 895 | 0.044 | 0.22 | 0.035 | 0.18 |
| 140 | 965 | 0.039 | 0.20 | 0.031 | 0.16 |
| 160 | 1100 | 0.031 | 0.16 | 0.024 | 0.12 |
| 180 | 1240 | 0.024 | 0.12 | 0.018 | 0.09 |
| 200 | 1380 | 0.018 | 0.09 | 0.013 | 0.07 |
| 220 | 1515 | 0.013 | 0.07 | 0.009 | 0.05 |
| 240 | 1655 | 0.009 | 0.05 | | |

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones
 - Constante de Neuber (a) para aceros
 - Para torsión tomar 138 MPa más en S_u



La sensibilidad a la muesca q a partir de la fórmula de Kuhn-Hardrath, en términos de la constante a y del radio r de la muesca.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

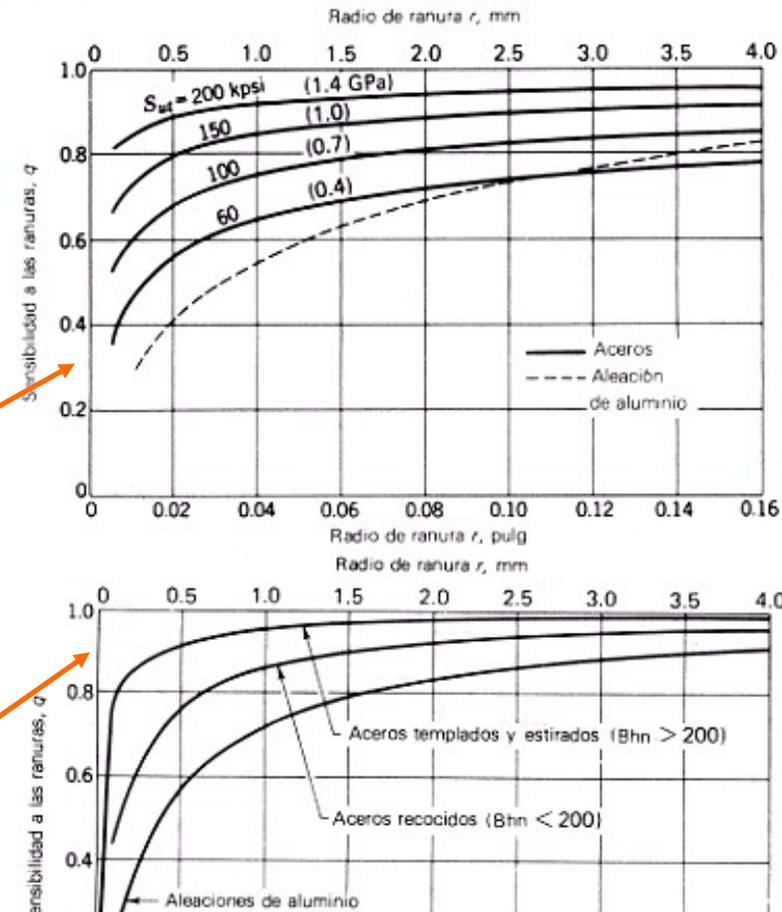
Radio de la muesca r [mm]

1 PSI = 6904.56 Pa

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MAPTM

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones
 - Sensibilidad a la entalla q
 - Sensibilidad a las ranuras. Cargas de flexión y axiales alternantes. Para radios de ranura mayores usar valores de q correspondientes a $r=4\text{mm}$
 - Sensibilidad a las ranuras. Cargas de torsión alternantes. Para radios de ranura mayores usar



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

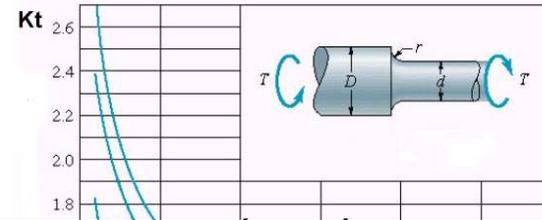
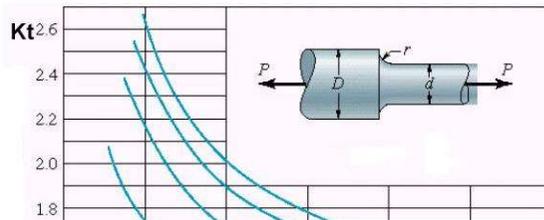
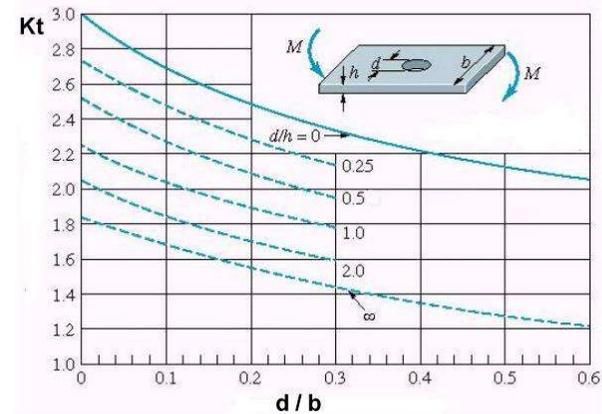
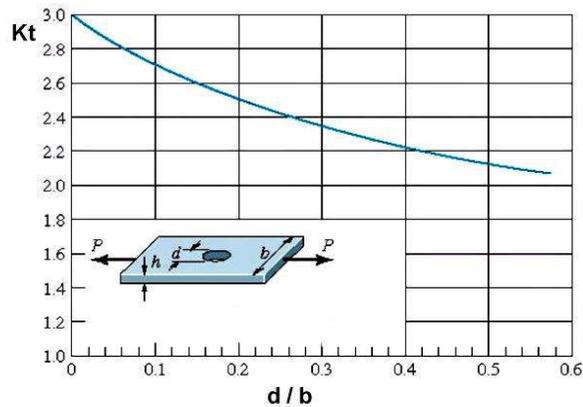
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones.
 - Factor de concentración de tensiones teórico (K_t)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

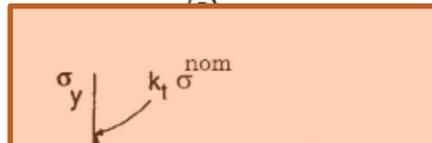
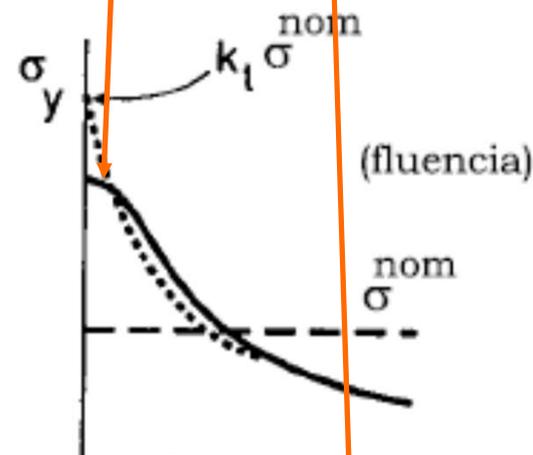
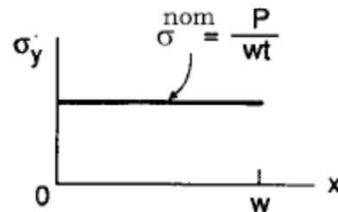
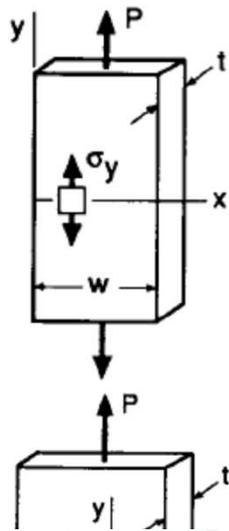
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- **$1/K_f$: Factor de concentración de tensiones.**
 - Tensiones nominales y reales considerando tensión simple y componente con entalla, con y sin fluencia
 - **Cuanto más se acerque el diseño a la zona de bajo ciclo, más importante es la fluencia**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

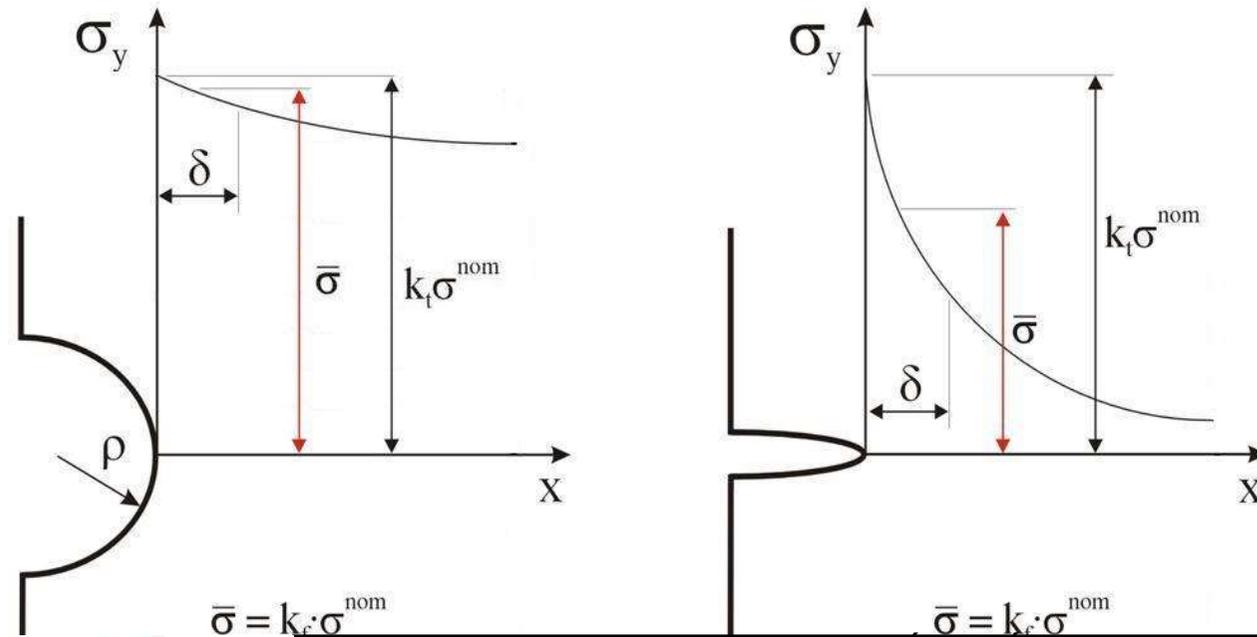
Cartagena99

Dr. J. L. ...

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones.
 - Necesario un espesor δ para el proceso de fatiga



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

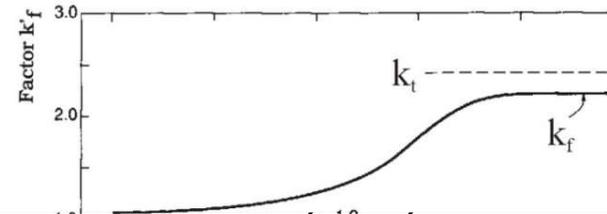
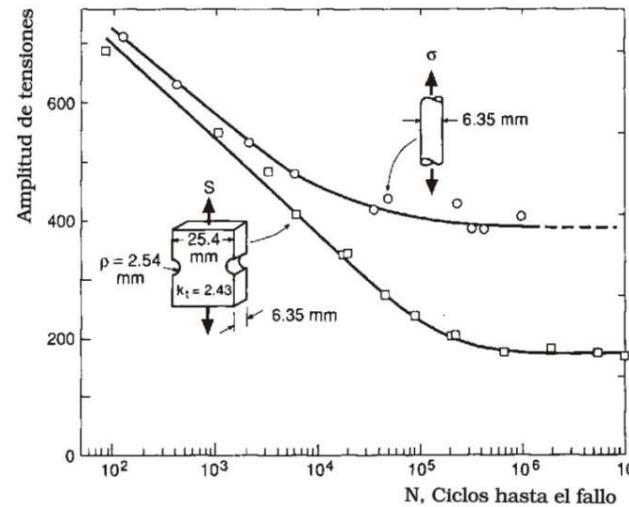
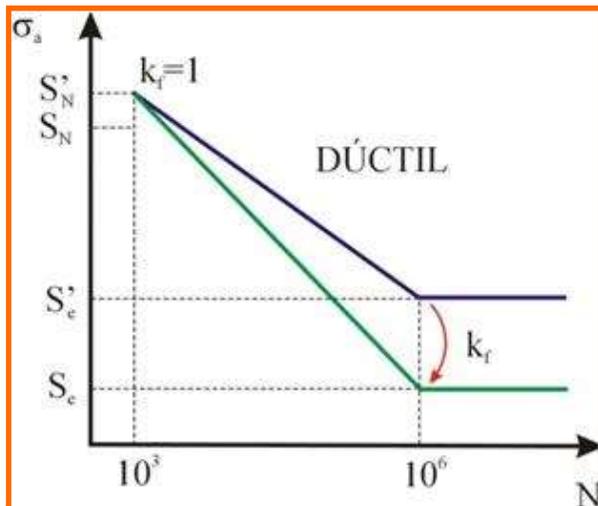
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

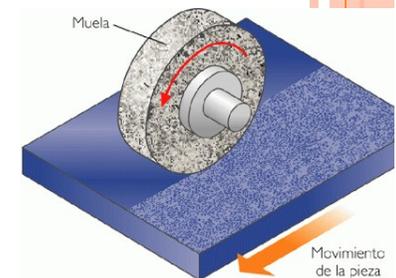
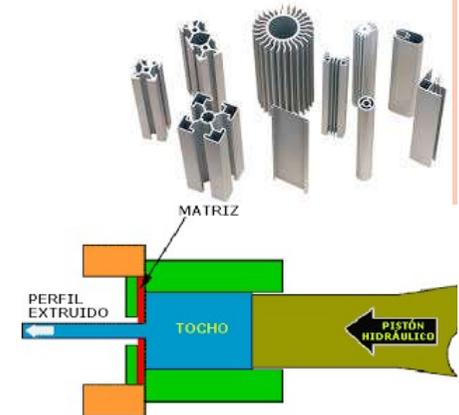
Dr. J. L. ...

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Kg: Factor de efectos diversos

- Datos experimentales. Algunos de ellos...
- **Tensiones residuales...**
 - ... de tracción: Acelera el crecimiento de grieta (forjado, extrusión, laminado,...)
 - ... de compresión: Retarda el crecimiento de grieta (granallado, recocido, ...)
- **Recubrimientos electrolíticos**
 - En general disminuyen S_e (cromado, niquelado, etc.)
- **Corrosión**
 - La corrosión disminuye S_e (concentración de tensiones)
 - Por deterioro superficial



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

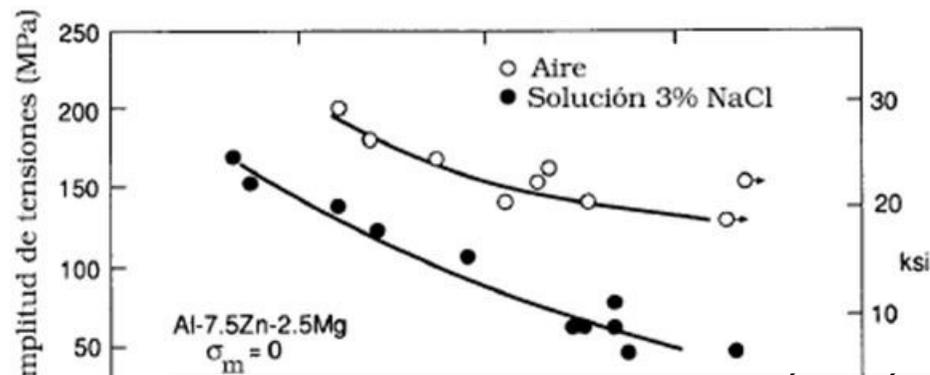
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Kg: Factor de efectos diversos

- El problema de la corrosión no es tan simple como encontrar el límite de fatiga para una muestra que se ha corroído.
- La razón es que **corrosión y fatiga ocurren simultáneamente**.
- Básicamente esto significa que siempre **existirá fallo en un componente sometido a tensiones repetidas en una atmósfera corrosiva**.
- **Es decir, “no existe” el límite de fatiga**



CORROSIÓN

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

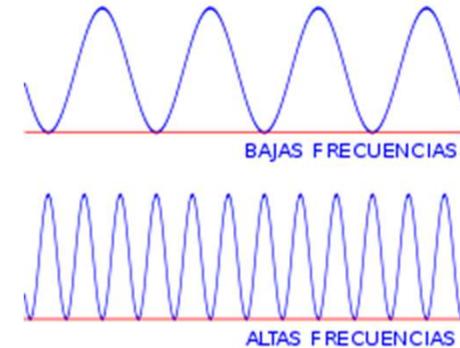
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

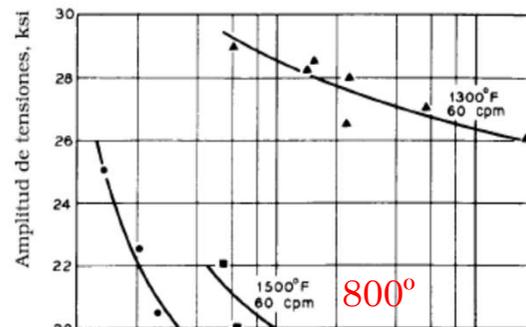
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN



○ Kg: Factor de efectos diversos

- Si por alguna razón el proceso de fatiga se convierte **en dependiente del tiempo, también es dependiente de la frecuencia.**
- Bajo **condiciones normales, el fallo por fatiga es independiente de la frecuencia.** Pero cuando existe corrosión o altas temperaturas, la frecuencia de aplicación es importante.
- **Para un nivel de tensiones dado, a medida que la frecuencia sea más baja y la temperatura más alta, se tiene una velocidad de propagación de grieta más alta y en consecuencia una vida inferior de fatiga.**



CREEP: Gran parte de las fallas ocurridas a altas temperaturas son atribuidas a **fluencia lenta** o a una combinación fluencia lenta-fatiga

Este actúa como si fuese viscoso y puede definirse como la **acumulación de deformación plástica con el tiempo.** **Sufre deformación anelástica; sus dimensiones cambian con el tiempo.**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Inconel.

Agrietamiento por "Creep" de un álabe de turbina de Gas.

Cartagena99

Dr. J. L. O. :

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

Corrosión por fretting

Tiene lugar cuando dos metales son mantenidos en contacto y sujetos a una repetición de deslizamientos cortos con movimientos relativos. (juntas atornilladas, cojinetes...)

Bureau Veritas.

- **Kg: Factor de efectos diversos. Fretting**
 - Tensiones de contacto, p.e. en uniones atornilladas.
 - El factor de reducción del límite de fatiga depende de los materiales utilizados y puede oscilar entre 0.24 y 0.9.
 - ↓ S'_e (0.24 - 0.9)
 - Los polímeros pueden incrementar su T^a debido a la carga cíclica, ya que estos materiales tienen un comportamiento viscoelástico, y la energía generada debe disiparse en forma de calor.
 - El efecto se agrava debido a que estos materiales tienen una conductividad térmica bajo.
 - Una consecuencia de esto es que la curva S-N no sólo está afectada por la frecuencia, sino también por el espesor del elemento, ya que los componentes más delgados pueden disipar mejor el calor generado.

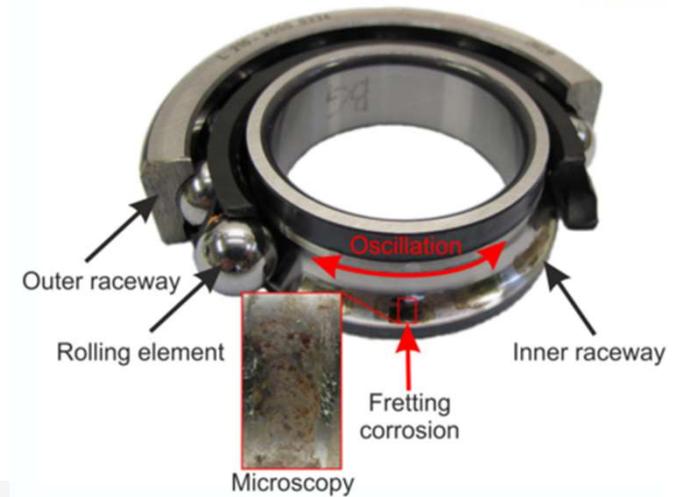
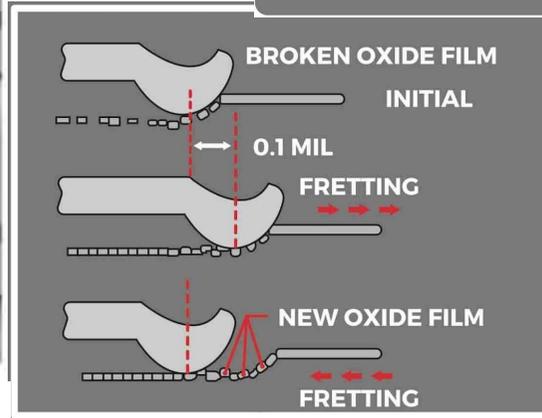
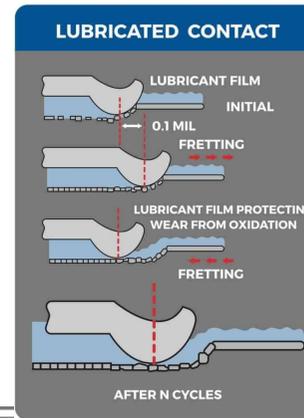
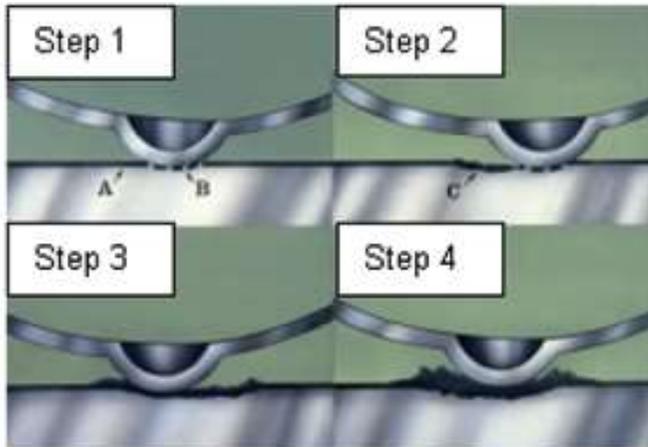
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

FRETTING



↑ menos noble / ↓ cátodo (metal más noble)

| |
|------------------------------------|
| Grafito |
| Titanio |
| Plata |
| Acero a prueba de ácido A4 -pasivo |
| Acero inoxidable A2 - pasivo |
| Iconel - pasivo |
| Níquel - pasivo |
| Soldadura de plata |
| Monel |
| Aleaciones de cobre/níquel |
| Bronce |
| Cobre |
| Latón |
| Estaño |
| Plomo |
| Soldadura de estaño |
| Acero fundido |



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

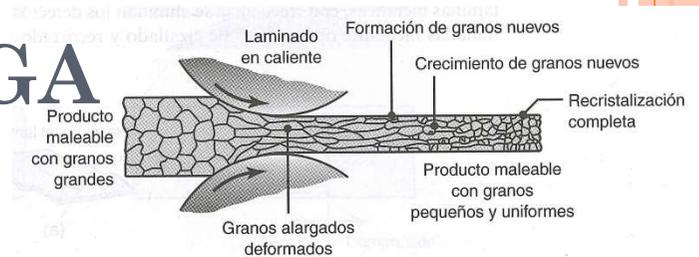
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN



○ Kg: Factor de efectos diversos. **Fretting**

- Tensiones residuales de compresión (inhibición crecimiento grieta). Mejora significativamente el comportamiento a fatiga.

- Shot-peening El granallado es un proceso diseñado específicamente para mejorar la resistencia a la fatiga de componentes sujetos a tensiones elevadas alternas.
- Laminado

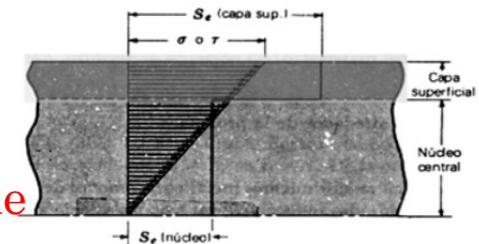
• Orientación Preferente de Grano (Forja)

Estirado, laminación, forja ⇒

Se transversal 10% menor que Se longitudinal

• Endurecimientos Superficiales

- Nitruración
- Templado superficial
- Problemas. Alteración de microestructura y composición química. Posible fallo bajo la superficie



• Recubrimientos:

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

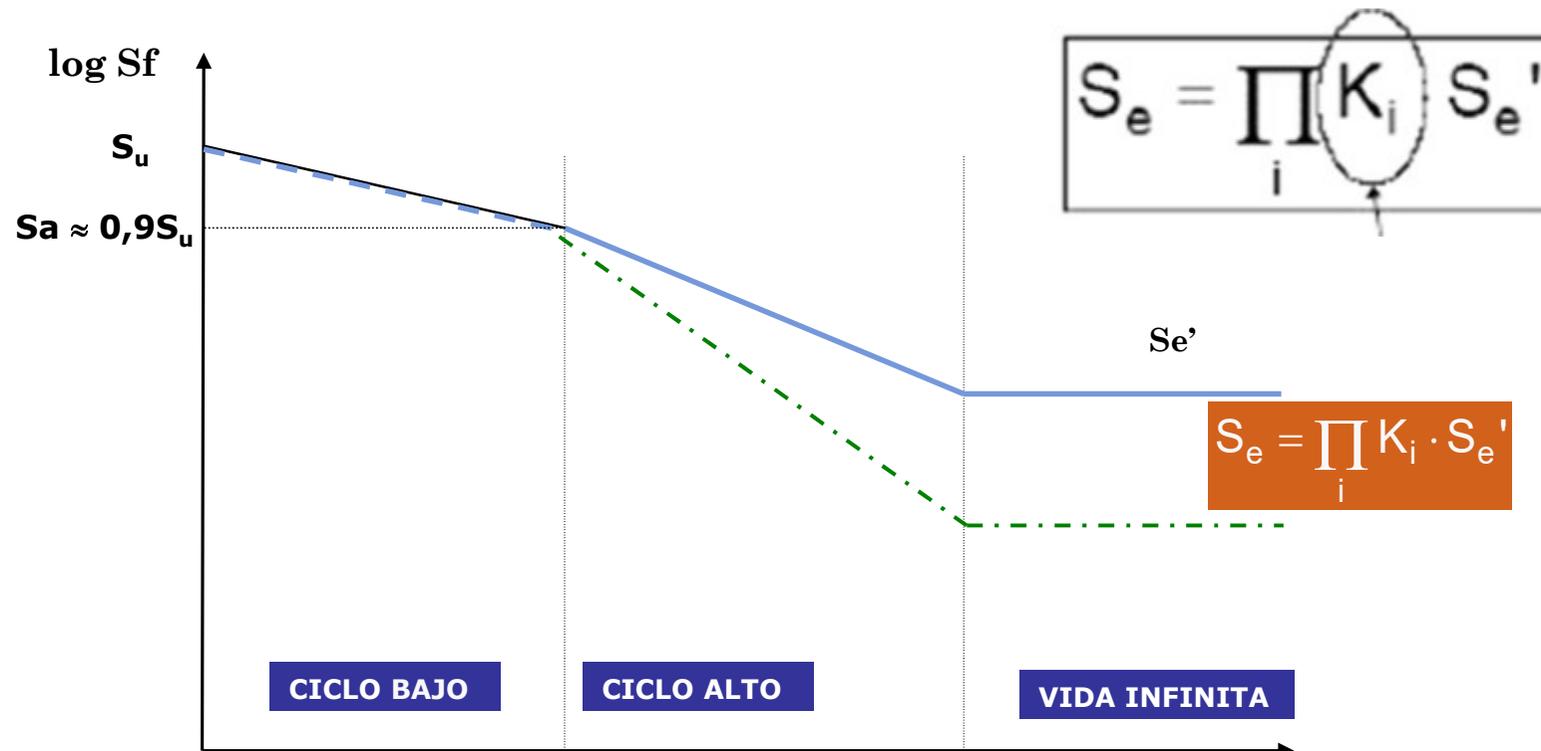
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Curva final



Cartagena99

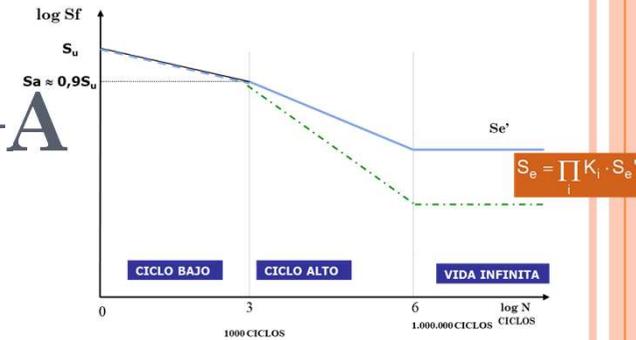
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN



○ Curva final

- La ecuación de la curva límite de fallo se puede escribir como $S_n = a \cdot N^b$
- $\log (S_n) = \log (a) + b \times \log (N)$
- Donde:
 - S_n es la resistencia a la fatiga a N ciclos
 - N es el número de ciclos
 - a es el punto de intersección con el eje de resistencia
 - b es la pendiente de la curva de fallo.
- Para hallar b basta aplicar la fórmula de la pendiente

PARA METALES FERROSOS :
$$b = \frac{\log(S_e) - \log(S_m)}{\log(10^6) - \log(10^3)} = \frac{1}{3} \cdot \log\left(\frac{S_e}{S_m}\right)$$

PARA METALES NO FERROSOS :
$$b = \frac{\log(S_f) - \log(S_m)}{\log(m) - \log(n)}$$

| Propiedades | Ejemplos |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| $\log m + \log n = \log (m \cdot n)$ | $\log_2 5 + \log_2 10 = \log_2 50$ |

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

Si $m > n$ $\log_a m > \log_a n$

Como $8 > 3$, $\log_5 8 > \log_5 3$.

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **Curva final**

La ecuación de la curva límite de fallo

$$S_n = a \cdot N^b$$

$$\log(S_n) = \log(a) + b \times \log(N)$$

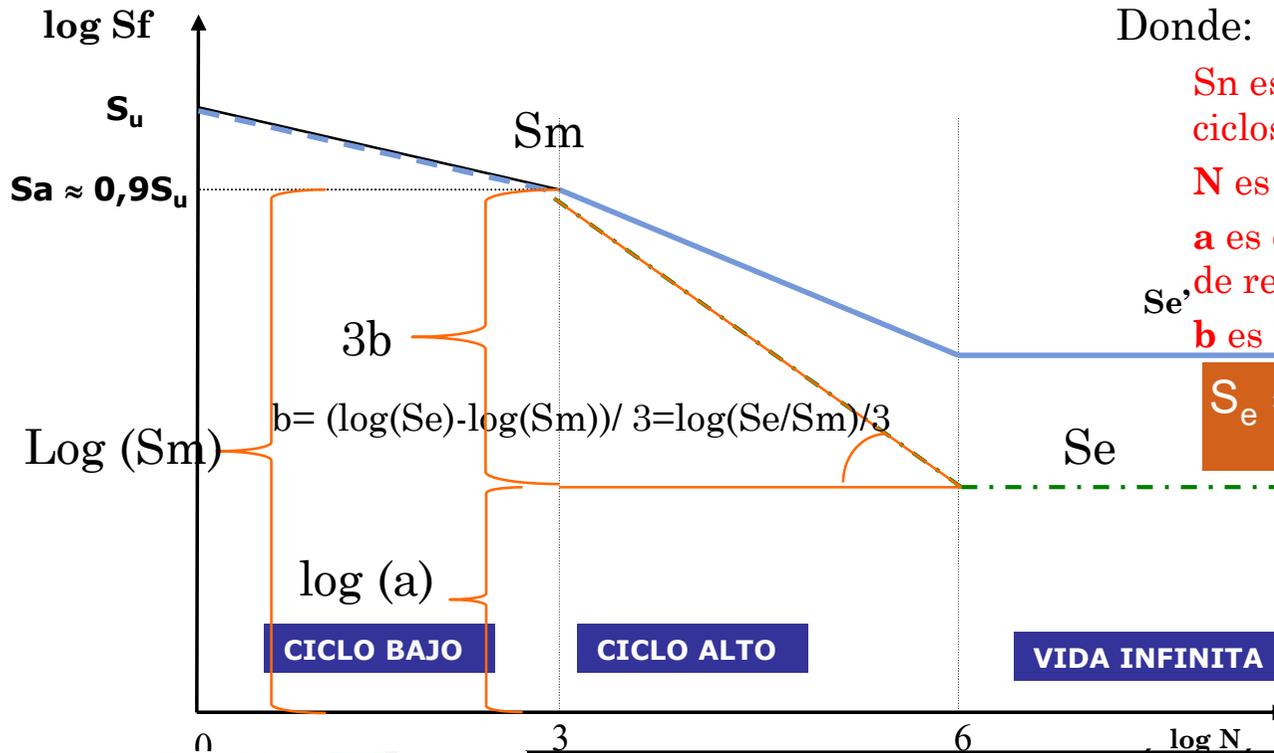
Donde:

S_n es la resistencia a la fatiga a N ciclos

N es el número de ciclos

a es el punto de intersección con el eje de resistencia

b es la pendiente de la curva de fallo.



$$S_e = \prod_i K_i \cdot S_e'$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

PARA METALES NO FERROSOS :

$$\log(N_f) - \log(10^3)$$

RESISTENCIA A LA FATIGA

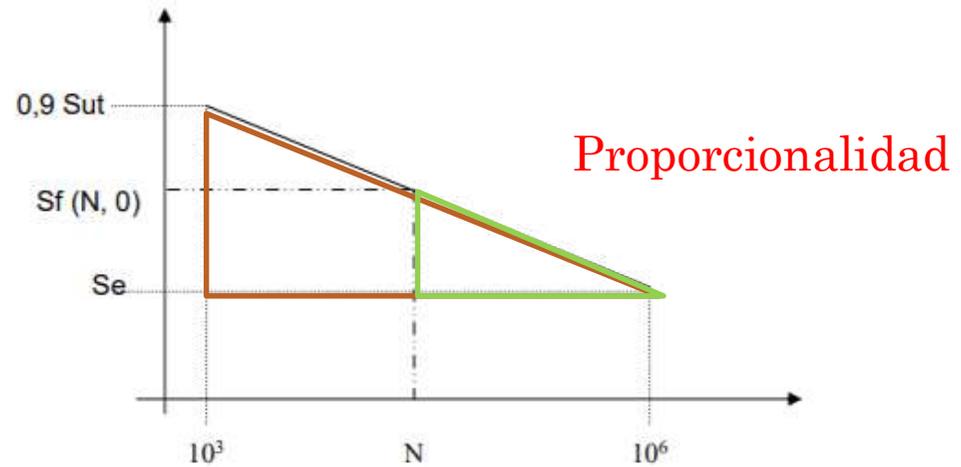
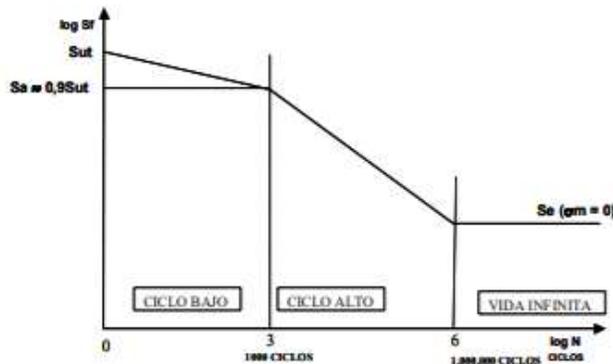
6. ECUACIÓN DE MARIN

Diagrama representativo de N en función de σ_a , dada una σ_m

$$\log S_f(N, \sigma_m) = \log S_f(N, \sigma_m = 0) - \log \frac{S_{ut}}{S_{ut} - \sigma_m}$$

Ciclo Alto

Ecuación de la recta para tensión media nula



Aceros.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

Diagrama representativo de N en función de σ_a , dada una σ_m

$$\log S_f(N, \sigma_m) = \log S_f(N, \sigma_m = 0) - \log \frac{S_{ut}}{S_{ut} - \sigma_m}$$

$$\log S_f(N, 0) = \frac{6-n}{6-3} [\log(0,9S_{ut}) - \log S_e] + \log S_e$$

$$\log S_f(N, \sigma_m) = \frac{6-n}{6-3} [\log(0,9S_{ut}) - \log S_e] + \log S_e - \log \frac{S_{ut}}{S_{ut} - \sigma_m}$$

N = 1000 ciclos

$$\log S_f(10^3, \sigma_m) = \log 0,9(S_{ut} - \sigma_m)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

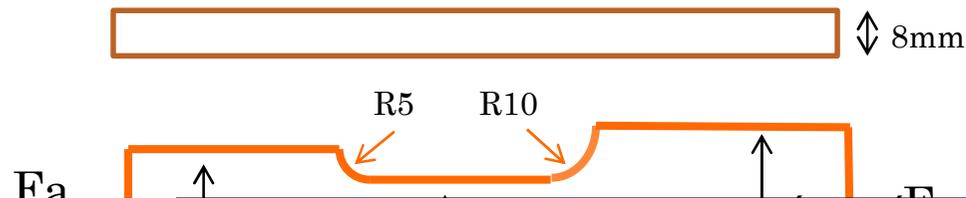
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- **Ejercicio:** La pieza mostrada en la figura (unidades en mm) se mecaniza a partir de una placa de acero laminado en frío con $S_{ut}=545 \text{ Mpa}$ y $S_y=365 \text{ MPa}$. La carga axial que se muestra es totalmente alternante: $F_a=6500 \text{ N}$. La temperatura del proceso es de 60°C y se requiere una fiabilidad de 99% en el cálculo.
- Se pide:
 - A) Sección donde probablemente fallará la pieza
 - B) Determinar el factor de seguridad de dicha sección para $N=450.000$ Ciclos y para vida infinita



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Valor de S_m (en 10^3 ciclos) ¿Cómo se obtiene?
 - Bibliografía
 - Ensayos anteriores
 - Aproximaciones

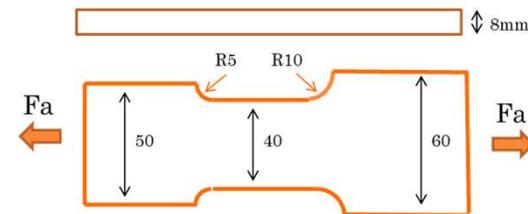
A flexión

$$S_m = 0.9 S_{ut}$$

Axial

$$S_m = 0.75 S_{ut}$$

La pieza mostrada en la figura (unidades en mm) se mecaniza a partir de una placa de acero laminado en frío con $S_{ut}=545$ Mpa y $S_y=365$ MPa.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

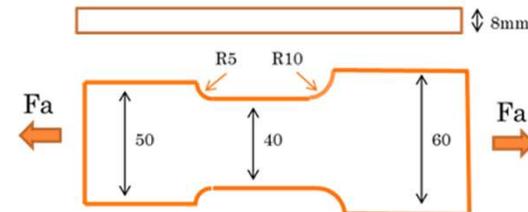
- Valor de S_m (en 10^3 ciclos) ¿Cómo se obtiene?
 - Bibliografía
 - Ensayos anteriores
 - Aproximaciones

A flexión

$$S_m = 0.9 S_{ut}$$

Axial

$$S_m = 0.75 S_{ut}$$



Cartagena99

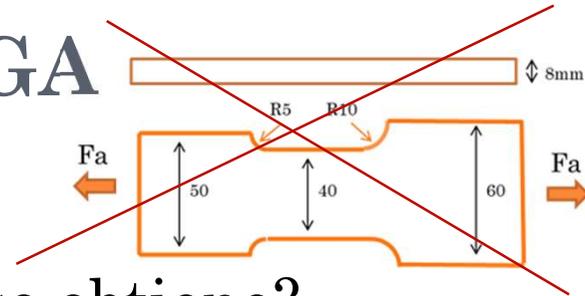
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N



- Valor de S'_e (en 10^6 ciclos) . ¿Cómo se obtiene?

- Bibliografía
- Ensayos anteriores
- Aproximaciones

La pieza mostrada en la figura (unidades en mm) se mecaniza a partir de una placa de acero laminado en frío con $S_{ut}=545$ Mpa y $S_y=365$ MPa.

Aceros

$$S'_e = 0.5 S_{ut}$$

$$S'_e = 700 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} \geq 1400 \text{ MPa}$$

Hierros

$$S'_e = 0.4 S_{ut}$$

$$S'_e = 160 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} \leq 400 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} \geq 400 \text{ MPa}$$

Aluminios

$$S'_e = 0.4 S_{ut}$$

$$S'_e = 130 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} \leq 330 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} \geq 330 \text{ MPa}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

○ Valor de S'_e (en 10^6 ciclos) . ¿Cómo se obtiene?

- Bibliografía
- Ensayos anteriores
- Aproximaciones

La pieza mostrada en la figura (unidades en mm) se mecaniza a partir de una placa de acero laminado en frío con $S_{ut}=545$ Mpa y $S_y=365$ MPa.

Aceros

| | |
|---------------------|------------------------|
| $S'_e = 0.5 S_{ut}$ | $S_{ut} \leq 1400$ MPa |
| $S'_e = 700$ MPa | $S_{ut} \geq 1400$ MPa |

Hierros

| | |
|---------------------|-----------------------|
| $S'_e = 0.4 S_{ut}$ | $S_{ut} \leq 400$ MPa |
| $S'_e = 160$ MPa | $S_{ut} \geq 400$ MPa |

Aluminios

| | |
|---------------------|-----------------------|
| $S'_e = 0.4 S_{ut}$ | $S_{ut} \leq 330$ MPa |
| $S'_e = 130$ MPa | $S_{ut} \geq 330$ MPa |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Ejercicio: Placa de acero laminado en frío

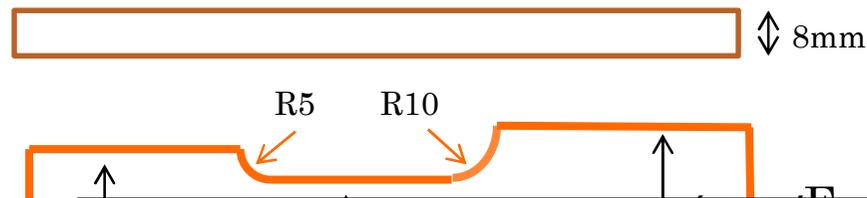
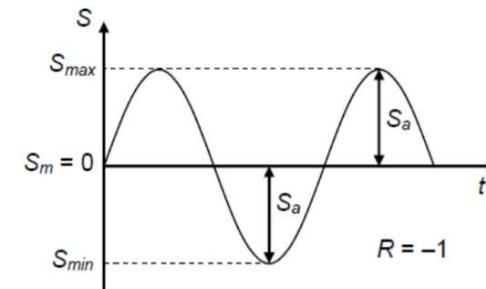
○ $S_{ut}=545 \text{ Mpa}$

○ $S_y=365 \text{ MPa}$.

| | | | |
|---------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------|
| S_m | Axial | $S_m = 0.75 S_{ut}$ | 408,75 Mpa |
| Aceros | $S_e' = 0.5 S_{ut}$ | $S_{ut} < 1400 \text{ MPa}$ | $S_e' =$ |
| | $S_e' = 700 \text{ MPa}$ | $S_{ut} > 1400 \text{ MPa}$ | 272,5 Mpa |

○ La carga axial alternante: $F_a=6500 \text{ N}$.

○ $F_{max}= 6500 \text{ N}$ $F_{min}=6500 \text{ N}$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

Sut en MPa

Si $K_a > 1 \rightarrow K_a = 1$

o Ka: Factor de acabado superficial

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

- Ensayo de probeta rotatoria
 - o **Probeta pulida (a espejo)** con pulimento fino en dirección axial
- Pieza real
 - o Peor acabado superficial $\Rightarrow \downarrow S_e$
 - o Mayor rugosidad en la superficie que produce un fenómeno de concentración de tensiones
- Función de:
 - o Calidad del acabado superficial
 - o Resistencia última del material ($\uparrow S_u \Rightarrow \downarrow S_e$)
 - o **Para ciclos bajos (<1000) se puede tomar siempre $K_a=1$**

Hierro Fundido

$K_a=1$

La pieza mostrada en la figura (unidades en mm) se mecaniza a partir de una placa de acero laminado en frío

| Acabado superficial | Coficiente a (MPa) | Exponente b |
|---------------------|--------------------|-------------|
| Pulido | 1 | 0 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod K_i S_e'$$

Sut en MPa

Si $K_a > 1 \rightarrow K_a = 1$

- **Ka: Factor de acabado superficial**

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

- Ensayo de probeta rotatoria
 - **Probeta pulida (a espejo)** con pulimento fino en dirección axial
- Pieza real Hierro Fundido
 - Peor acabado superficial $\Rightarrow \downarrow S_e$ Ka=1
 - Mayor rugosidad en la superficie que produce un fenómeno de concentración de tensiones
- Función de:
 - Calidad del acabado superficial
 - Resistencia última del material ($\uparrow S_u \Rightarrow \downarrow S_e$)
 - **Para ciclos bajos (<1000) se puede tomar siempre Ka=1**

| Acabado superficial | Coefficiente a (MPa) | Exponente b |
|---------------------|-------------------------|-------------|
| Pulido | 1 | 0 |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **K_b** : Factor de tamaño

- Ensayo de probeta rotatoria
 - Probeta con sección circular, diámetro normalizado (7.5 a 12.5 mm)
- Pieza real
 - Sección circular / diámetro diferente
 - **En 10^3 : $K_b = 1$ (no influye el tamaño)**
 - **En 10^6 : el diámetro de probeta influye en flexión y torsión, no con carga axial**
- Flexión / Torsión [Shigley. Pag. 280]

$$K_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$$

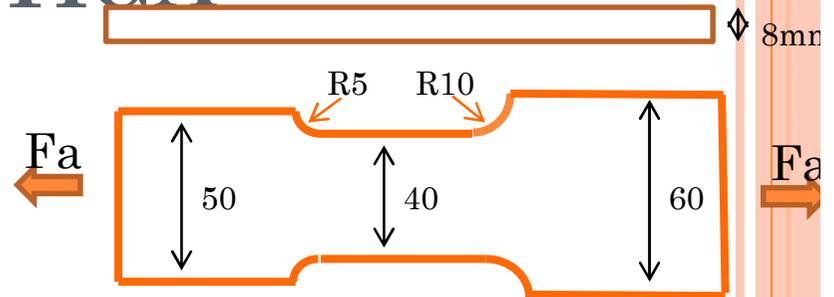
$$2,79 \leq d \text{ (mm)} \leq 51$$

$$K_b = 1,51 \cdot d^{-0,157}$$

$$51 \leq d \text{ (mm)} \leq 254$$

$$K_b = 0,6$$

$$d \text{ (mm)} > 254$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- **K_b: Factor de tamaño**

- Ensayo de probeta rotatoria
 - Probeta con sección circular, diámetro normalizado (7.5 a 12.5 mm)
- Pieza real
 - Sección circular / diámetro diferente
 - **En 10³: K_b = 1 (no influye el tamaño)**
 - **En 10⁶: el diámetro de probeta influye en flexión y torsión, no con carga axial**
- Flexión / Torsión [Shigley. Pag. 280]

$$K_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$$

$$2,79 \leq d \text{ (mm)} \leq 51$$

$$K_b = 1,51 \cdot d^{-0,157}$$

$$51 \leq d \text{ (mm)} \leq 254$$

$$K_b = 0,6$$

$$d \text{ (mm)} > 254$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

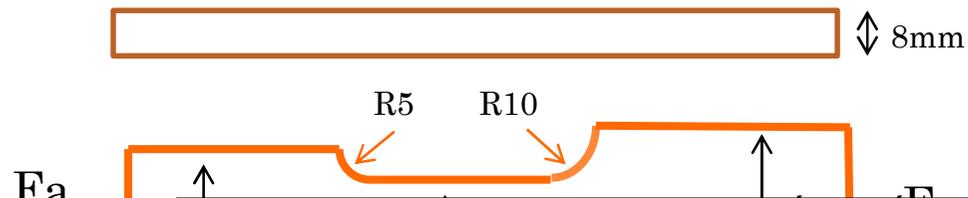
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **Kc: Factor de modificación de carga**

Probeta a flexión rotativa.

- Carga a flexión: **$K_c = 1$**
- Carga axial: $K_c = 0,85$ (Otros autores **$K_c=0,7$**)
- Carga torsión (sólo para fatiga torsional): **$K_c = 0.59$**
- Carga torsión combinada con flexión: **$K_c = 1$**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **Kc: Factor de modificación de carga**

Probeta a flexión rotativa.

- Carga a flexión: **$K_c = 1$**
- Carga axial: **$K_c = 0,85$** (Otros autores **$K_c=0,7$**)
- Carga torsión (sólo para fatiga torsional): **$K_c = 0.59$**
- Carga torsión combinada con flexión: **$K_c = 1$**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **K_d: Factor de temperatura**

60° C

- Aplicable también para ciclos bajos (<1000)
- Fórmulas únicamente para Aceros

Norton Pag. 381

- $T \leq 450^{\circ}\text{C}$ $K_d=1$
- $450^{\circ}\text{C} \leq T \leq 550^{\circ}\text{C}$ $K_d=1-0,0058 \cdot (T-450)$

- No debe utilizarse para otros materiales
- Para temperaturas mayores la termofluencia adquiere un valor significativo y la curva S-N ya no tendrá un codo.
- Nota. Criterio diferente en Shigley Pag. 283.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **Kd: Factor de temperatura**

60° C

- Aplicable también para ciclos bajos (<1000)
- Fórmulas únicamente para Aceros

Norton Pag. 381

- $T \leq 450^{\circ}\text{C}$

$$K_d=1$$

- $450^{\circ}\text{C} \leq T \leq 550^{\circ}\text{C}$

$$K_d=1-0,0058 \cdot (T-450)$$

- No debe utilizarse para otros materiales
- Para temperaturas mayores la termofluencia adquiere un valor significativo y la curva S-N ya no tendrá un codo.
- Nota. Criterio diferente en Shigley Pag. 283.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

99%

o Ke: Factor de fiabilidad

| <i>Fiabilidad</i> | <i>Factor de fiabilidad Kc</i> |
|-------------------|--------------------------------|
| 0.5 | 1 |
| 0.9 | 0.897 |
| 0.95 | 0.868 |
| 0.99 | 0.814 |
| 0.999 | 0.753 |
| 0.9999 | 0.702 |
| 0.99999 | 0.659 |
| 0.999999 | 0.620 |
| 0.9999999 | 0.584 |
| 0.99999999 | 0.551 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

o Ke: Factor de fiabilidad

| <i>Fiabilidad</i> | <i>Factor de fiabilidad Kc</i> |
|-------------------|--------------------------------|
| 0.5 | 1 |
| 0.9 | 0.897 |
| 0.95 | 0.868 |
| 0.99 | 0.814 |
| 0.999 | 0.753 |
| 0.9999 | 0.702 |
| 0.99999 | 0.659 |
| 0.999999 | 0.620 |
| 0.9999999 | 0.584 |
| 0.99999999 | 0.551 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

- Ejercicio: La carga axial alternante: $F_a = 6500\text{N}$.

- K_a : Acabado superficial. Placa de acero mecanizada laminado en frío

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

| Acabado superficial | Coefficiente a (MPa) | Exponente b |
|--|----------------------|-------------|
| Pulido | 1 | 0 |
| Acabado fino (esmerilado, rectificado) | 1.58 | -0.085 |
| Mecanizado sin acabar/estirado en frío | 4.51 | -0.265 |
| Laminado en caliente | 57.7 | -0.718 |
| Forjado | 272 | -0.995 |

| | |
|-------|-------|
| K_a | 0,849 |
|-------|-------|

- K_a : Acabado superficial. **$K_a = 0,849$**
- K_b : Factor de tamaño. Carga Axial. **$K_b = 1$.**
- K_c : Factor de modificación de carga. Carga axial: **$K_c = 0,85$.**
- K_d : Factor de temperatura. $T^a = 60^\circ\text{C}$ $T \leq 450^\circ\text{C}$ **$K_d = 1$**
- K_e : Factor de fiabilidad. Fiabilidad de 99% **$K_e = 0,814$**

Fiabilidad

Factor de fiabilidad K_c

Cartagena99

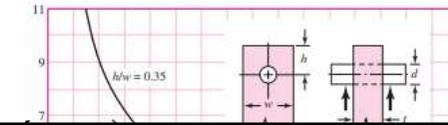
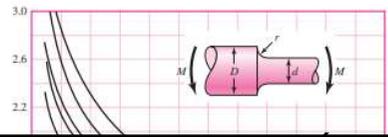
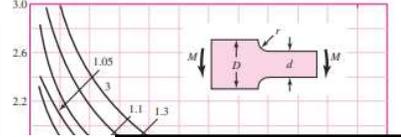
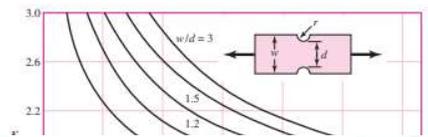
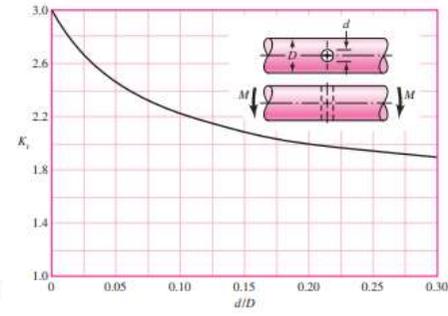
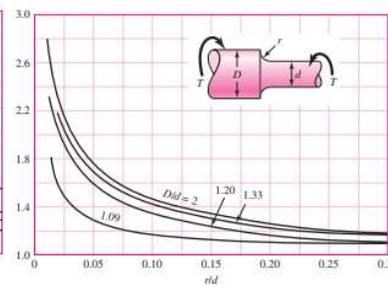
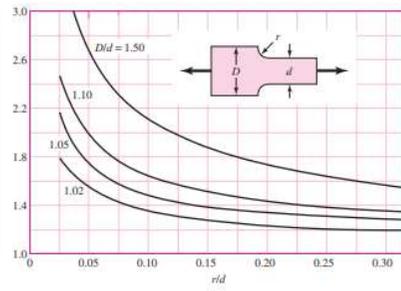
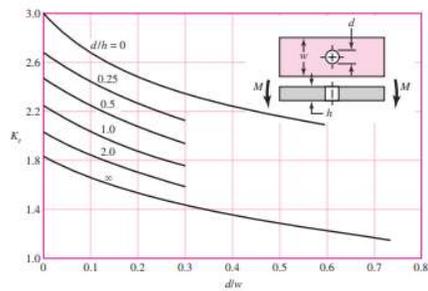
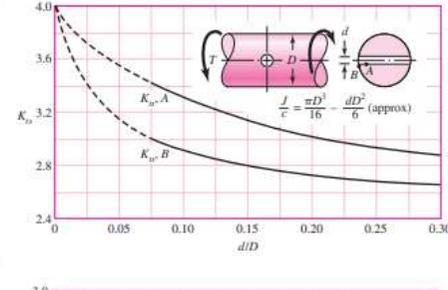
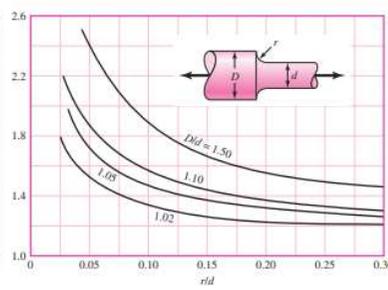
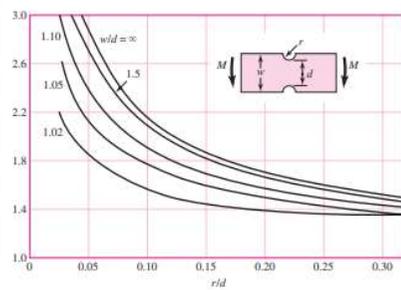
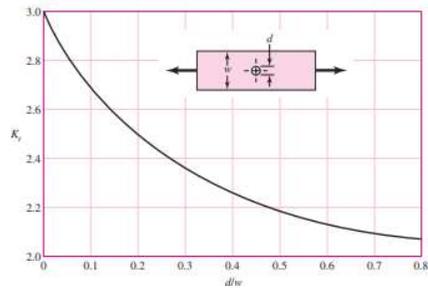
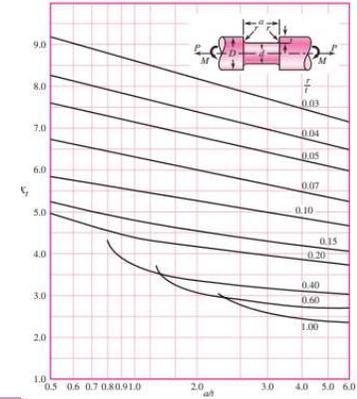
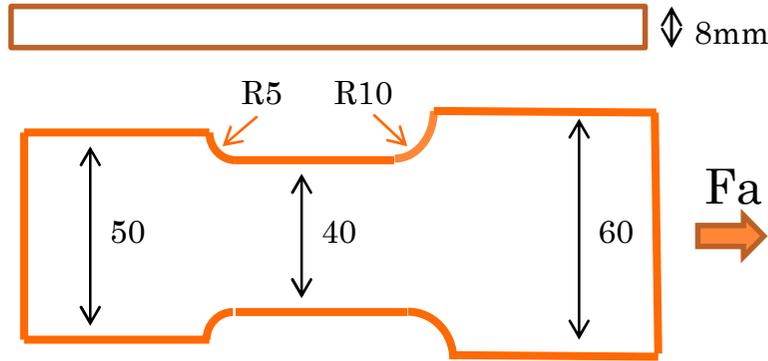
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

KT

Fa



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

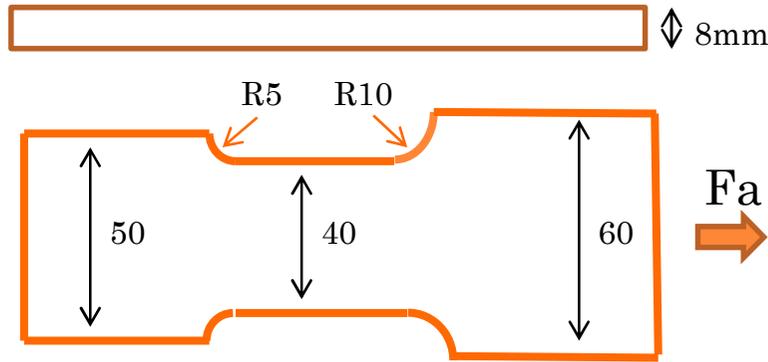
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

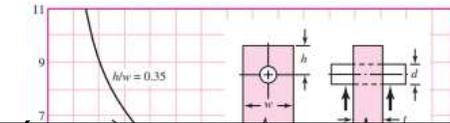
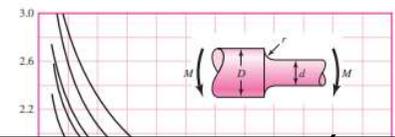
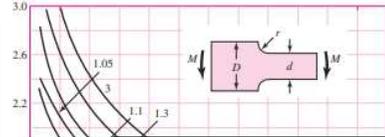
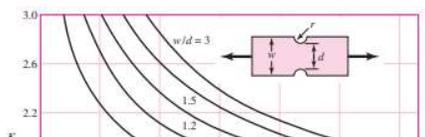
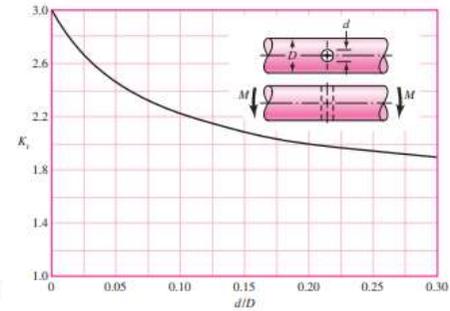
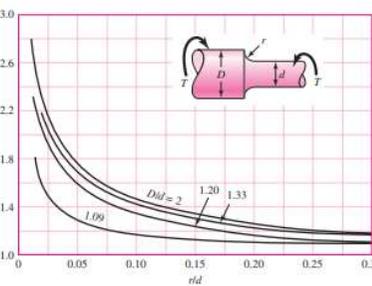
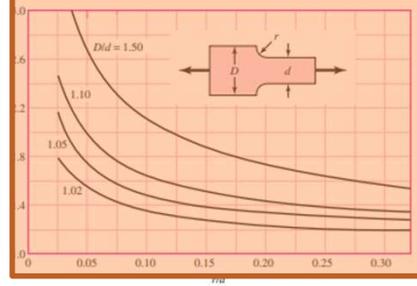
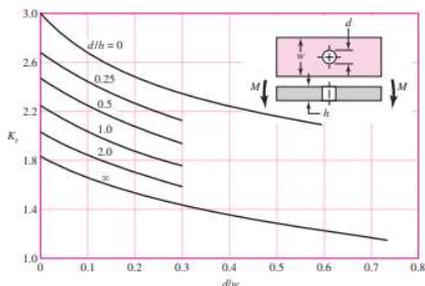
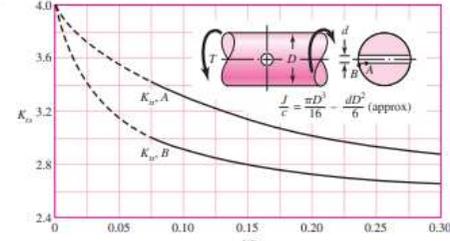
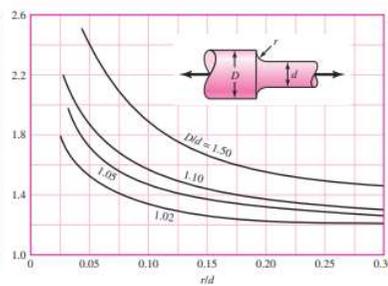
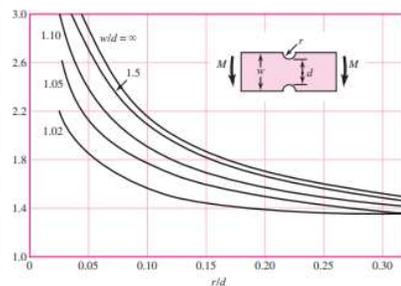
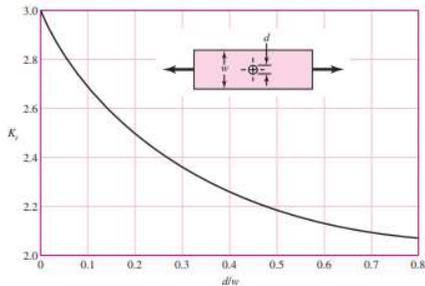
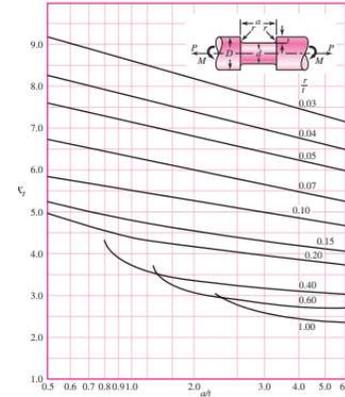
Dr. J. L. O. y MABH

KT

Fa



Fa



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

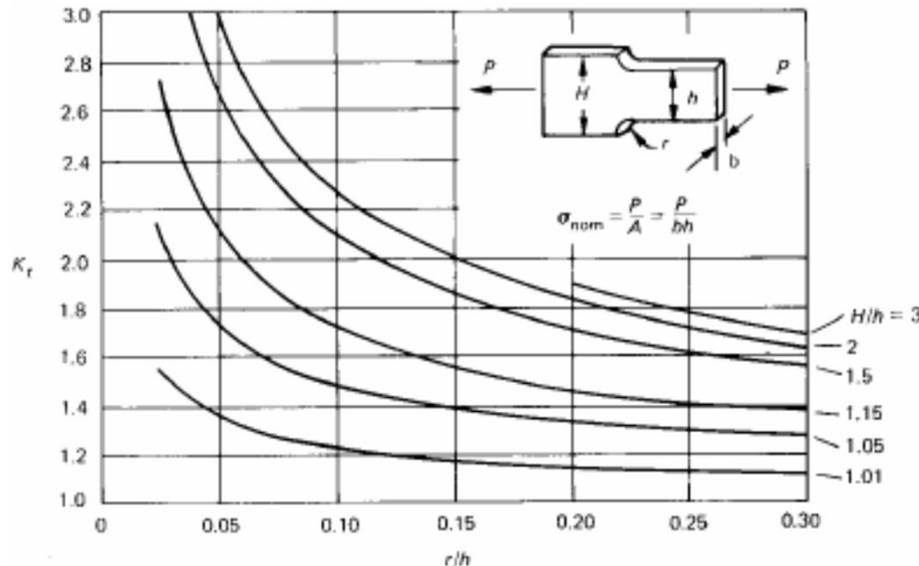
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

- Ejercicio: Placa de acero laminado en frío
- A) Sección donde probablemente fallará la pieza
 - $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones



Caso r5 $K_t = 1,8$

Axial: $H=50$ mm, $h=40$ mm, $r=5$ mm

Caso r10

Axial: $H=60$ mm, $h=40$ mm, $r=10$ mm

8mm

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

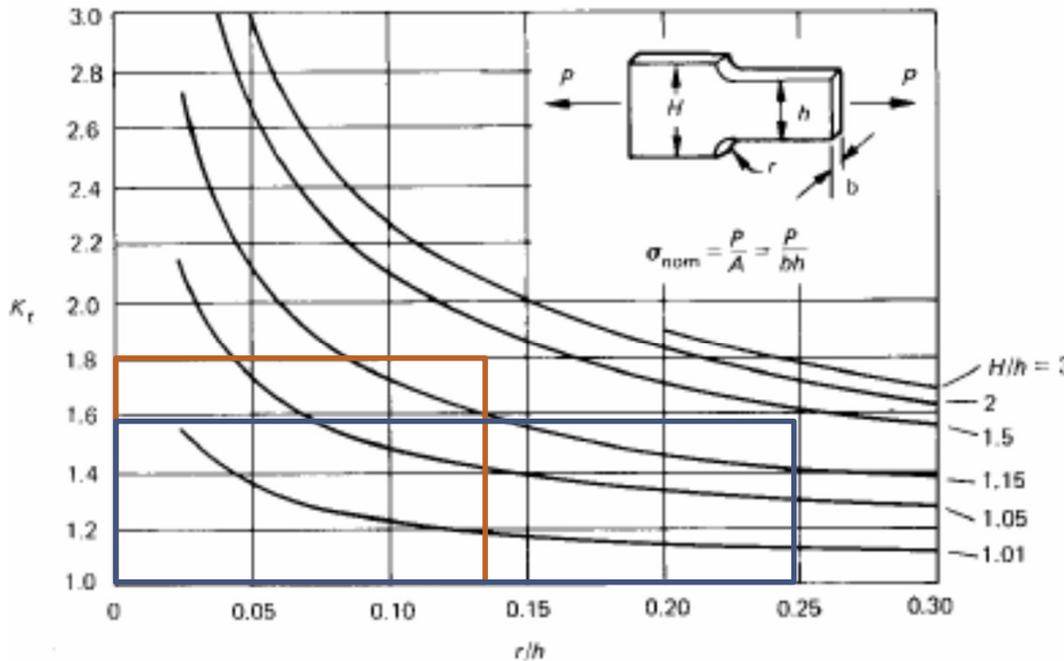
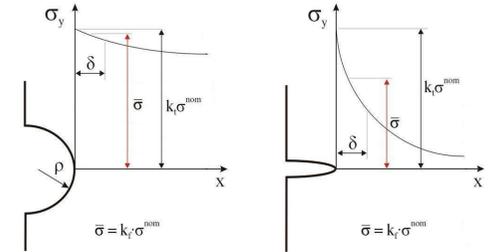
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

o **Ejercicio:** Placa de acero laminado en frío

o 1/Kf: Factor de concentración de tensiones



$\rho \downarrow \Rightarrow \text{grad}(\sigma) \Rightarrow k_f / k_t \downarrow$

Caso r5 Kt= 1,8

Axial: H=50 mm, h=40 mm, r= 5 mm

Caso r10

Axial: H=60 mm, h=40 mm, r= 10mm

| | | | |
|-----|------|-----|------|
| H | 50 | H | 60 |
| h | 40 | h | 40 |
| r | 5 | r | 10 |
| r/h | 0,13 | r/h | 0,25 |
| H/h | 1,25 | H/h | 1,50 |

8mm

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

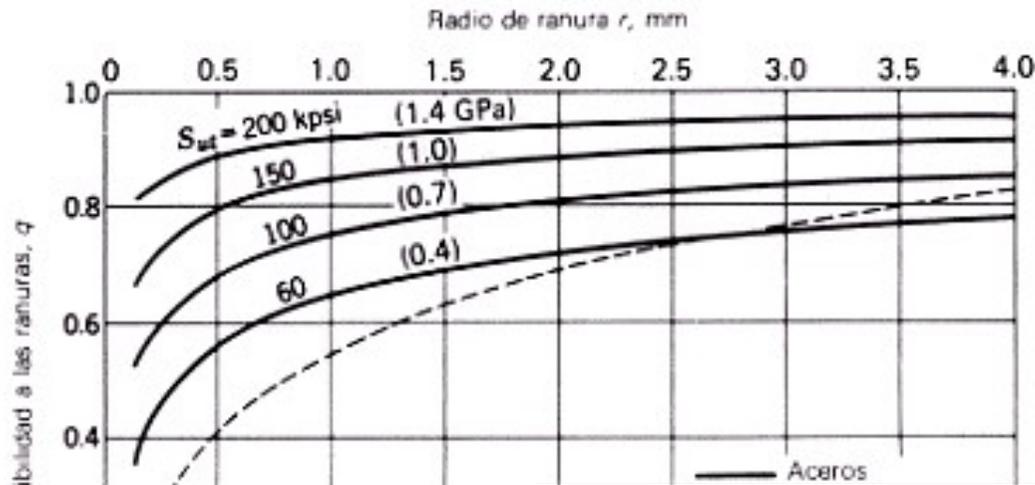
○ Ejercicio: Placa de acero laminado en frío

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones. Sensibilidad a la entalla q .
- Cargas de flexión y axiales alternantes. $S_{ut}=545$ Mpa, $R= 5$ mm. $R>r$ Tomar valor $r=4$ mm,

$S_{ut}=545$ Mpa

| | |
|-------|-----|
| K_t | 1,8 |
|-------|-----|

$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$



8mm

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Radio de ranura r , pulg

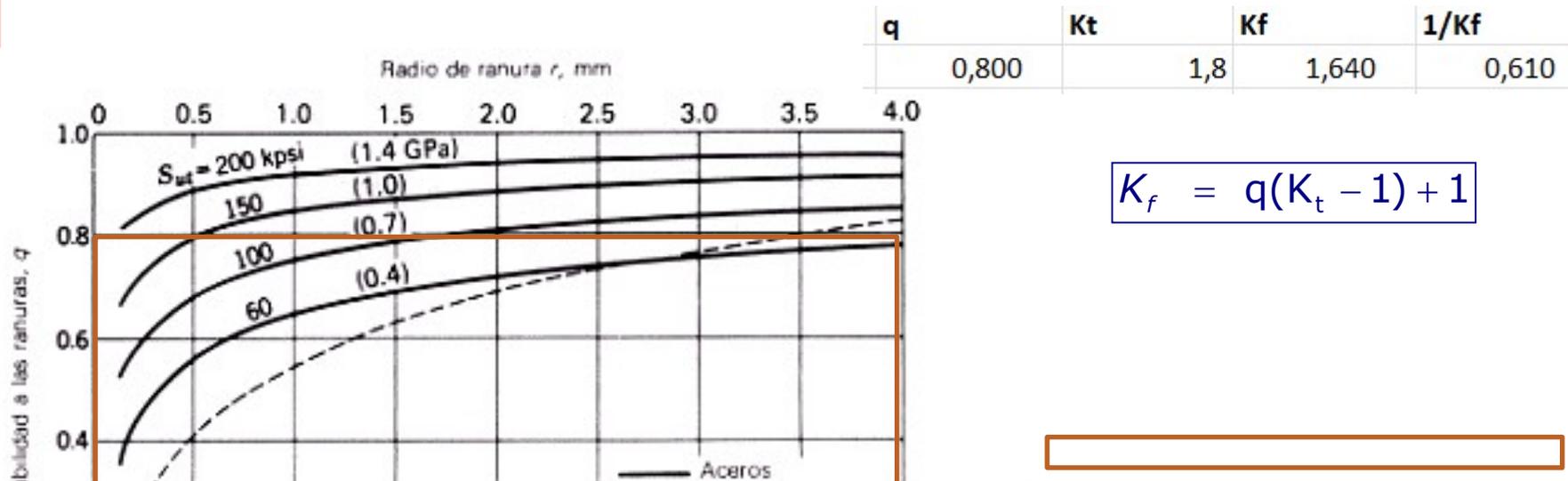
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

○ Ejercicio: Placa de acero laminado en frío

- 1/K_f: Factor de concentración de tensiones. Sensibilidad a la entalla q.
- Cargas de flexión y axiales alternantes. S_{ut}=545 Mpa, R= 5mm.
R>r Tomar valor r=4mm, **q= 0,8 K_t=1,64 1/K_f=0,61**



$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Radio de ranura r, pulg

RESISTENCIA A LA FATIGA

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

6. ECUACIÓN DE MARIN

Ejercicio: Placa de acero laminado en frío

- o 1/Kf: Factor de concentración de tensiones. Sensibilidad a la entalla q.
- o Cargas de flexión y axiales alternantes. Sut=545 Mpa, R= 5mm.
- o Interpolación entre Sn=485 y Sn=550. $q = 0,847$ $K_f = 1,677$ $1/K_f = 0,596$

| | | | | |
|----------------|-------|-----|-------|-------|
| | q | Kt | Kf | 1/Kf |
| Formula | 0,847 | 1,8 | 1,677 | 0,596 |
| | q | Kt | Kf | 1/Kf |
| Tablas | 0,800 | 1,8 | 1,640 | 0,610 |

$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}}$$

| S_u | | \sqrt{a} | | | |
|-------|-------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| (ksi) | (MPa) | Carga axial y flexión | | Torsión | |
| | | (in ^{0.5}) | (mm ^{0.5}) | (in ^{0.5}) | (mm ^{0.5}) |
| 50 | 345 | 0.130 | 0.66 | 0.093 | 0.47 |
| 55 | 380 | 0.118 | 0.59 | 0.087 | 0.44 |
| 60 | 415 | 0.108 | 0.54 | 0.080 | 0.40 |
| 70 | 485 | 0.093 | 0.47 | 0.070 | 0.35 |
| 80 | 550 | 0.080 | 0.40 | 0.062 | 0.31 |
| 90 | 620 | 0.070 | 0.35 | 0.055 | 0.28 |
| 100 | 690 | 0.062 | 0.31 | 0.049 | 0.25 |
| 110 | 760 | 0.055 | 0.28 | 0.044 | 0.22 |
| 120 | 825 | 0.049 | 0.25 | 0.039 | 0.20 |

| Sut | 545 Mpa | |
|-------------------------------------|---------|-------------|
| Intervalo | Sn | a |
| s1 | 485 | a1 0,47 |
| s2 | 550 | a2 0,4 |
| s2-s1 | 65 | a2-a1 -0,07 |
| Tg | - | 0,001077 |
| Sut-s1 | 60 | |
| aut ^(1/2) =a1+tg(sut-s1) | | 0,405 |

⬇ 8mm

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

| | | | | | |
|-----|------|-------|------|--|--|
| 240 | 1655 | 0.009 | 0.05 | | |
|-----|------|-------|------|--|--|

RESISTENCIA A LA FATIGA

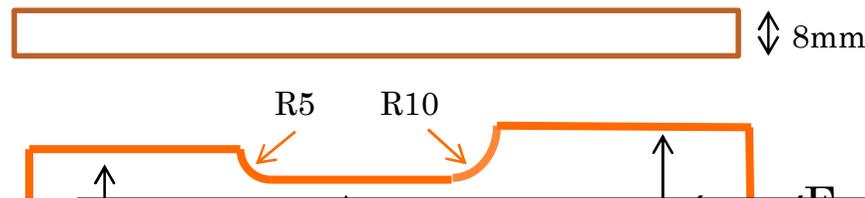
6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

Ejercicio: Placa de acero laminado en frío

- Ka: Acabado superficial. Ka=0,849
- Kb: Factor de tamaño. Carga Axial. Kb=1.
- Kc: Factor de modificación de carga. Carga axial: Kc = 0,85.
- Kd: Factor de temperatura. $T^a = 60^\circ\text{C } T \leq 450^\circ\text{C}$ Kd=1
- Ke: Factor de fiabilidad. Fiabilidad de 99% Ke=0,814
- 1/Kf: Concentración de tensiones. **Kt=1,8** **q= 0,847**, **Kf=1,677** **1/Kf=0,596**
- Kg: Factor de efectos diversos. Nada. Kg=1

| Ka | kb | kc | Kd | Ke | 1/Kf | Kg | S'e | Se |
|-------|----|----|------|----|-------|-------|-----|-------|
| 0,849 | | 1 | 0,85 | 1 | 0,814 | 0,596 | 1 | 272,5 |



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

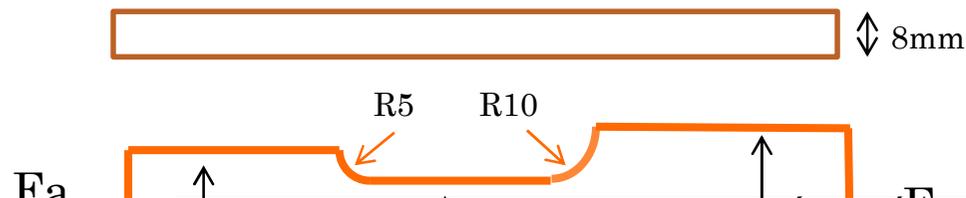
6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

○ Ejercicio: Placa de acero laminado en frío

- Ka: Acabado superficial. $K_a=0,849$
- Kb: Factor de tamaño. Carga Axial. $K_b=1.$
- Kc: Factor de modificación de carga. Carga axial: $K_c = 0,85.$
- Kd: Factor de temperatura. $T^a= 60^\circ\text{C } T \leq 450^\circ\text{C}$ $K_d=1$
- Ke: Factor de fiabilidad. Fiabilidad de 99% $K_e=0,814$
- 1/Kf: Concentración de tensiones. $K_t=1,8 \quad q= 0,847, K_f=1,677$ $1/K_f=0,596$
- Kg: Factor de efectos diversos. Nada. $K_g=1$

| Ka | kb | kc | Kd | Ke | 1/Kf | Kg | S'e | Se | |
|-------|----|----|------|----|-------|-------|-----|-------|-----------|
| 0,849 | | 1 | 0,85 | 1 | 0,814 | 0,596 | 1 | 272,5 | 95,47 Mpa |



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

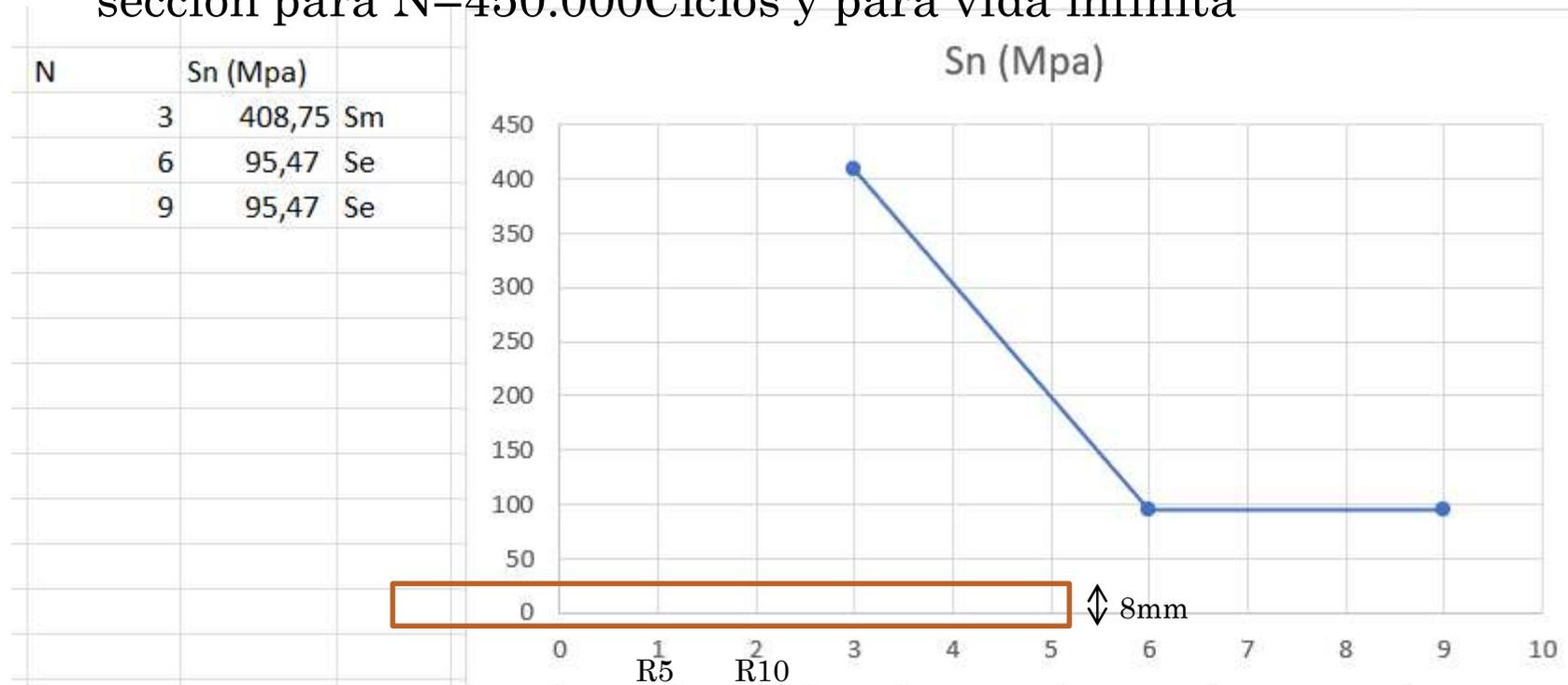
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- **Ejercicio:** B) Determinar el factor de seguridad de dicha sección para $N=450.000$ Ciclos y para vida infinita



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

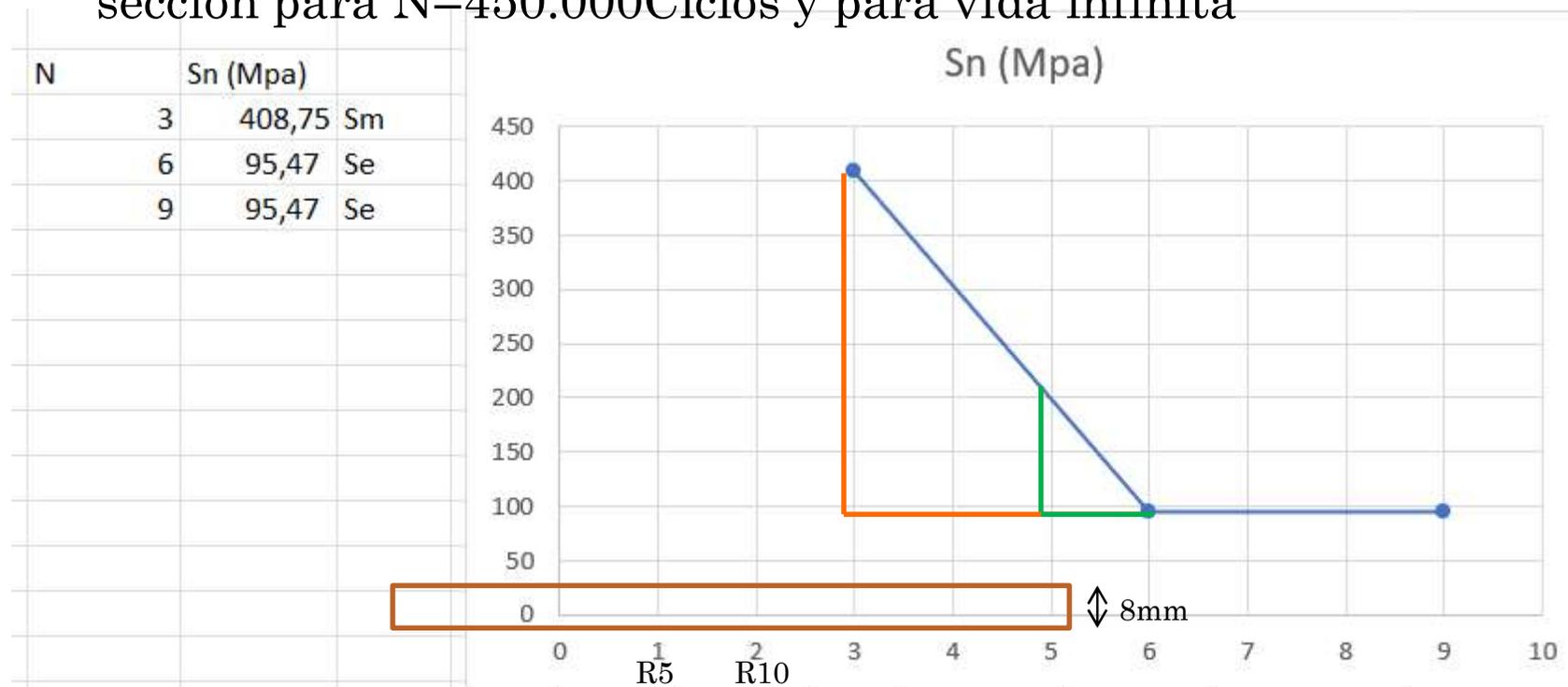
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- Ejercicio: B) Determinar el factor de seguridad de dicha sección para $N=450.000$ Ciclos y para vida infinita



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

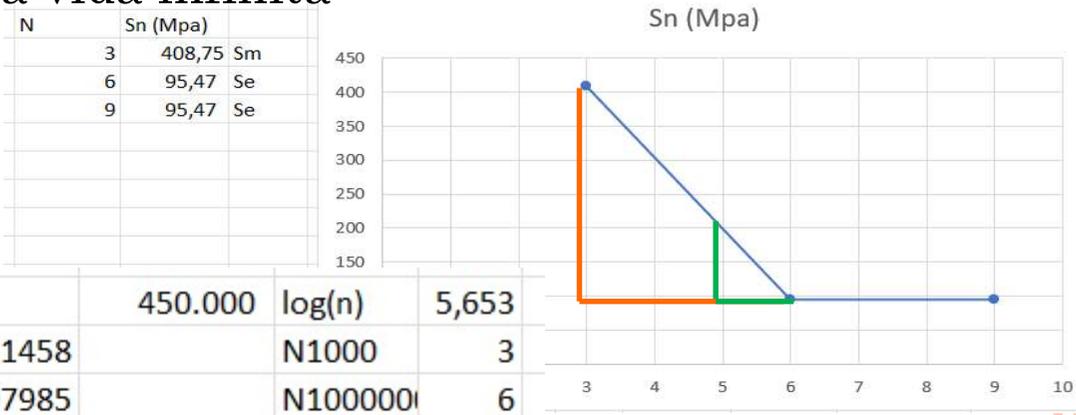
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

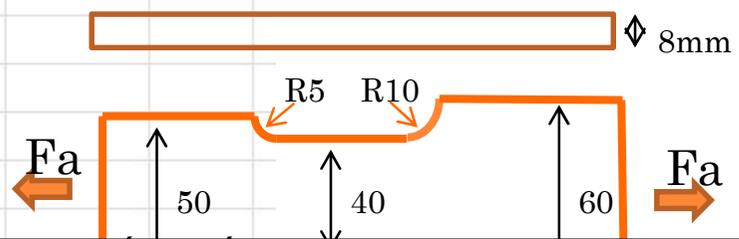
6. ECUACIÓN DE MARIN

- B) Determinar el factor de seguridad de dicha sección para $N=450.000$ Ciclos y para vida infinita



| Sn | ? | | N | 450.000 | log(n) | 5,653 |
|----|--------|---------|----------|---------|---------|-------|
| Sm | 408,75 | log(Sm) | 2,611458 | | N1000 | 3 |
| Se | 95,47 | Log(Se) | 1,97985 | | N100000 | 6 |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|---|------------------------------------|---|-------|--|--|
| $\frac{\log S_m - \log S_e}{6-3}$ | = | $\frac{\log(S_n) - \log S_e}{6-n}$ | | | | |
| $\frac{0,631607458}{3}$ | = | $\frac{\log(S_n) - 1,980}{0,347}$ | - | 1,980 | | |
| $0,210535819$ | = | $\frac{\log(S_n) - 1,980}{0,347}$ | | | | |



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



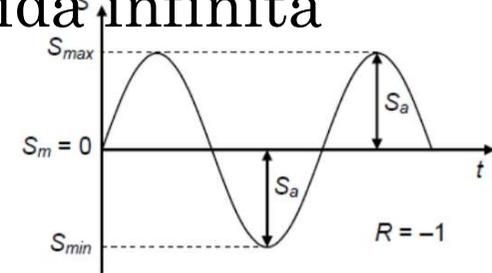
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

RESISTENCIA A LA FATIGA

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

6. ECUACIÓN DE MARIN

- B) Determinar el factor de seguridad de dicha sección para N=450.000 Ciclos y para vida infinita
- La carga axial alternante: Fa=6500N.
- Fmax= 6500N Fmin=-6500N



| Tensión=F/A | | | | |
|-------------|-------------------------------|-------------------|---------------------|--|
| | h | e | A | |
| A=h*e | 40 | 8 | 320 mm ² | |
| Fmax | $\frac{\sigma_{max}}$ | | | |
| 6500 | 20,3125 | N/mm ² | | |
| Fmin | $\frac{\sigma_{min}}$ | | | |
| -6500 | -20,3125 | N/mm ² | | |
| | $\sigma_{max} + \sigma_{min}$ | | | |

Jordi
 $\frac{20,31}{112,9} = \frac{1}{CS}$

Factor de seguridad

$$n_s = \frac{\sigma_y}{\sigma_d}$$

donde: σ_y es el esfuerzo normal permisible y σ_d es el esfuerzo normal obtenido en el diseño.

| | | |
|---------|-----------|-----------------------|
| N | 450.000 | |
| Sn | 112,94 | MPa=N/mm ² |
| Sd | 20,3125 | MPa=N/mm ² |
| CS= ns= | 5,56 | |
| N | 1.000.000 | |
| Se | 95,47 | MPa=N/mm ² |
| Sd | 20,3125 | MPa=N/mm ² |
| CS= ns= | 4,70 | |

8mm

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

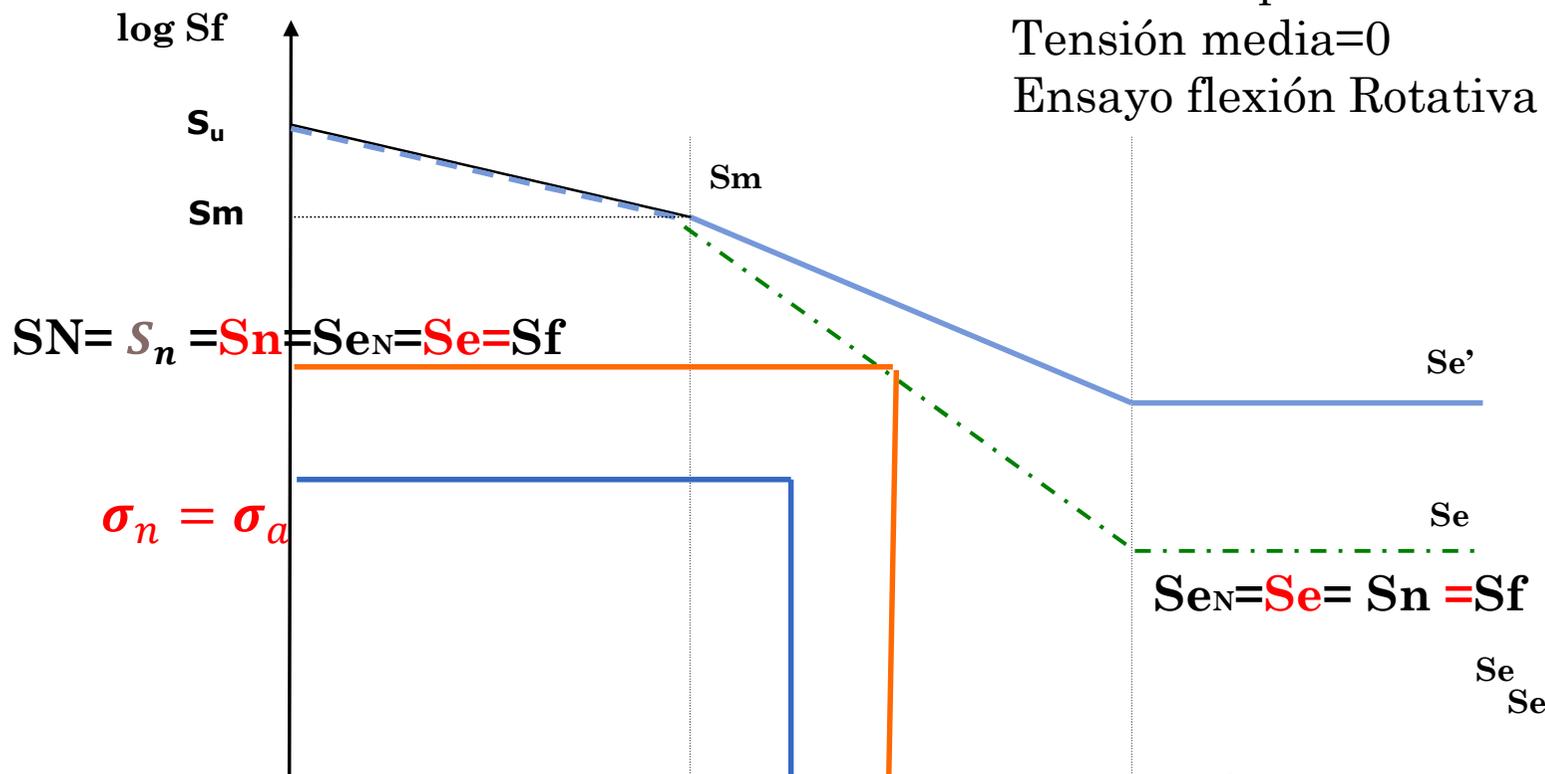
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Curva final. **Nomenclatura**

Curva S/N para tensión alternada.
Tensión media=0
Ensayo flexión Rotativa



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

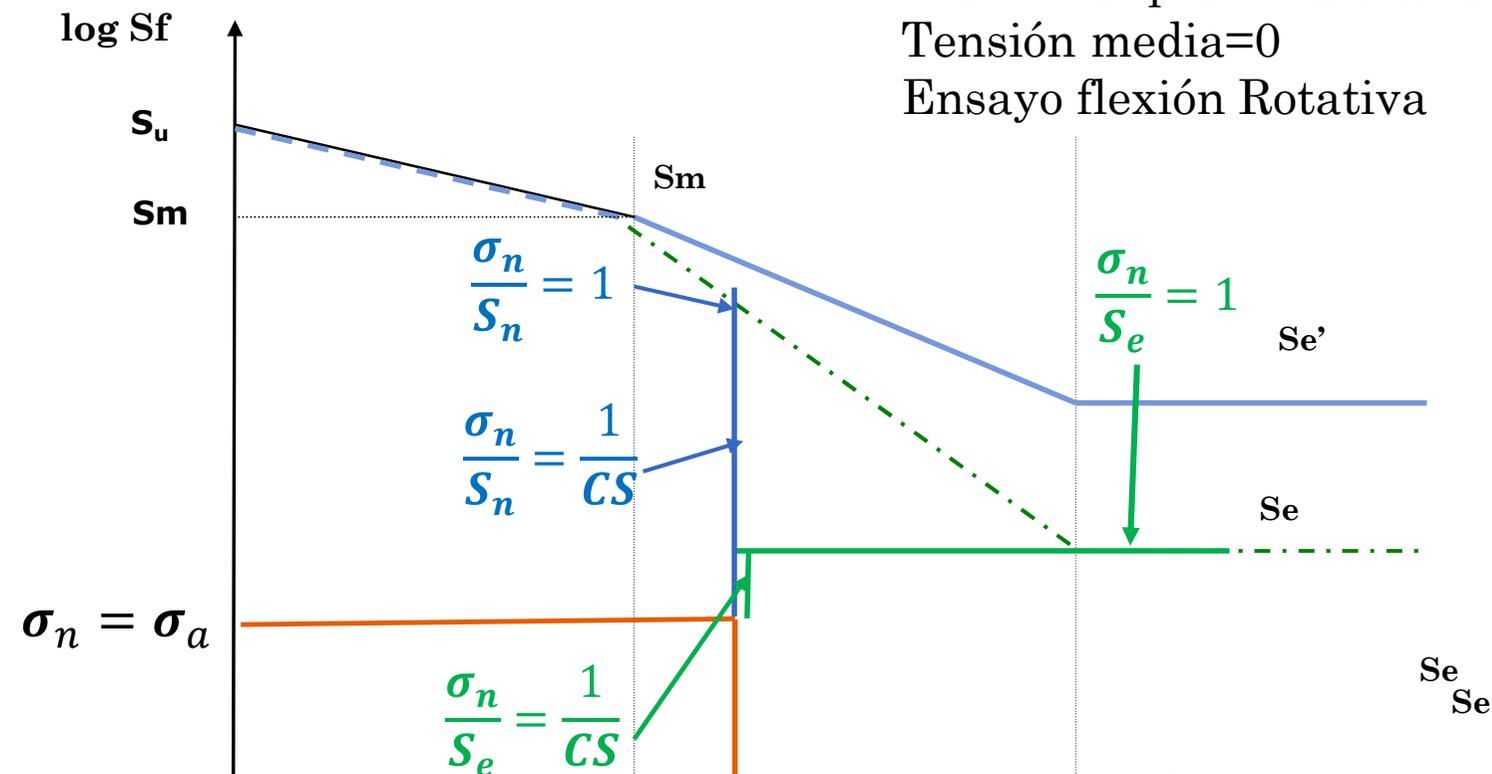
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Curva final



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

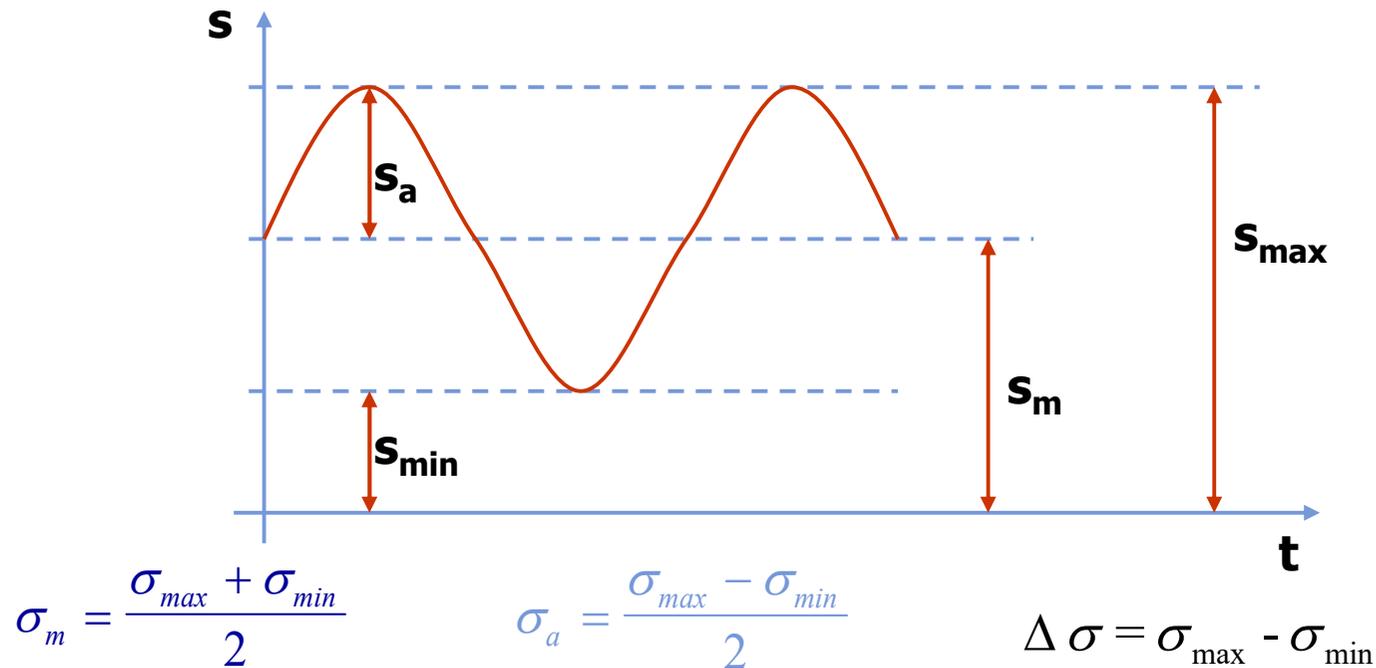
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- o Carga cíclica con **tensión media no nula**



Tensión Media

Tensión Alternante

Rango

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

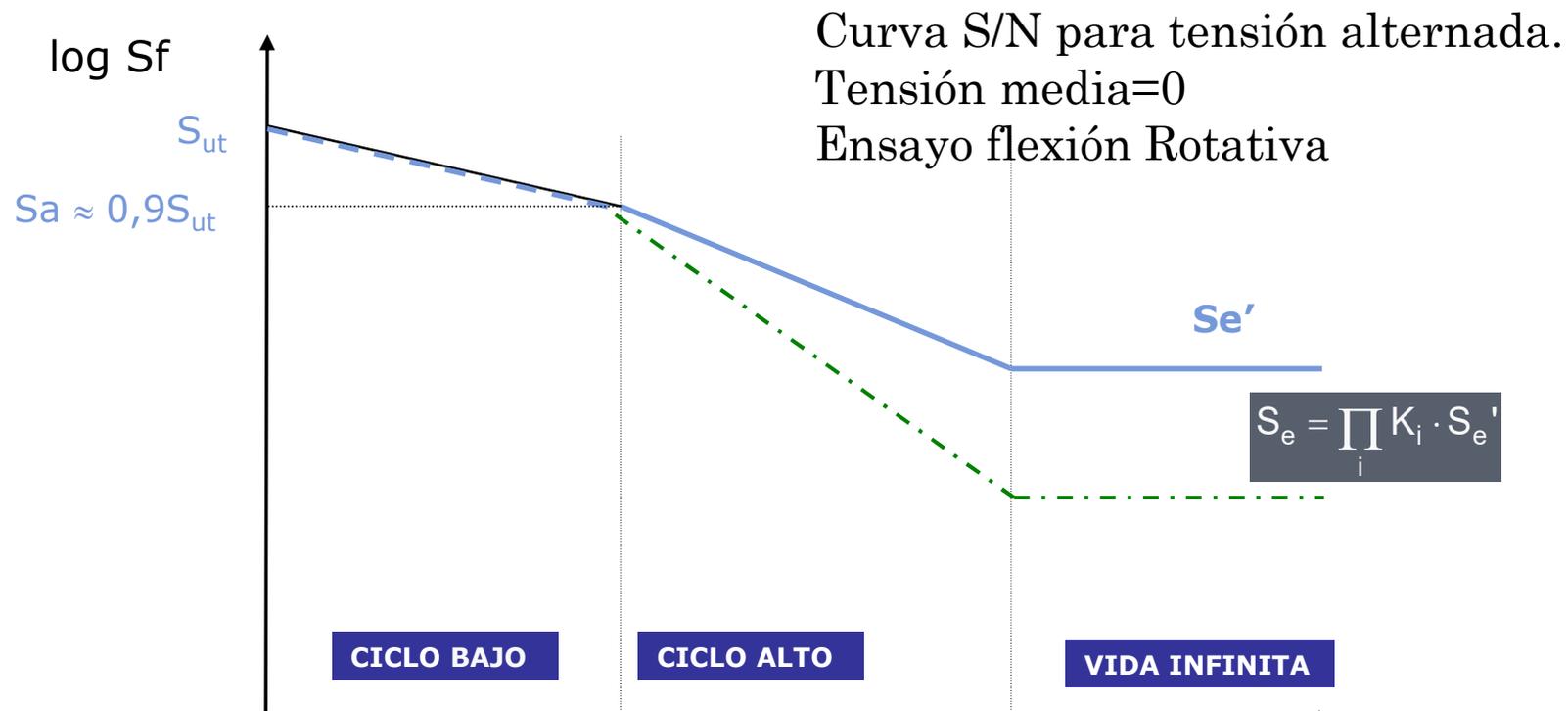
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- Gráfico S-N **diferente para cada tensión media**



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

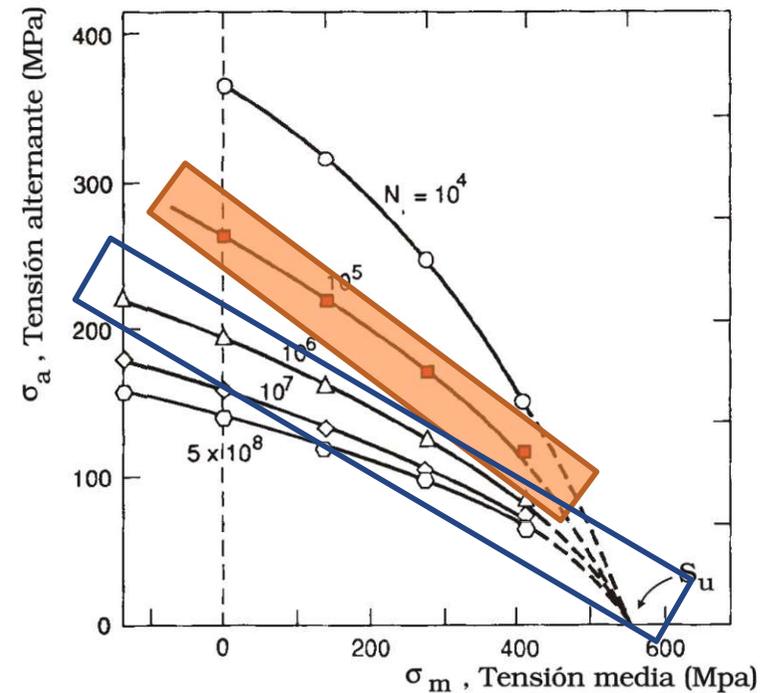
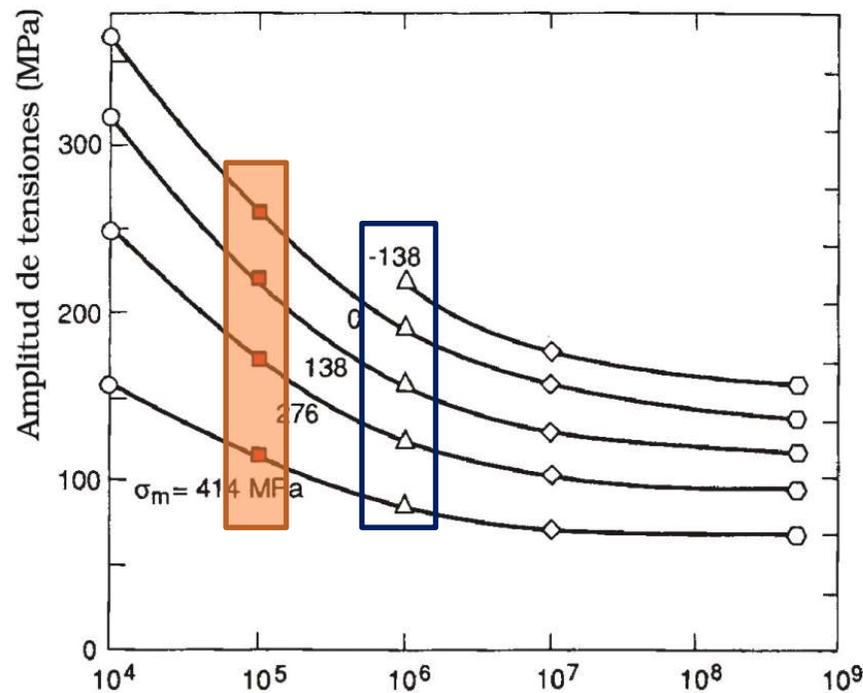
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- Cuando no existen datos se hacen estimaciones



Cartagena99

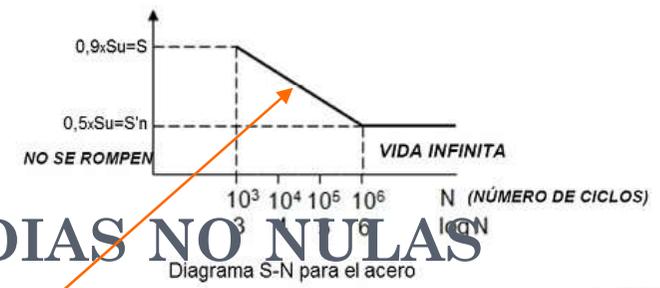
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

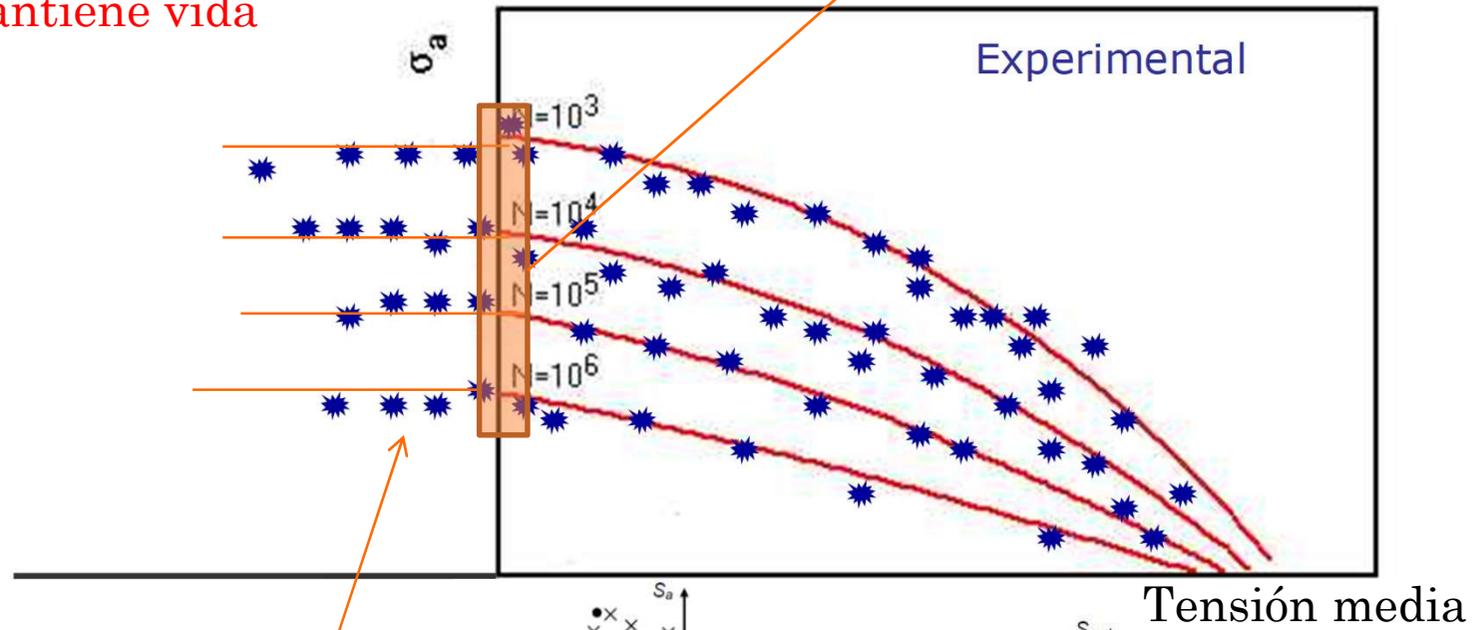
RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS



o Diagrama de Haigh

Compresión. Tensión alternante Tracción. Menor vida
Mantiene vida



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

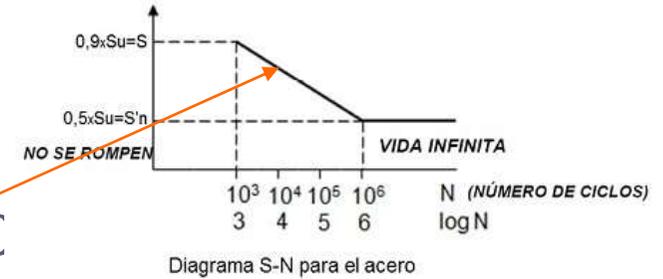
Dr. J. L. O. y MABH

(a) Diagrama S_m-S_a (esfuerzos normales)

S_y S_u S_m

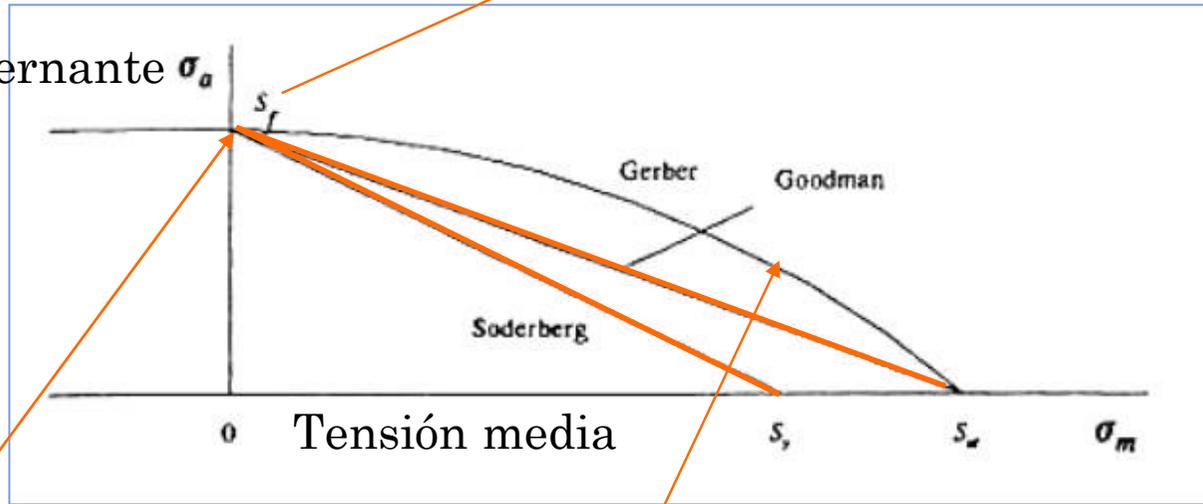
RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEI



○ Criterios de fallo

Tensión alternante σ_a



Un gráfico diferente para cada N ciclos

$S_e = S_n = S_{en} = S_N$

$$\frac{\sigma_a}{S_f} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = 1$$

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = 1$$

Goodman

Soderberg

$$\frac{\sigma_a}{S_n} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{CS}; \text{ ó } \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{CS}$$

$$\frac{\sigma_a}{S_n} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{CS}; \text{ ó } \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{CS}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

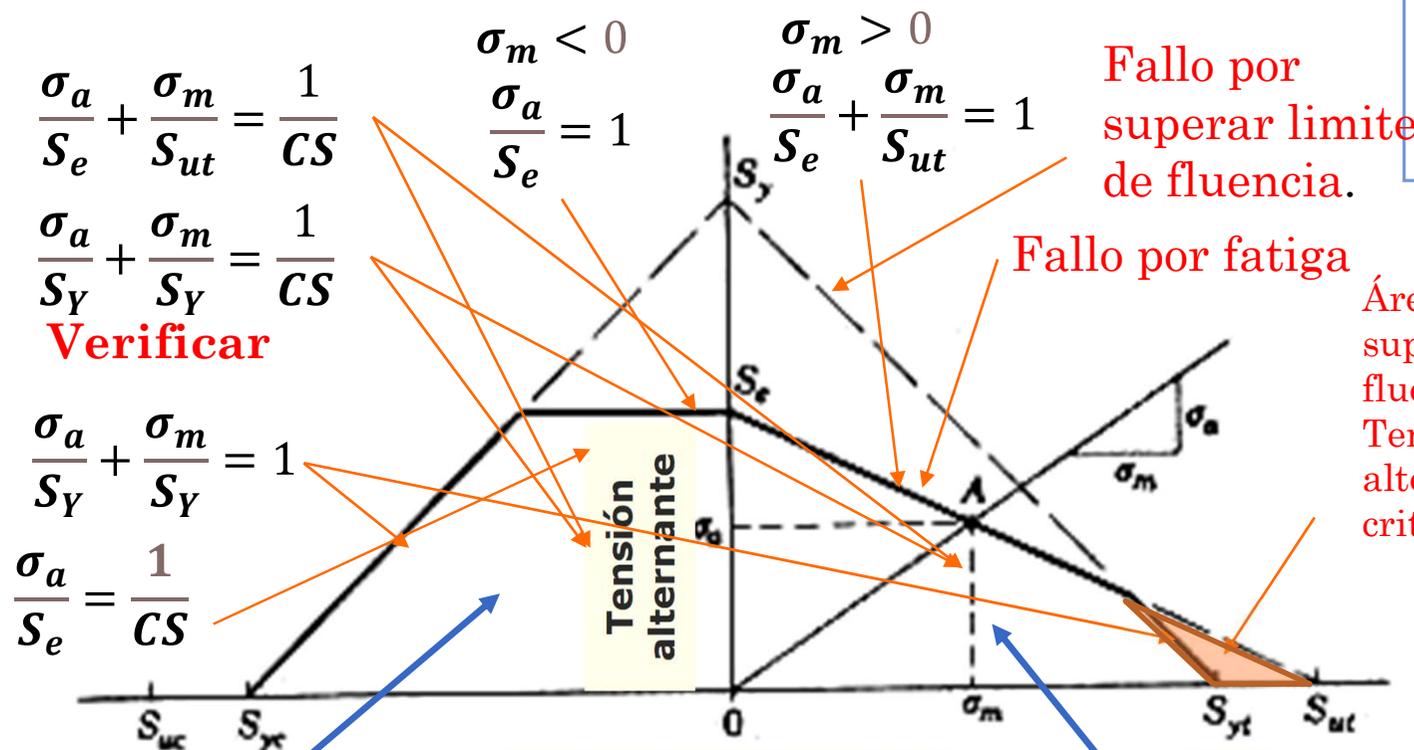
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

Diagrama de Goodman Modificado



Un gráfico diferente para cada N ciclos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

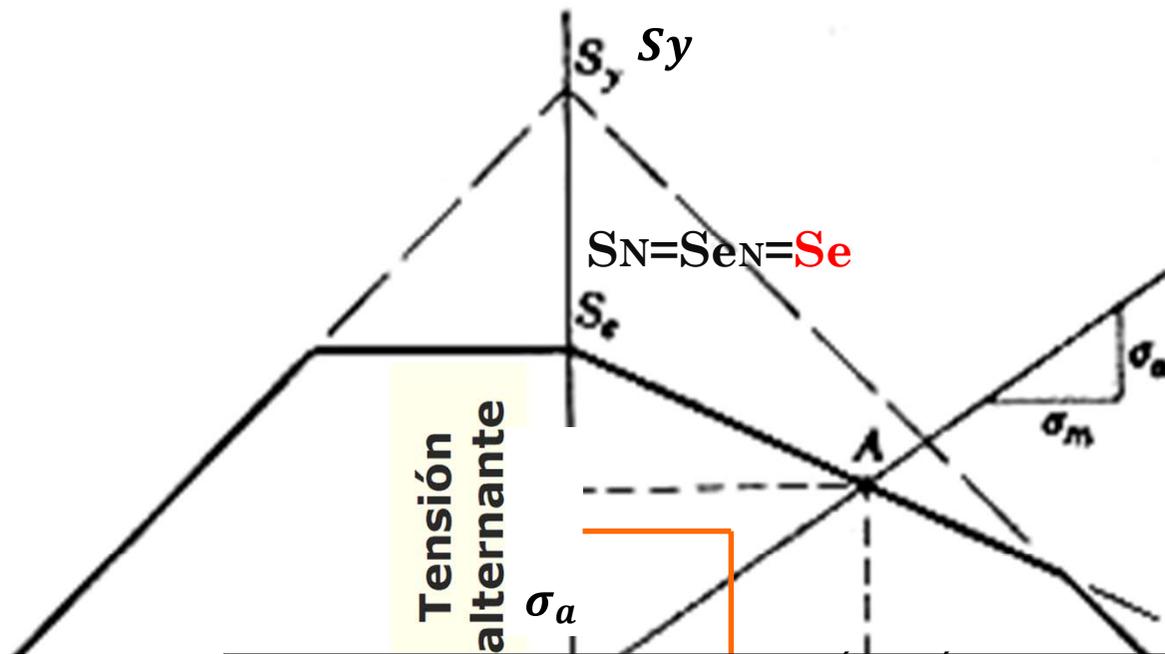
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- Diagrama de Goodman Modificado.
- Nomenclatura

Un gráfico diferente para cada N ciclos



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- **Otros criterios. Diagrama de Goodman modificado**

$$\left(\frac{\sigma_a}{S_f}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_m}{S_{ut}}\right)^2 = 1 \leftarrow \text{Elipse}$$

$$\frac{\sigma_a}{S_f} + \left(\frac{\sigma_m}{S_{yt}}\right)^4 = 1 \leftarrow \text{Bagci}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

○ Diagrama de Smith o de Goodman

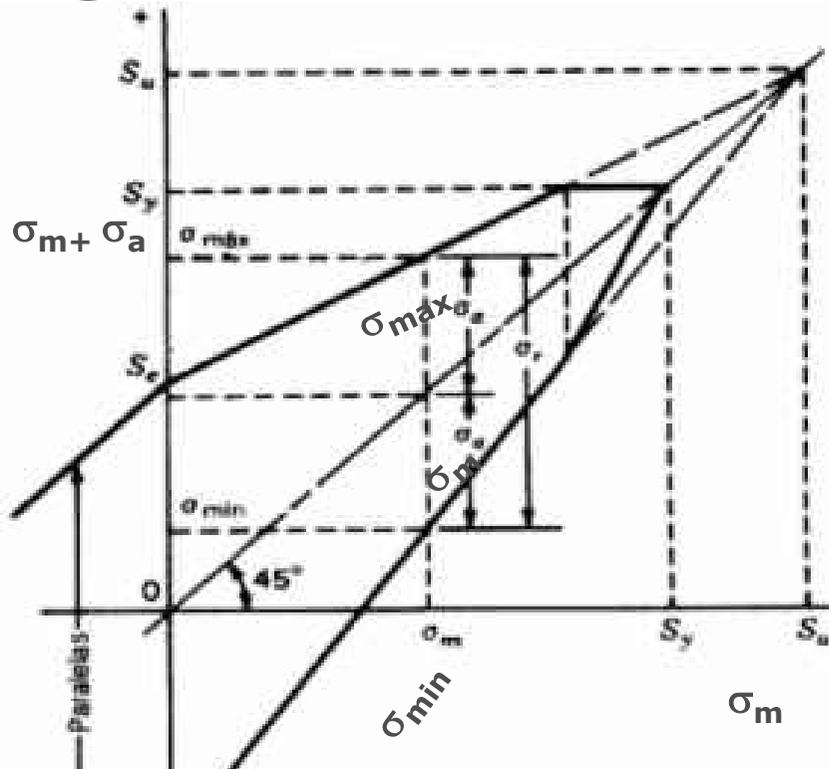
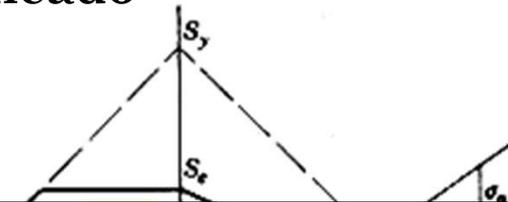


Diagrama de Goodman Modificado



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Tensión media

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

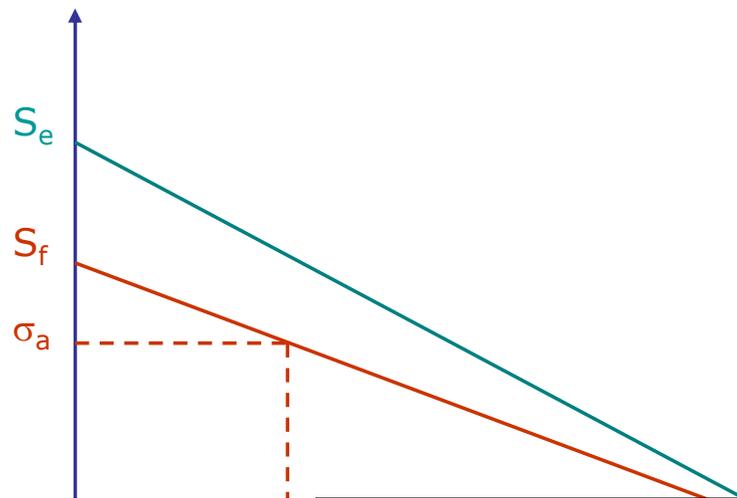
RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

○ Tensión alternante equivalente

- Es el “*límite de fatiga S_f que equivale a una combinación dada (σ_m, σ_a)* ”

Para poder utilizar la curva S-N



$$\frac{\sigma_a}{S_f} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = 1$$



$$S_f = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

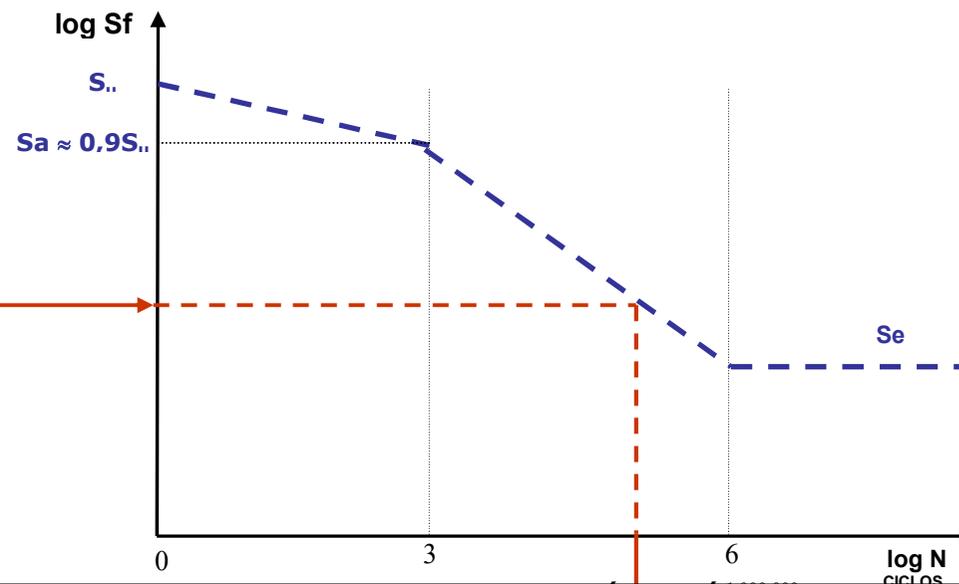
RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

○ Tensión alternante equivalente

- Es el “límite de fatiga S_f que equivale a una combinación dada (σ_m, σ_a) ”

$$S_f = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

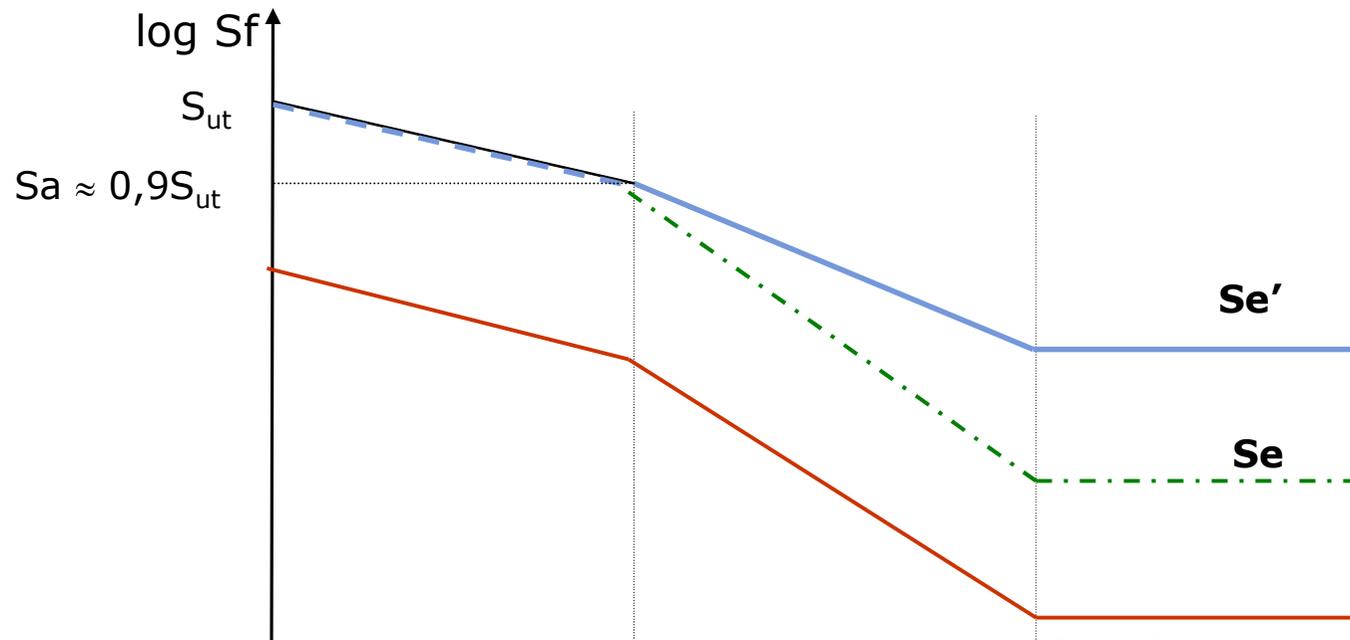
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

○ Reducción de la Resistencia a Fatiga

- Efecto sobre la resistencia y la duración



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

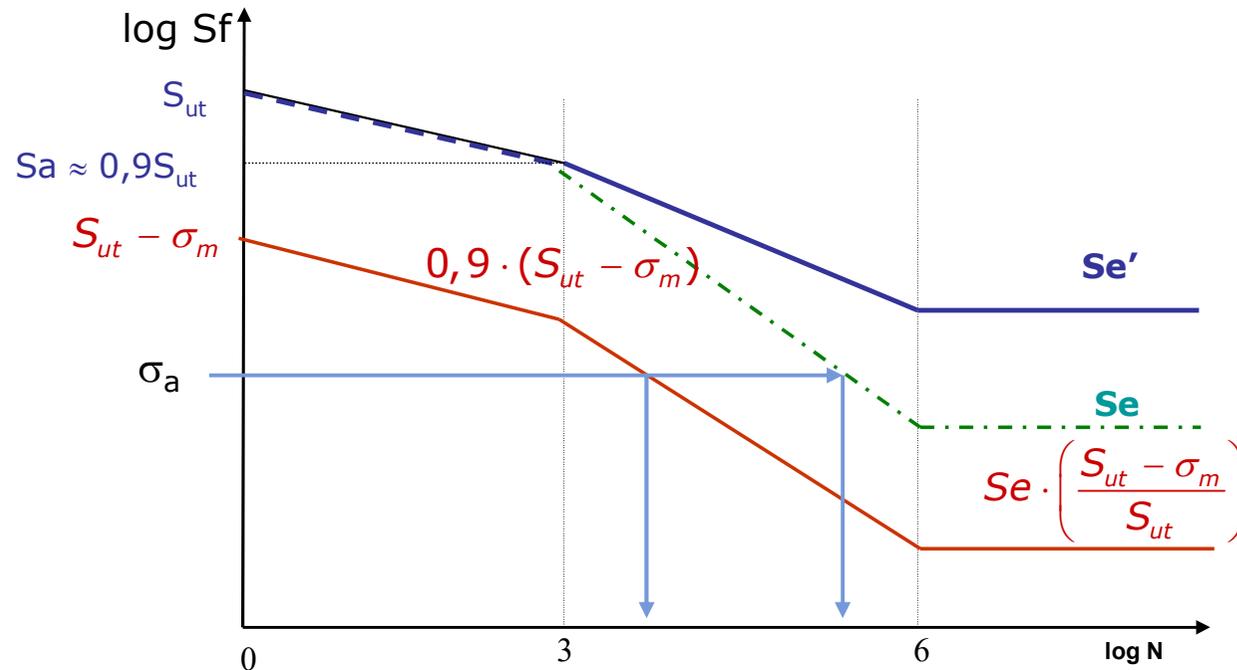
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

○ Reducción de la Resistencia a Fatiga

- Efecto sobre la resistencia y la duración



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

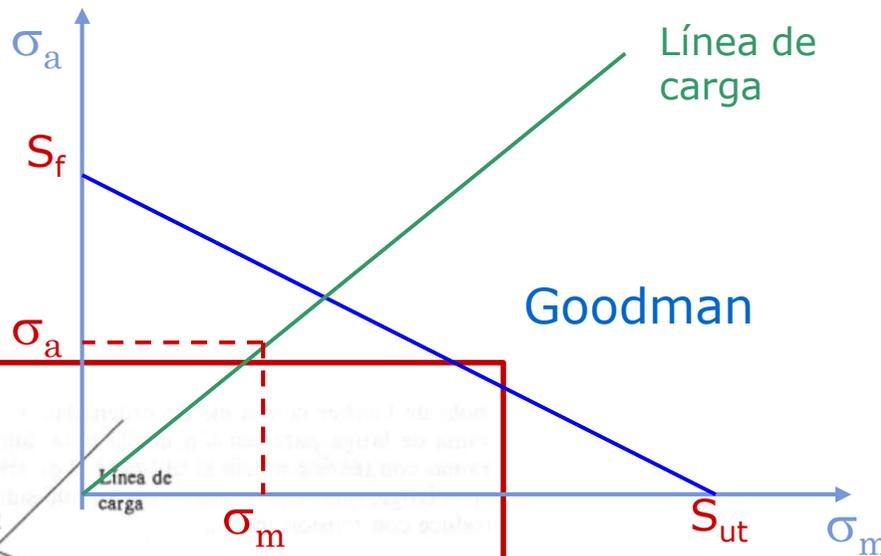
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

o Coeficiente de seguridad “n”

- “n” es común para tensiones media y alternante



$$\frac{\sigma_a}{S_f} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = 1$$

$$\downarrow$$

$$\frac{n \cdot \sigma_a}{S_f} + \frac{n \cdot \sigma_m}{S_{ut}} = 1$$

$$\downarrow$$

$$\frac{\sigma_a}{S_f} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

CS

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$\sigma_{Am} = n \cdot \sigma_m$$

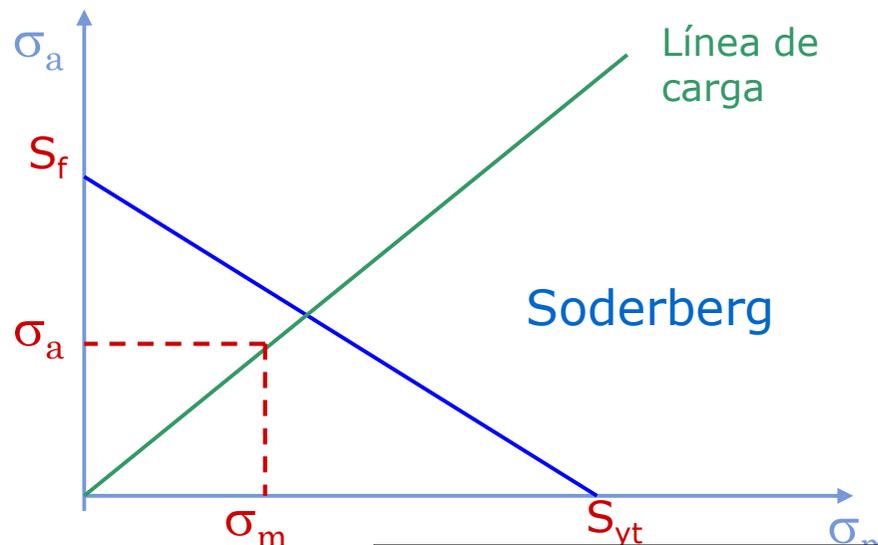
S_e S_{ut}

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

○ Coeficiente de seguridad “n”

- “n” es común para tensiones media y alternante



$$\frac{\sigma_a}{S_f} + \frac{\sigma_m}{S_{yt}} = 1$$

$$\frac{n \cdot \sigma_a}{S_f} + \frac{n \cdot \sigma_m}{S_{yt}} = 1$$

CS

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

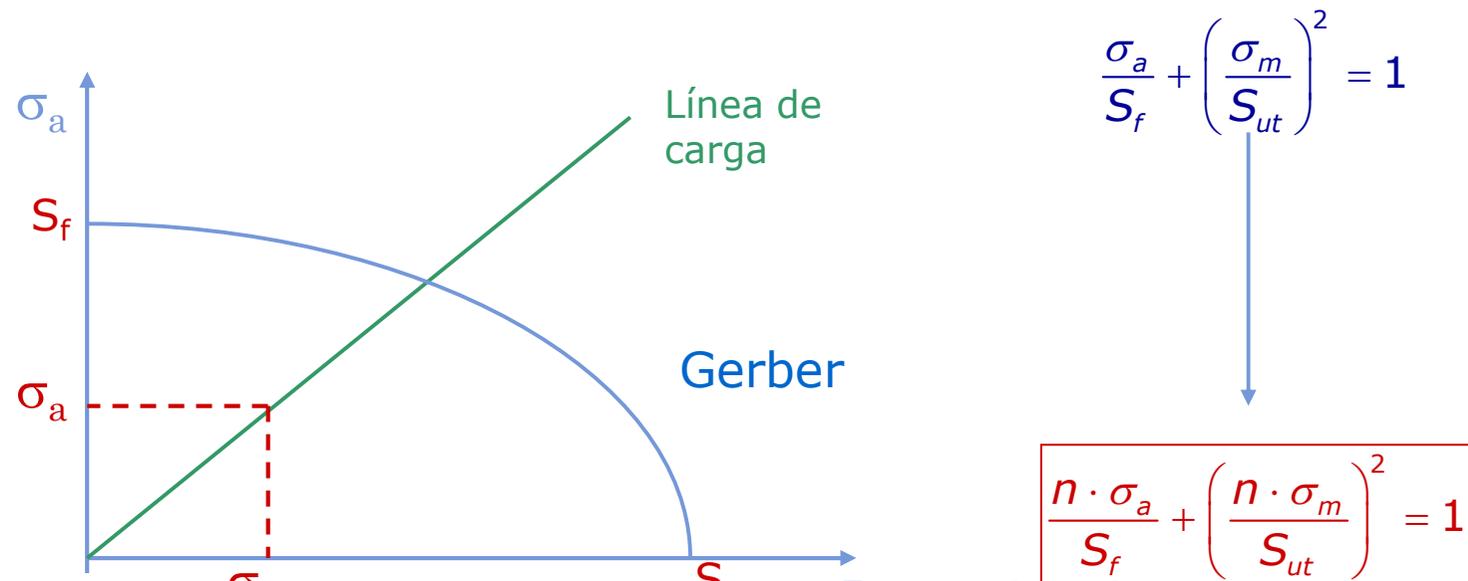
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

○ Coeficiente de seguridad “n”

- “n” es común para tensiones media y alternante



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

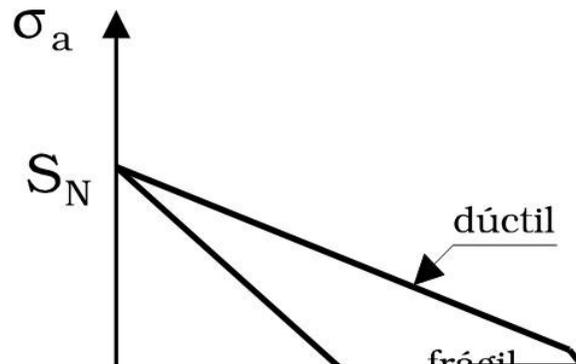
Lo normal es no utilizar materiales frágiles que trabajen a fatiga.

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

○ Entallas con tensión media no nula

- Para $\sigma_m=0$ la entalla divide el límite de fatiga S_e por K_f
- Para $\sigma_a=0$
 - Material dúctil -> No hay corrección
 - Material frágil -> Se reduce la resistencia a S_u/K_f



- Para $\sigma_m \neq 0$, se define K_{fm}
 - Si $|\sigma_{m\acute{a}x}| < \sigma_y$, $K_{fm} = K_f$
 - Si $|\sigma_{m\acute{a}x}| > \sigma_y$, $K_{fm} = (\sigma_y - K_f \cdot \sigma_a) / |\sigma_m|$
 - Si $|\sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{m\acute{m}n}| > 2\sigma_y$, $K_{fm} = 0$
- (Para material elastoplástico perfecto)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

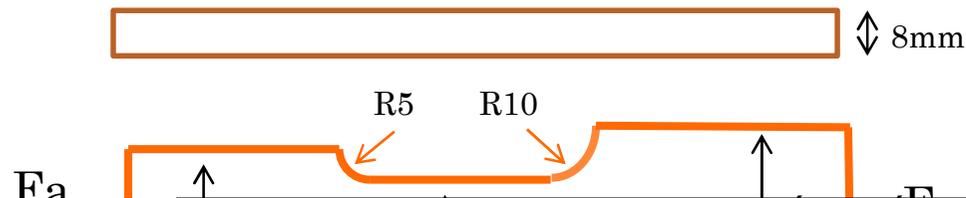
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- **Ejercicio:** La pieza mostrada en la figura (unidades en mm) se mecaniza a partir de una placa de acero laminado en frío con $S_{ut}=545 \text{ Mpa}$ y $S_y=365 \text{ MPa}$. La carga axial que se muestra es totalmente alternante: $F_a=6500 \text{ N}$. La temperatura del proceso es de 60°C y se requiere una fiabilidad de 99% en el cálculo.
- Se pide:
 - A) Sección donde probablemente fallará la pieza
 - B) Determinar el factor de seguridad de dicha sección para $N=450.000$ Ciclos y para vida infinita
 - **C) Si se aplica una precarga a tracción $F_m=+1500 \text{ N}$, recalculer los factores de seguridad**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- **Ejercicio:** $S_{ut}=545 \text{ Mpa}$ y $S_y=365 \text{ MPa}$. La carga axial alternante: $F_a=6500 \text{ N}$.
- **C) Si se aplica una precarga a tracción $F_m=+1500 \text{ N}$, recalculer los factores de seguridad.**
 - F_{\max} $F_{\min} =$

| | | | | | |
|-----|--------------------|--|---|----------------------------|--|
| | Tensión=F/A | | | | |
| | h | e | A | | |
| | A=h*e | 40 | 8 | 320 | |
| | F_{\max} | σ_{\max} | | $S_{ut} = 545 \text{ Mpa}$ | |
| | F_{\min} | σ_{\min} | | $S_y = 365 \text{ Mpa}$ | |
| | | | | Se 95,47 Mpa | |
| Ftc | 1500 | $\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$ | | | |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- **Ejercicio:** $S_{ut}=545$ Mpa y $S_y=365$ MPa. La carga axial alternante: $F_a=6500$ N.
- **C) Si se aplica una precarga a tracción $F_m=+1500$ N, recalculer los factores de seguridad.**
 - $F_{m\acute{a}x} = 8000$ N. $F_{m\text{in}} = -5000$ N.

| Tensión=F/A | | h | e | A | | |
|-------------|----------------|--|---|-----|------|-----------|
| A=h*e | | 40 | 8 | 320 | | |
| Fmax | σ_{max} | | | | Sut= | 545 Mpa |
| Fmin | σ_{min} | | | | Sy= | 365 Mpa |
| | | | | | Se | 95,47 Mpa |
| Ftc | 1500 | $\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$ | | | | |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- **Ejercicio:** $S_{ut}=545$ Mpa y $S_y=365$ MPa. La carga axial alternante: $F_a=6500$ N.
- **C) Si se aplica una precarga a tracción $F_m=+1500$ N, recalcular los factores de seguridad.**
 - $F_{m\acute{a}x} = 8000$ N. $F_{m\text{in}} = -5000$ N.

| | | | | | | |
|-----|------|--|-----------------------|---|------------|---------------------|
| | | Tensión=F/A | | | | |
| | | h | e | A | | |
| | | A=h*e | 40 | 8 | 320 | |
| | | Fmax | $\frac{\sigma_{max}}$ | | | Sut= 545 Mpa |
| | | 8000 | 25 | | | Sy= 365 Mpa |
| | | Fmin | $\frac{\sigma_{min}}$ | | | Se 95,47 Mpa |
| | | -5000 | -15,625 | | | |
| Ftc | 1500 | $\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$ | | | | |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

7. ANÁLISIS CON TENSIONES MEDIAS NO NULAS

- **Ejercicio:** $S_{ut}=545$ Mpa y $S_y=365$ MPa. La carga axial alternante: $F_a=6500$ N.
- **C) Si se aplica una precarga a tracción $F_m=+1500$ N, recalculamos los factores de seguridad.**
 - $F_{m\acute{a}x} = 8000$ N. $F_{m\acute{m}n} = -5000$ N.

| | | | | | | |
|-----|------|--|-----------------------|--------------|---------------|---------------------|
| | | Tensión=F/A | | | | |
| | | h | e | A | | |
| | | A=h*e | 40 | 8 | 320 | |
| | | Fmax | $\frac{\sigma_{max}}$ | | | Sut= 545 Mpa |
| | | 8000 | 25 | | | Sy= 365 Mpa |
| | | Fmin | $\frac{\sigma_{min}}$ | | | Se 95,47 Mpa |
| | | -5000 | -15,625 | | | |
| Ftc | 1500 | $\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$ | | $\sigma_m =$ | 4,6875 | |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- B) Determinar el factor de seguridad de dicha sección para N=450.000 Ciclos y para vida infinita
- La carga axial alternante: Fa=6500N.
- Fmáx = 8000 N. Fmin= -5000 N

Factor de seguridad

$$CS = \frac{\sigma_y}{\sigma_d}$$

donde: σ_y es el esfuerzo normal permisible y σ_d es el esfuerzo normal obtenido en el diseño.

| | |
|---------|-----------|
| N | 450.000 |
| Sn | 112,94 |
| Sd | 20,3125 |
| CS= ns= | 5,56 |
| N | 1.000.000 |
| Se | 95,47 |
| Sd | 20,3125 |
| CS= ns= | 4,70 |

| | | | |
|--------------|----------|--------------|----------|
| $\sigma_a =$ | 20,3125 | $\sigma_m =$ | 4,6875 |
| Sn | = 112,94 | Sut | = 545,00 |

$$\frac{\sigma_a}{S_n} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{CS}$$

| | | | |
|--------------|---------|--------------|----------|
| $\sigma_a =$ | 20,3125 | $\sigma_m =$ | 4,6875 |
| Se | = 95,47 | Sut | = 545,00 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- B) Determinar el factor de seguridad de dicha sección para N=450.000 Ciclos y para vida infinita
- La carga axial alternante: Fa=6500N.
- Fmáx = 8000 N. Fmin= -5000 N

Factor de seguridad

$$CS = n_s = \frac{\sigma_y}{\sigma_d}$$

donde: σ_y es el esfuerzo normal permisible y σ_d es el esfuerzo normal obtenido en el diseño.

$$\sigma_a = 20,3125 \qquad \sigma_m = 4,6875$$

$$S_n = 112,94 \qquad S_{ut} = 545,00$$

$$\frac{\sigma_a}{S_n} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{CS}$$

$$\frac{20,3125}{112,94} + \frac{4,69}{545} = \frac{1}{cs(450000)}$$

$$cs(450000) = 5,31$$

$$\sigma_a = 20,3125 \qquad \sigma_m = 4,6875$$

$$S_e = 95,47 \qquad S_{ut} = 545,00$$

| | |
|----------------|-----------|
| N | 450.000 |
| S _n | 112,94 |
| S _d | 20,3125 |
| CS= ns= | 5,56 |
| N | 1.000.000 |
| S _e | 95,47 |
| S _d | 20,3125 |
| CS= ns= | 4,70 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

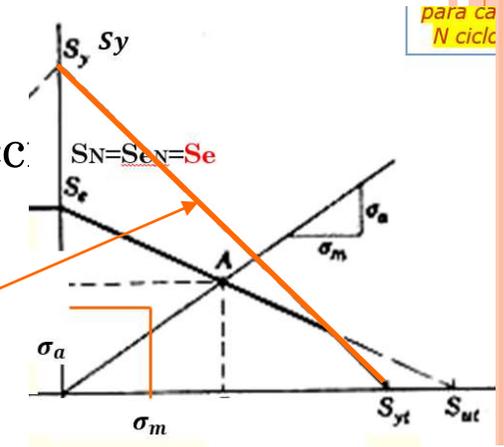
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- B) Determinar el factor de seguridad de dicha secc. N=450.000 Ciclos y para vida infinita
- La carga axial alternante: Fa=6500N.
- Fmáx = 8000 N. Fmin= -5000 N



Verificación Fluencia

$$\sigma_a = 20,3125 \qquad \sigma_m = 4,6875$$

| | | | | | |
|-------|---|--------|-------|---|--------|
| S_y | = | 365,00 | S_y | = | 365,00 |
|-------|---|--------|-------|---|--------|

$$\frac{\sigma_a}{S_y} + \frac{\sigma_m}{S_y} < 1$$

$$\frac{\sigma_a}{S_y} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{CS}$$

| | |
|----|--------|
| N | 450000 |
| Sn | 112,94 |

1 Cumple



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

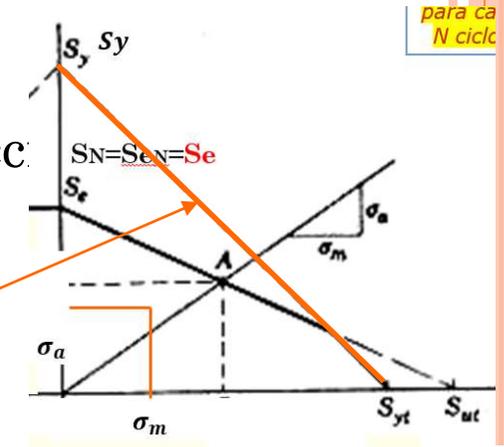
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- B) Determinar el factor de seguridad de dicha secc. N=450.000 Ciclos y para vida infinita
- La carga axial alternante: Fa=6500N.
- Fmáx = 8000 N. Fmin= -5000 N



Verificación Fluencia

$$\sigma_a = 20,3125$$

$$\sigma_m = 4,6875$$

| | | | | | |
|-------|---|--------|-------|---|--------|
| S_y | = | 365,00 | S_y | = | 365,00 |
|-------|---|--------|-------|---|--------|

| | |
|----|--------|
| N | 450000 |
| Sn | 112,94 |

$$\frac{\sigma_a}{S_y} + \frac{\sigma_m}{S_y} < 1$$

$$\frac{20,3125}{365,00} + \frac{4,69}{365} = 0,07 < 1 \text{ Cumple}$$

$$\frac{\sigma_a}{S_y} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{CS}$$

$$\frac{20,3125}{365,00} + \frac{4,69}{365} = \frac{1}{cs(450000)}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

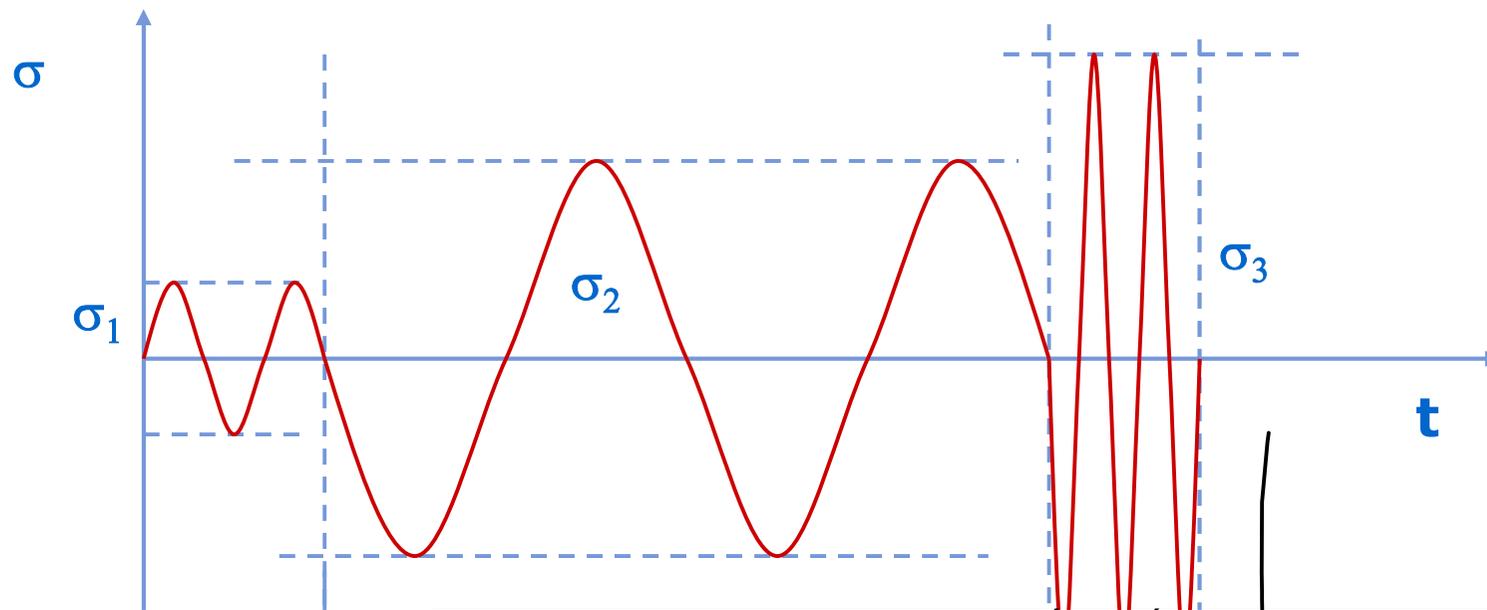
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA

- **Regla de Miner (o de Palmgren-Miner)**
 - Amplitudes variables



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

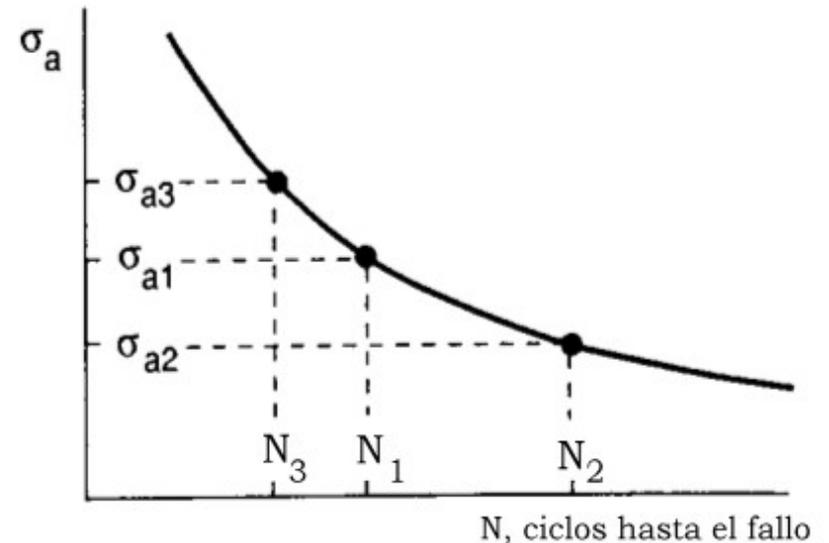
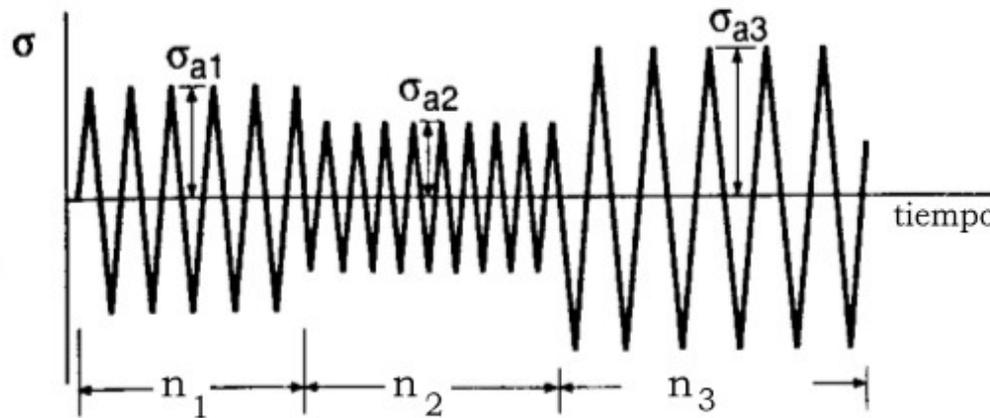
8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA

Regla de Miner (o de Palmgren-Miner)

- Limitación: No considera la secuencia de aplicación

Fundamentos de fatiga

Con éste se construye la regla de Palmgren-Miner de daño acumulado, que pondera ciclos y cargas.



$$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \dots = 1$$

Acumulación de daño.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

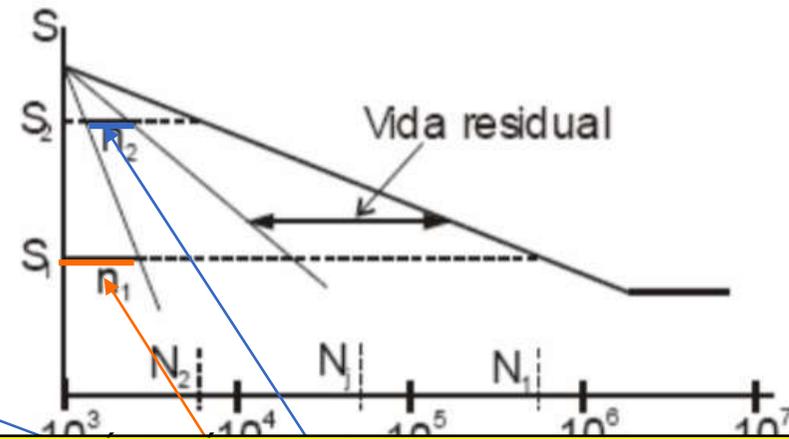
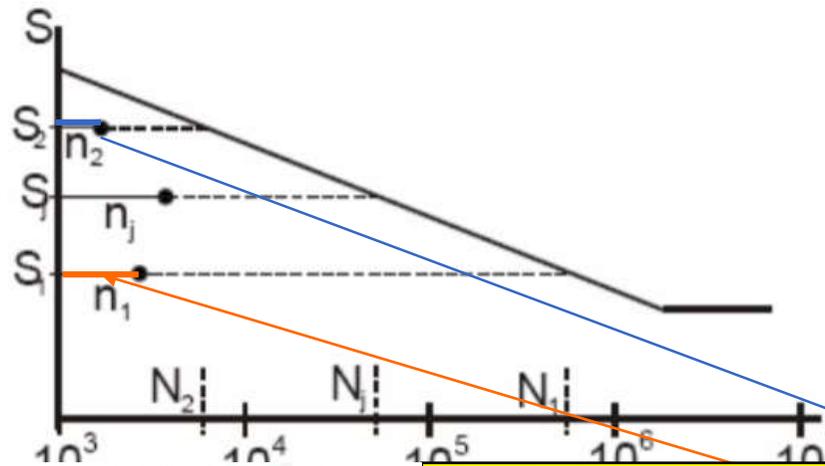
REGLA DE MINER

Porcentaje de vida ocupada con el nivel $S_1 \Rightarrow n_j/N_j$

$$\text{Daño total} = D = \sum_{j=1}^k \frac{n_j}{N_j}$$

$$\text{Daño} = D_j = \frac{n_j}{N_j}$$

Fallo $\Rightarrow D = 1$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA



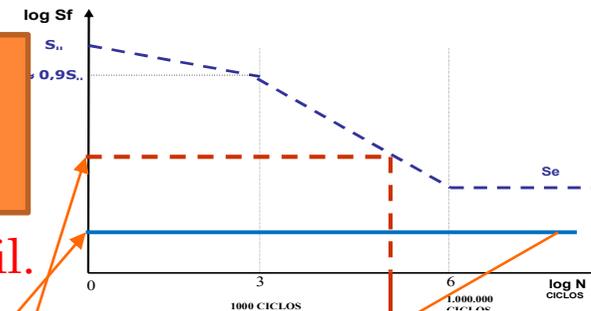
○ Regla de Miner (o de Palmgren-Miner)

- CASO. Avión. Las aceleraciones experimentadas y recopiladas en un período de **3000 Hs** de operación, debidas principalmente a ráfagas, establecieron ciertos niveles de tensiones en un componente.

Conocidas las características de la aeronave y las aceleraciones, se determinaron las tensiones en el herraje de toma de ala - montante.



A este ritmo lleva consumido el 60% de su vida útil.



| Banda de la ráfaga (fps) (en 3000 Hs) | Número de encuentros (n) | Tensión (PSI) | Ciclos hasta la falla (N) |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|
| 3-5 | 910.000 | 3.000 | Infinitos |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA



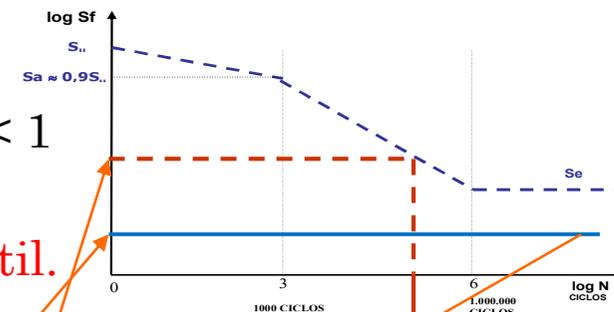
○ Regla de Miner (o de Palmgren-Miner)

- CASO. Avión. Las aceleraciones experimentadas y recopiladas en un período de **3000 Hs** de operación, debidas principalmente a ráfagas, establecieron ciertos niveles de tensiones en un componente.

Conocidas las características de la aeronave y las aceleraciones, se determinaron las tensiones en el herraje de toma de ala - montante.

$$\sum \frac{910000}{\infty} + \frac{72000}{3 \cdot 10^6} + \frac{14100}{1.5 \cdot 10^6} + \frac{5500}{4 \cdot 10^5} + \frac{7800}{1.5 \cdot 10^4} \approx 0,6 < 1$$

A este ritmo lleva consumido el 60% de su vida útil.



| Banda de la ráfaga (fps) (en 3000 Hs) | Número de encuentros (n) | Tensión (PSI) | Ciclos hasta la falla (N) |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|
| 3-5 | 910.000 | 3.000 | Infinitos |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

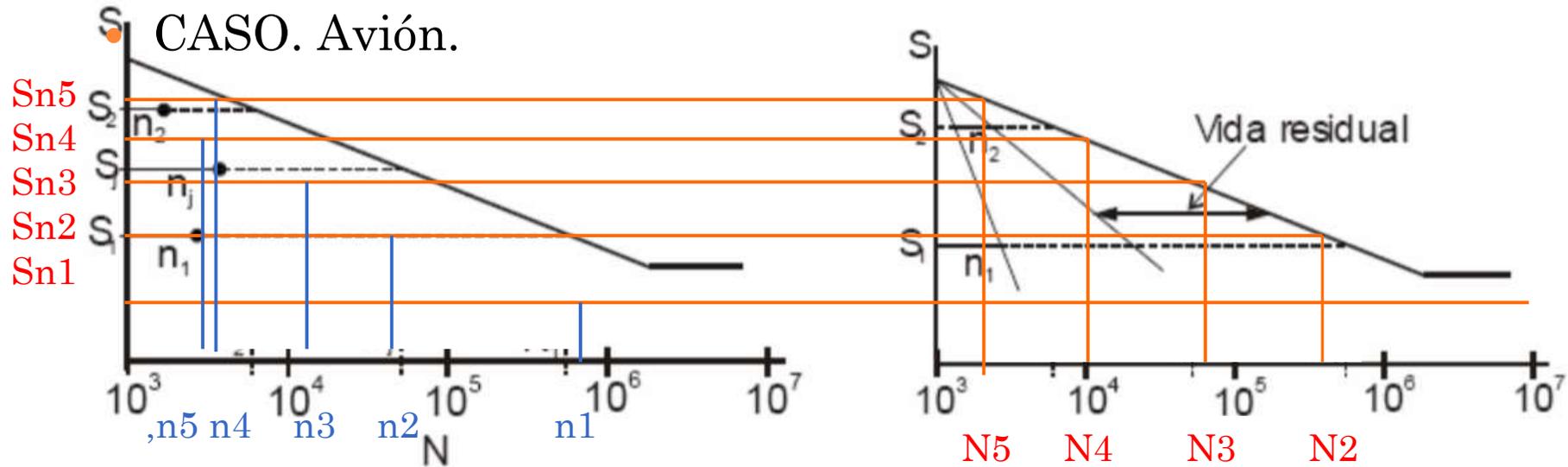
RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA



Regla de Miner (o de Palmgren-Miner)

CASO. Avión.



| Banda de la ráfaga (fps) (en 3000 Hs) | Número de encuentros (n) | Tensión (PSI) | Ciclos hasta la falla (N) |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|
| S_5 | n_5 | S_5 | N_5 |
| S_4 | n_4 | S_4 | N_4 |
| S_3 | n_3 | S_3 | N_3 |
| S_2 | n_2 | S_2 | N_2 |
| S_1 | n_1 | S_1 | N_1 |

910000 72000 14100 5500 7800

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

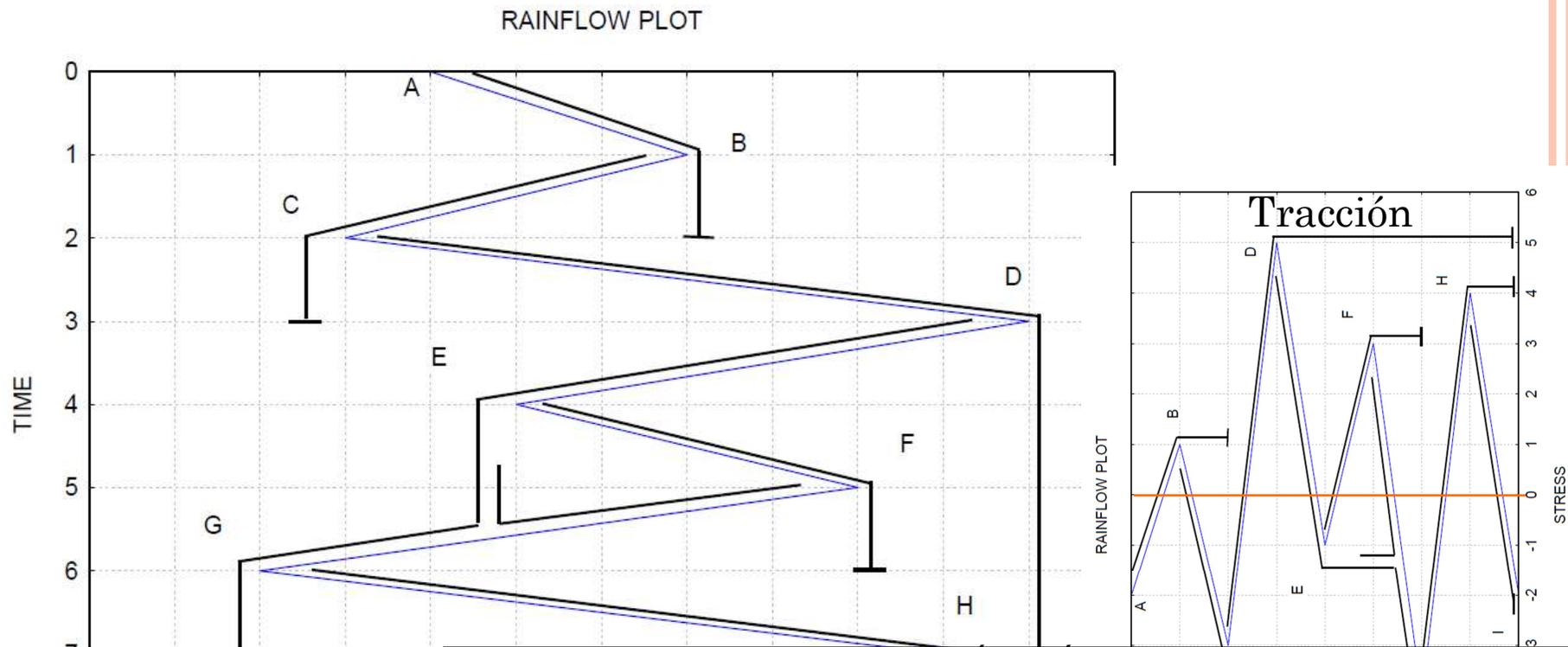
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA



○ Método Rainflow (Algoritmo ENDO)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

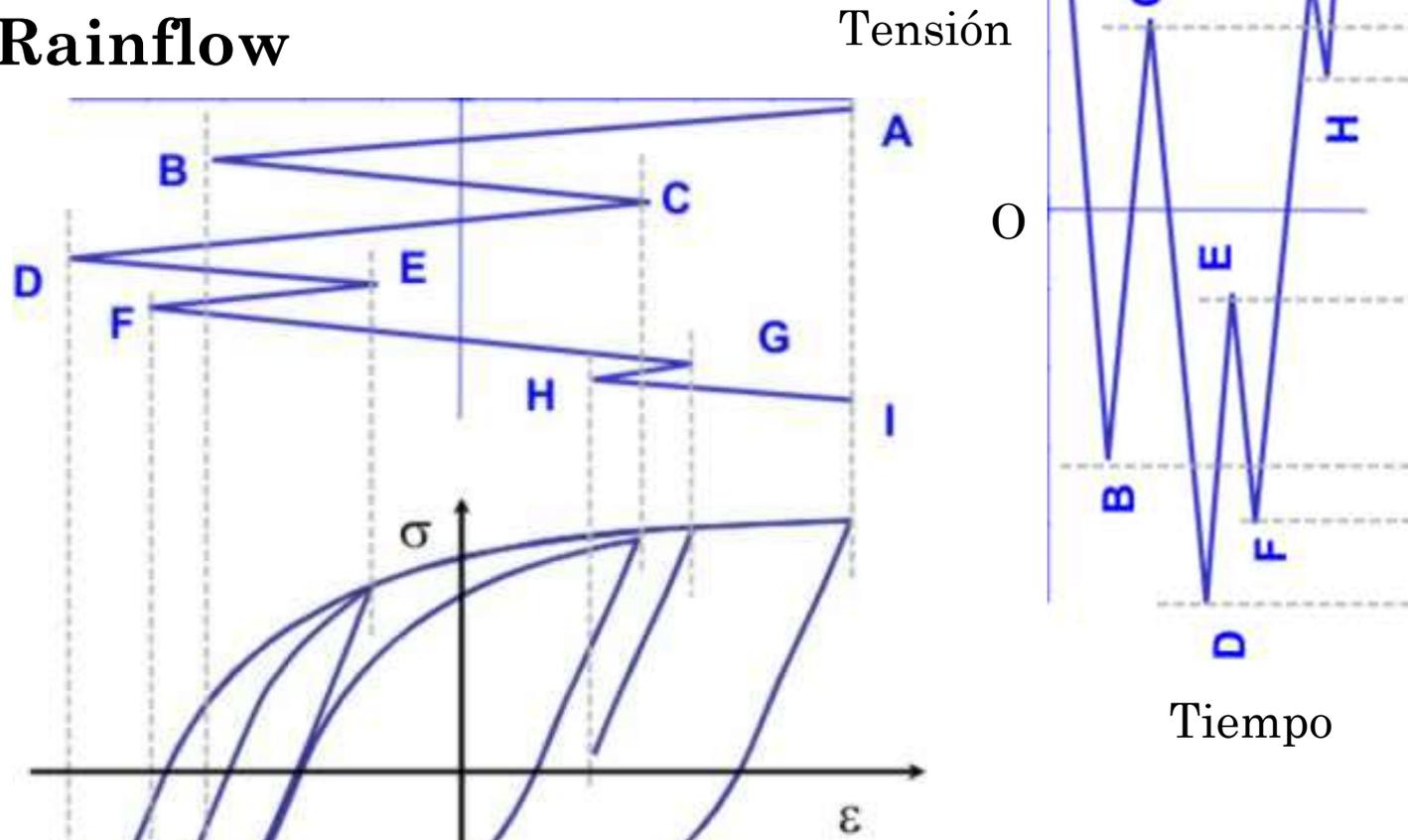
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA

○ Método Rainflow



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

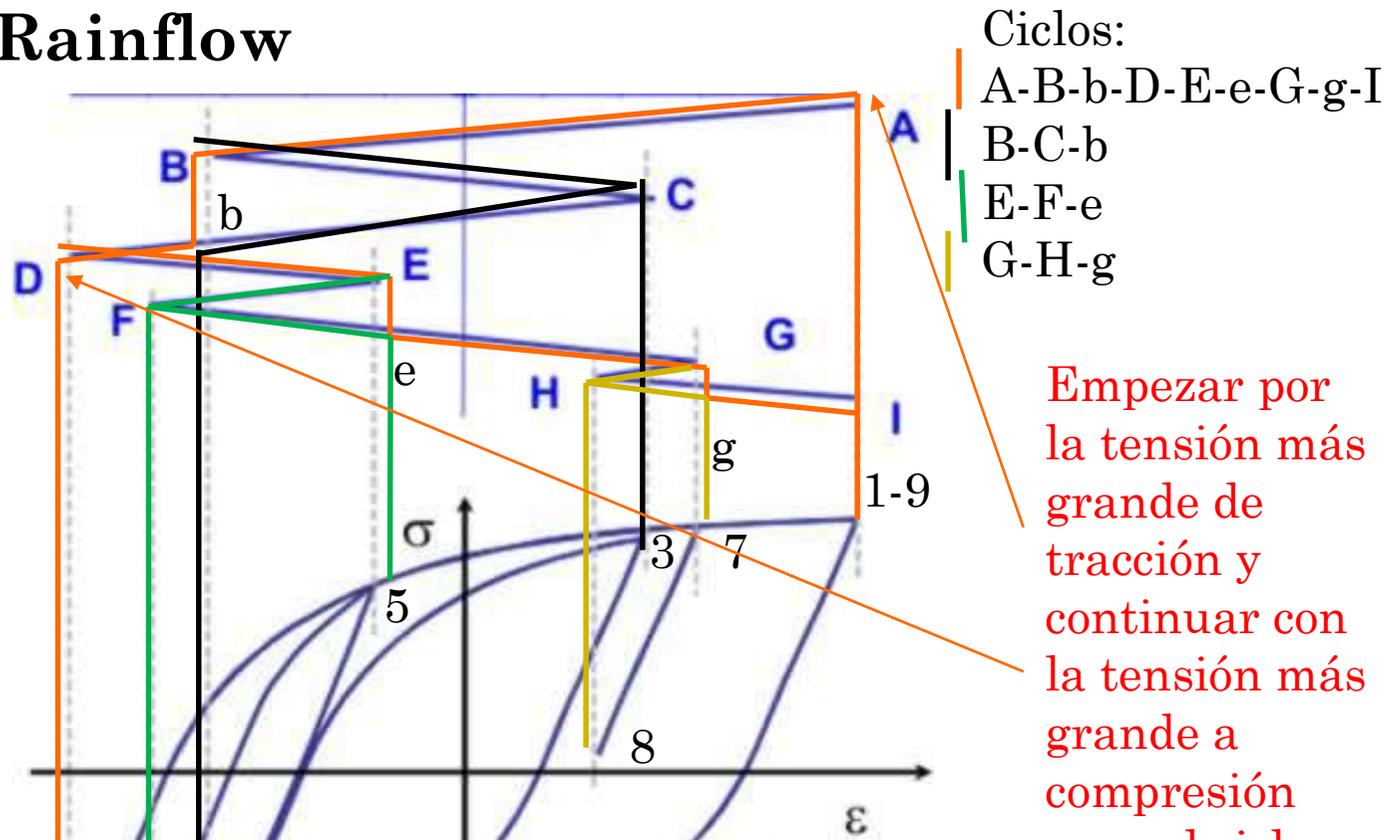
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA

○ Método Rainflow



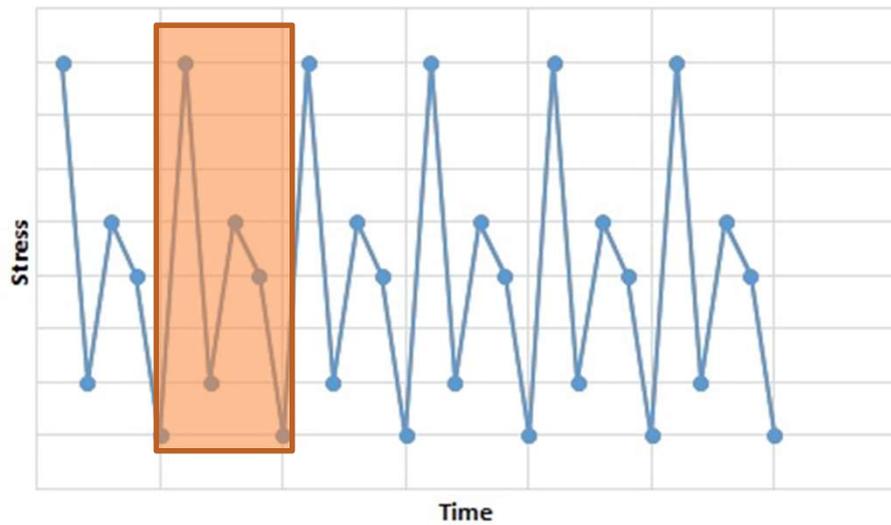
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

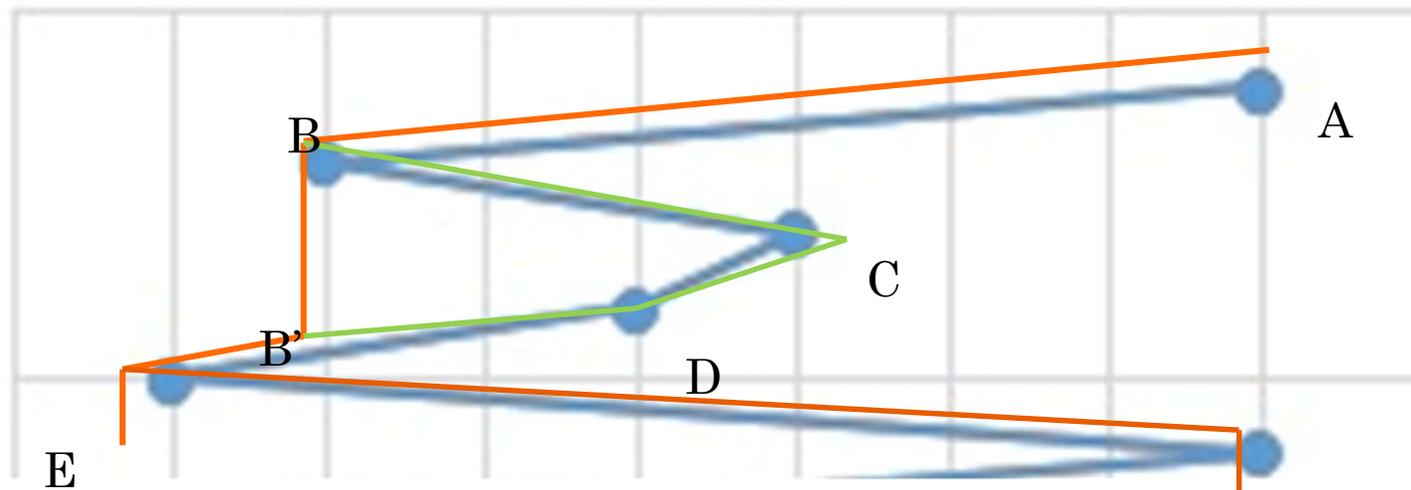
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

Ciclo



- 1 A-B-B'-E-F
- 2 B-C-D-B'= B-C-B'



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

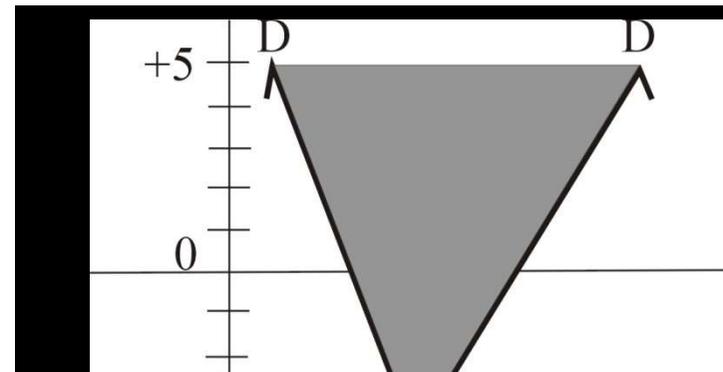
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA

○ Método Rainflow (Algoritmo ASTM o Rainfill)

- Conteo de ciclos para historias temporales irregulares
- Ciclo: Secuencia pico-valle-pico o valle-pico-valle (XYZ) si $\Delta\sigma_{YZ} \geq \Delta\sigma_{XY}$
- Tensiones máxima y mínima: σ_x y σ_y
- Proceso
 1. Reordenar la secuencia: inicio en la tensión máxima
 2. Contar y eliminar ciclos
 3. Comenzar desde el principio



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

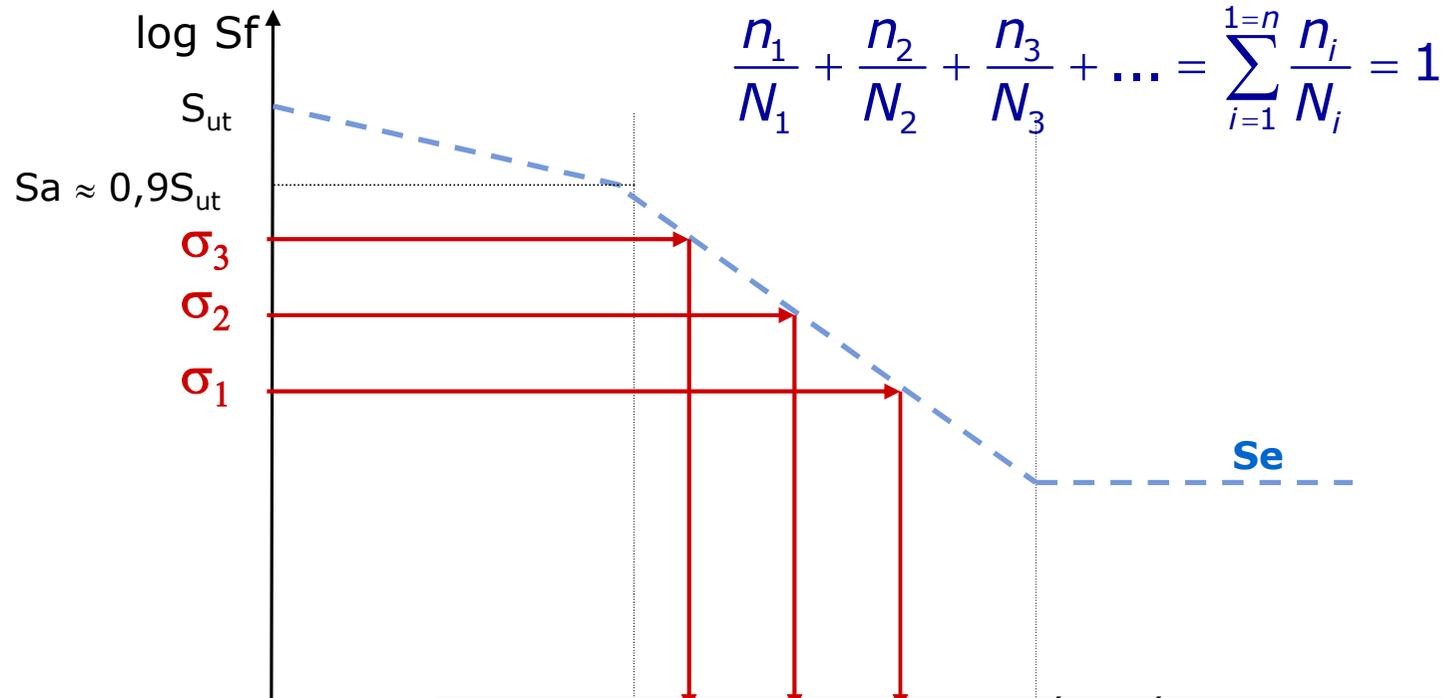
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA

○ Método Rainflow. Regla de Miner



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

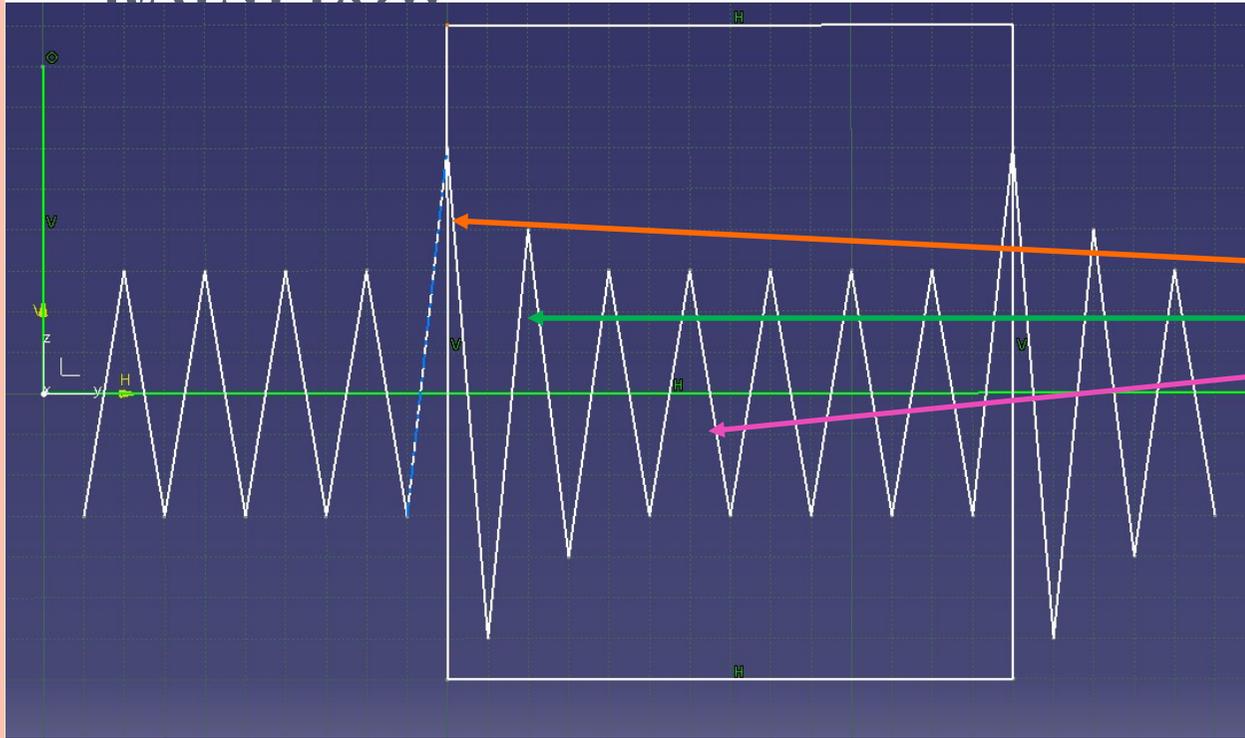
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA MINER

RAINFLOW



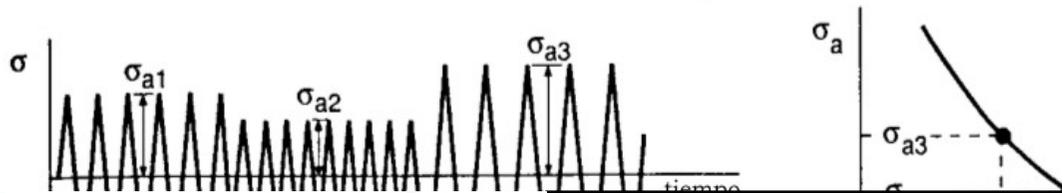
Ciclos.

- 1 – n1 – 1 vez ciclo - n
- 2 – n2 – 1 vez ciclo - n
- 3 – n3 – 5 veces ciclo – 5n

$$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} = 1;$$

$$\frac{n}{N_1} + \frac{n}{N_2} + \frac{5n}{N_3} = 1;$$

$$n \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \frac{5}{N_3} \right) = 1$$



Con coeficiente de seguridad

$$n \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \frac{5}{N_3} \right) = \frac{1}{s}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

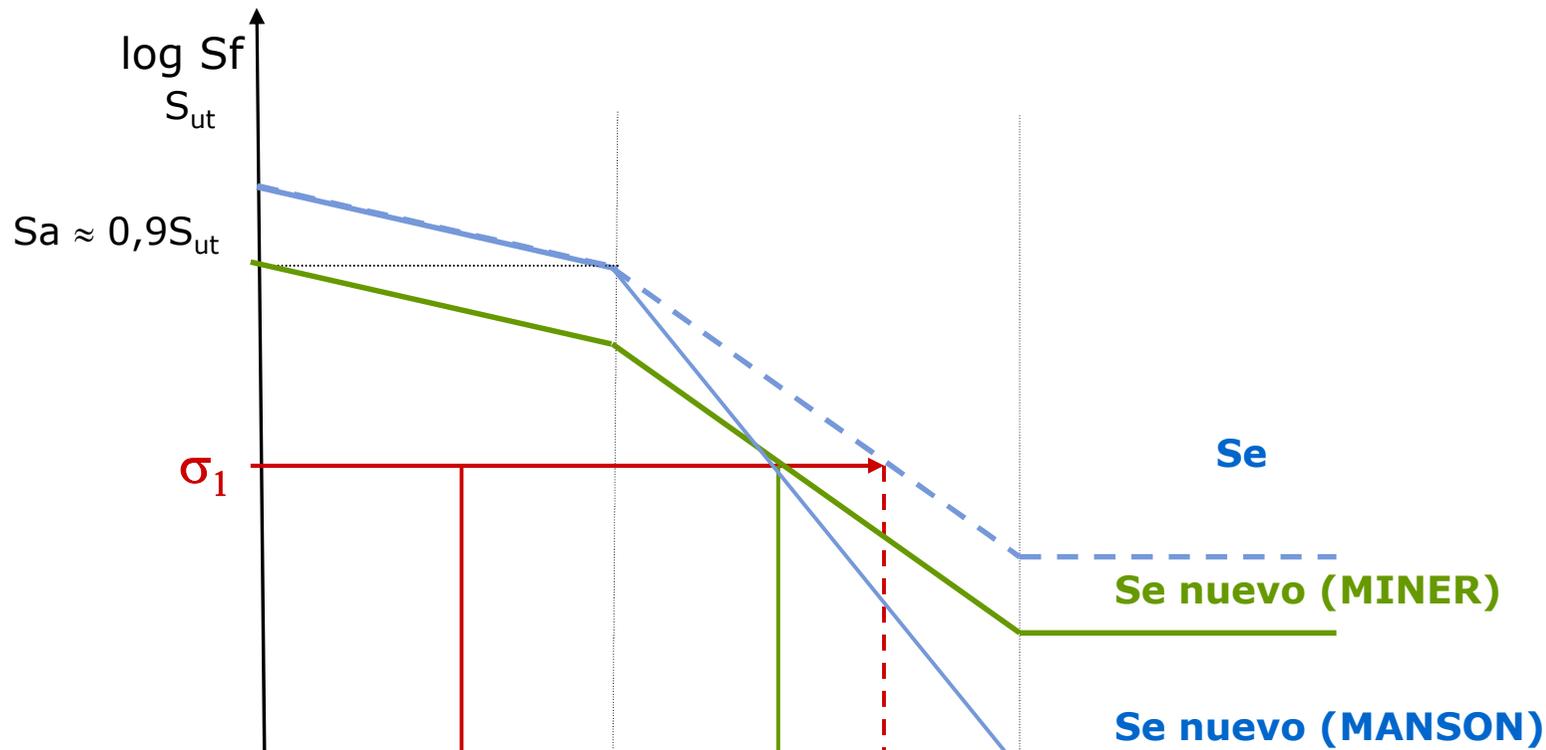
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \frac{1}{N_3} + \dots = 1$$

RESISTENCIA A LA FATIGA

8. DAÑO ACUMULADO POR FATIGA

○ Método Rainflow. Regla de Miner



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

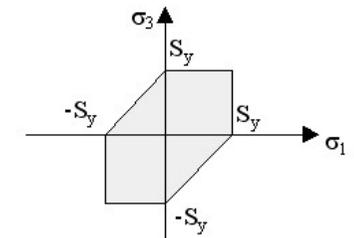
RESISTENCIA A LA FATIGA

9. TENSIONES MULTIAXIALES

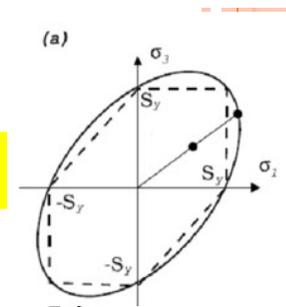
- Son usuales estados de tensiones complejos
- Planteamiento **mediante tensiones estáticas equivalentes**
- Válido para tensiones en fase o desfasadas 180°
- Para cada tensión ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \dots$) se calcula la **equivalente estática.**

$$\sigma_{ieq} = \sigma_{im} + \frac{S_y}{S_N} \sigma_{ia}$$

$$\tau_{ieq} = \tau_{im} + \frac{S_{sy}}{S_{SN}} \tau_{ia}$$



- Se utiliza un **criterio de fallo estático de tensiones multiaxiales** (**MTT**, (**máxima tensión tangencial TRESCA**), **ED** (**Energía Distorsión Von Mises**), **...** **Coulomb-Mohr**)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- Considerando los factores modificativos del límite de fatiga K_a , K_b , K_c , K_d y K_e , ¿cuál de las siguientes respuestas es cierta?
 - a) Ninguno de estos factores modificativos del límite de fatiga pueden tomar valores mayores que la unidad
 - b) K_a y K_b pueden tomar valores mayores que la unidad
 - c) K_b y K_d pueden tomar valores mayores que la unidad
 - d) Solamente K_e puede tomar valores mayores que la unidad

K_a : Factor de **acabado superficial**

K_b : Factor de **tamaño**

K_c : Factor de **modificación de carga**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- Considerando los factores modificativos del límite de fatiga K_a , K_b , K_c , K_d y K_e , ¿cuál de las siguientes respuestas es cierta?
 - a) Ninguno de estos factores modificativos del límite de fatiga pueden tomar valores mayores que la unidad
 - b) K_a y K_b pueden tomar valores mayores que la unidad
 - c) K_b y K_d pueden tomar valores mayores que la unidad
 - d) Solamente K_e puede tomar valores mayores que la unidad

K_a : Factor de **acabado superficial**

K_b : Factor de **tamaño**

K_c : Factor de **modificación de carga**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

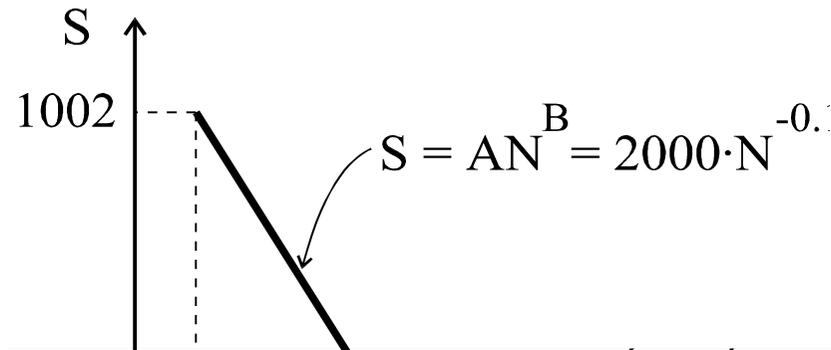
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- El diagrama S-N de una probeta de acero es el de la gráfica. Si la probeta se somete a una tensión alternante pura de 450 MPa
 - a) Fallará aproximadamente a los $3 \cdot 10^6$ ciclos.
 - b) Durará más de $3,5 \cdot 10^6$ ciclos.
 - c) Durará menos de $2,5 \cdot 10^6$ ciclos.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

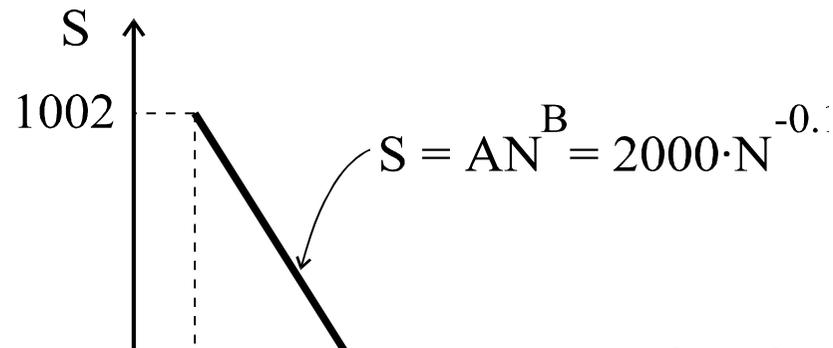
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- El diagrama S-N de una probeta de acero es el de la gráfica. Si la probeta se somete a una tensión alternante pura de 450 MPa
 - a) Fallará aproximadamente a los $3 \cdot 10^6$ ciclos.
 - b) Durará más de $3,5 \cdot 10^6$ ciclos.
 - c) Durará menos de $2,5 \cdot 10^6$ ciclos.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- En una pieza de material dúctil con $S_u=1000\text{MPa}$ y una entalla (concentrador de tensiones) con $K_t=2$ sometida a una carga variable $\sigma_a=100\text{MPa}$ y $\sigma_m=200\text{MPa}$, el coeficiente de seguridad a fatiga, sabiendo que la tensión de fatiga es $S_N=500\text{MPa}$ será:

- a) 2.5
- b) 3.333
- c) 1.167
- d) 4

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- En una pieza de material dúctil con $S_u=1000\text{MPa}$ y una entalla (concentrador de tensiones) con $K_t=2$ sometida a una carga variable $\sigma_a=100\text{MPa}$ y $\sigma_m=200\text{MPa}$, el coeficiente de seguridad a fatiga, sabiendo que la tensión de fatiga es $S_N=500\text{MPa}$ será:

- a) 2.5
- b) 3.333
- c) 1.167
- d) 4

$$S_e' = 0.5 S_{ut}$$

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{CS}$$

$$S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$$

$$S_e = \prod_i (K_i) S_e'$$

Es aplicable?

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- En una pieza de material dúctil con $S_u=1000\text{MPa}$ y una entalla (concentrador de tensiones) con $K_t=2$ sometida a una carga variable $\sigma_a=100\text{MPa}$ y $\sigma_m=200\text{MPa}$, el coeficiente de seguridad a fatiga, sabiendo que la tensión de fatiga es $S_N=500\text{MPa}$ será:

- a) 2.5 ~~$S_e' = 0.5 S_{ut}$~~ ~~$S_{ut} \leq 1400 \text{MPa}$~~ No dice que sea acero.
- b) 3.333 $S_u=1000\text{MPa}$ Nos dan directamente S_N
- c) 1.167 $S_N=500\text{MPa}$
- d) 4

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{CS}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- En una pieza de material dúctil con $S_u=1000\text{MPa}$ y una entalla (concentrador de tensiones) con $K_t=2$ sometida a una carga variable $\sigma_a=100\text{MPa}$ y $\sigma_m=200\text{MPa}$, el coeficiente de seguridad a fatiga, sabiendo que la tensión de fatiga es $S_N=500\text{MPa}$ será:

- a) 2.5 ~~$S_e' = 0.5 S_{ut}$~~ ~~$S_{ut} \leq 1400 \text{MPa}$~~ No dice que sea acero.
- b) 3.333 $S_u=1000\text{MPa}$ Nos dan directamente S_N
- c) 1.167 $S_N=500\text{MPa}$
- d) 4

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{CS}$$

| | | | | |
|------------------------|---|---------------------------|---|----------------|
| $\frac{\sigma_a}{S_e}$ | + | $\frac{\sigma_m}{S_{ut}}$ | = | $\frac{1}{CS}$ |
| $\frac{100}{500}$ | | $\frac{200}{1000}$ | | $\frac{1}{CS}$ |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

○ ¿Cuál es el valor mínimo de tensión media de los tipos de carga que aparecen en la secuencia de la figura?

- a) 300 MPa
- b) 150 MPa
- c) 200 MPa
- d) 250 MPa



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

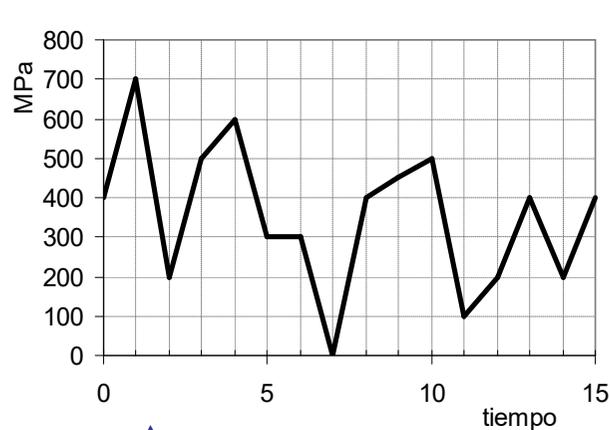
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

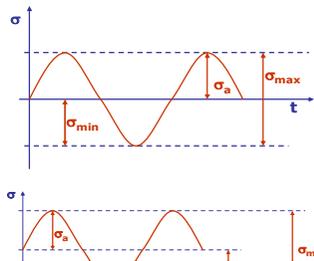
10. EJEMPLOS

- ¿Cuál es el valor mínimo de tensión media de los tipos de carga que aparecen en la secuencia de la figura?



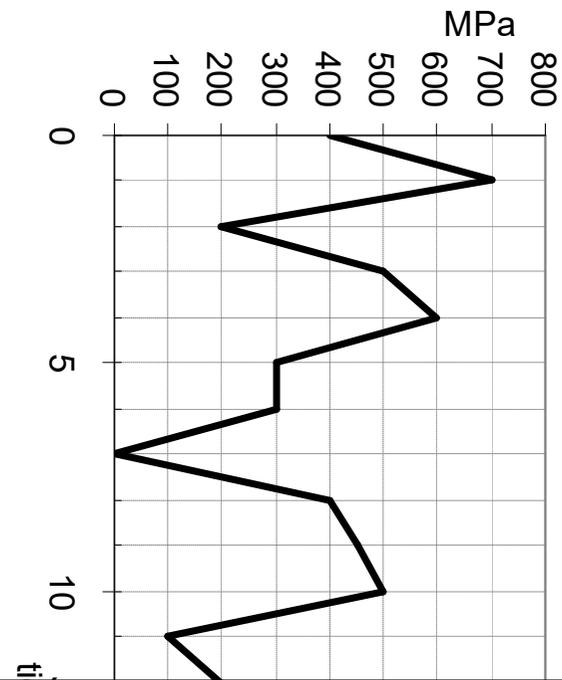
$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$



ALTERNANTE

FLUCTUANTE



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

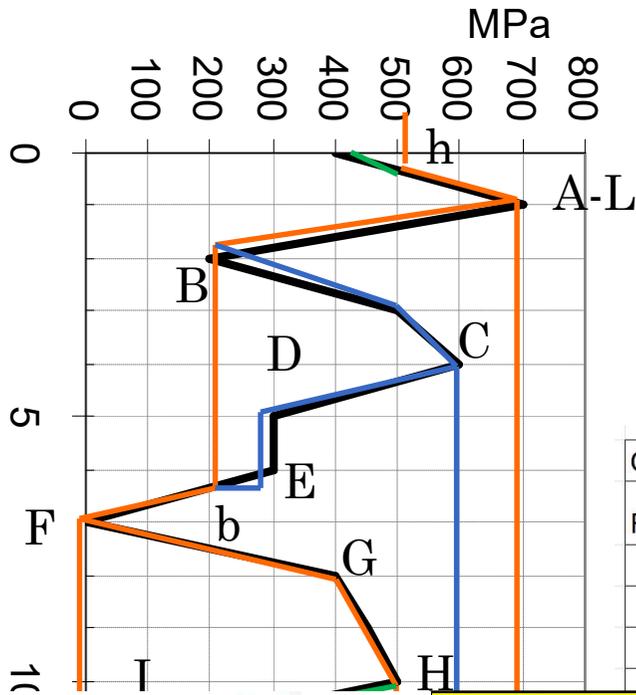
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- ¿Cuál es el valor mínimo de tensión media de los tipos de carga que aparecen en la secuencia de la figura?



$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad \sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

- 1 A-B-b-F-G-H-h-L=A-B-b-F-H-h-L
- 2 B-C-D-E-b=B-C-b
- 3 H-I-J-j-h
- 4 J-K-j

| CICLO | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------|---------------|-------|-----------|-------|
| RECORRIDO | A-B-b-F-H-h-L | B-C-b | H-I-J-j-h | J-K-j |
| σ_{max} | 700 | 600 | 500 | 400 |
| σ_{min} | 0 | 200 | 100 | 200 |
| $\sigma_a =$ | 350 | 200 | 200 | 100 |
| $\sigma_m =$ | 350 | 400 | 300 | 300 |



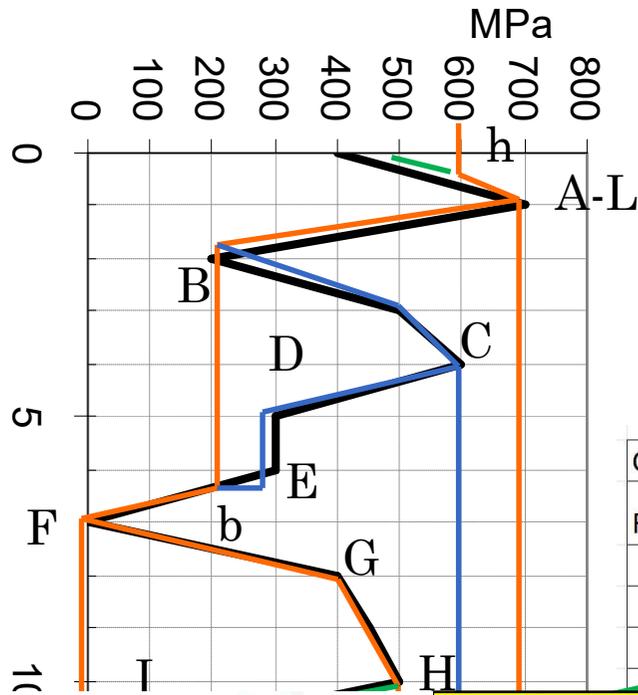
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- ¿Cuál es el valor mínimo de tensión media de los tipos de carga que aparecen en la secuencia de la figura?



- a) 300 MPa
- b) 150 MPa
- c) 200 MPa
- d) 250 MPa

| CICLO | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------|---------------|-------|-----------|-------|
| RECORRIDO | A-B-b-F-H-h-L | B-C-b | H-I-J-j-h | J-K-j |
| σ_{max} | 700 | 600 | 500 | 400 |
| σ_{min} | 0 | 200 | 100 | 200 |
| σ_m | 350 | 200 | 200 | 100 |
| σ_a | 350 | 400 | 300 | 300 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

RESISTENCIA A LA FATIGA

10. EJEMPLOS

- Ejemplos 6-1 a 6-20 Shigley.

Cartagena99

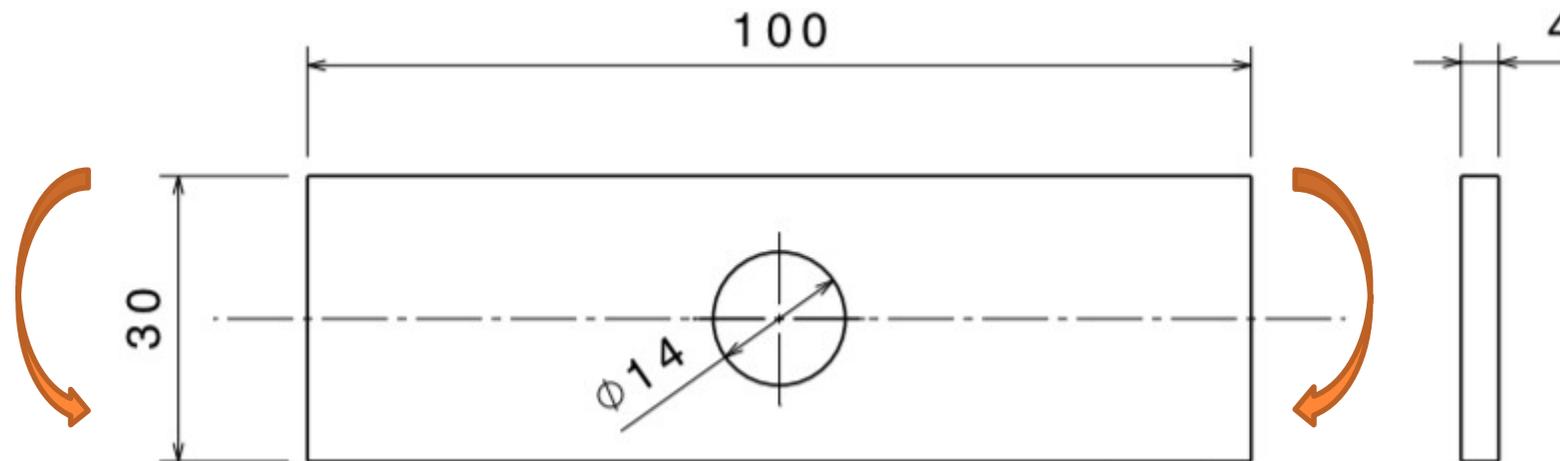
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

- Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente, sometida a flexión alternante, con una temperatura de operación de 475°C máxima y un factor de confiabilidad del 99.99%
 - 1° Dibuje el diagrama S-N estimado.
 - 2° Si se desea que la pieza aguante 600.000 ciclos ¿Cuál es la máxima tensión teórica que podría soportar?
 - ¿A que valor de flexión corresponde esa tensión?
 - Si deseamos tener un factor de seguridad de 2 con respecto al límite de fatiga del material (para asegurar vida infinita) ¿Cuál será la flexión alternante máxima que podríamos aplicar a la pieza?



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

○ acero AISI 1018 laminada en caliente

Tabla A-20

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm (3/4 a 1 1/4 pulg). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

| 1 UNS núm. | 2 SAE y/o AISI núm. | 3 Procesa- miento | 4 Resistencia a la tensión, MPa (kpsi) | | 5 Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi) | 6 Elongación en 2 pulg, % | 7 Reducción en área, % | 8 Dureza Brinell |
|---------------|---------------------------|-------------------------|---|------------|--|---------------------------------|------------------------------|------------------------|
| | | | MPa (kpsi) | MPa (kpsi) | | | | |
| G10060 | 1006 | HR | 300 (43) | 170 (24) | 30 | 55 | 86 | |
| | | CD | 330 (48) | 280 (41) | | | | |
| G10100 | 1010 | HR | 320 (47) | 180 (26) | 28 | 50 | 95 | |
| | | CD | 370 (53) | 300 (44) | | | | |
| G10150 | 1015 | HR | 340 (50) | 190 (27.5) | 28 | 50 | 101 | |
| | | CD | 390 (56) | 320 (47) | | | | |
| G10180 | 1018 | HR | 400 (58) | 220 (32) | 25 | 50 | 116 | |
| | | CD | 440 (64) | 370 (54) | | | | |
| G10200 | 1020 | HR | 380 (55) | 210 (30) | 25 | 50 | 111 | |
| | | CD | 470 (68) | 390 (57) | | | | |
| G10300 | 1030 | HR | 470 (68) | 260 (37.5) | 20 | 42 | 137 | |
| | | CD | 520 (76) | 440 (64) | | | | |
| G10350 | 1035 | HR | 500 (72) | 270 (39.5) | 18 | 40 | 143 | |
| | | CD | 550 (80) | 460 (67) | | | | |
| G10400 | 1040 | HR | 520 (76) | 290 (42) | 18 | 40 | 149 | |
| | | CD | 590 (85) | 490 (71) | | | | |
| G10450 | 1045 | HR | 570 (82) | 310 (45) | 16 | 40 | 163 | |
| | | CD | 620 (90) | 520 (77) | | | | |

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

- acero AISI 1018 laminada en caliente
- $S_u=400$ MPa
- $S_y=220$ MPa

Tabla A-20

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD). [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm (3/4 a 1 1/4 pulg). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|-------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|
| UNS núm. | SAE y/o AISI núm. | Procesa- miento | Resistencia a la tensión, MPa (kpsi) | Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi) | Elongación en 2 pulg, % | Reducción en área, % | Dureza Brinell |
| G10060 | 1006 | HR | 300 (43) | 170 (24) | 30 | 55 | 86 |
| | | CD | 330 (48) | 280 (41) | 20 | 45 | 95 |
| G10100 | 1010 | HR | 320 (47) | 180 (26) | 28 | 50 | 95 |
| | | CD | 370 (53) | 300 (44) | 20 | 40 | 105 |
| G10150 | 1015 | HR | 340 (50) | 190 (27.5) | 28 | 50 | 101 |
| | | CD | 390 (56) | 320 (47) | 18 | 40 | 111 |
| G10180 | 1018 | HR | 400 (58) | 220 (32) | 25 | 50 | 116 |
| | | CD | 440 (64) | 370 (54) | 15 | 40 | 126 |
| G10200 | 1020 | HR | 380 (55) | 210 (30) | 25 | 50 | 111 |
| | | CD | 470 (68) | 390 (57) | 15 | 40 | 131 |
| G10300 | 1030 | HR | 470 (68) | 260 (37.5) | 20 | 42 | 137 |
| | | CD | 520 (76) | 440 (64) | 12 | 35 | 149 |
| G10350 | 1035 | HR | 500 (72) | 270 (39.5) | 18 | 40 | 143 |
| | | CD | 550 (80) | 460 (67) | 12 | 35 | 163 |
| G10400 | 1040 | HR | 520 (76) | 290 (42) | 18 | 40 | 149 |
| | | CD | 590 (85) | 490 (71) | 12 | 35 | 170 |
| G10450 | 1045 | HR | 570 (82) | 310 (45) | 16 | 40 | 163 |
| | | CD | 620 (90) | 520 (77) | 12 | 35 | 170 |

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

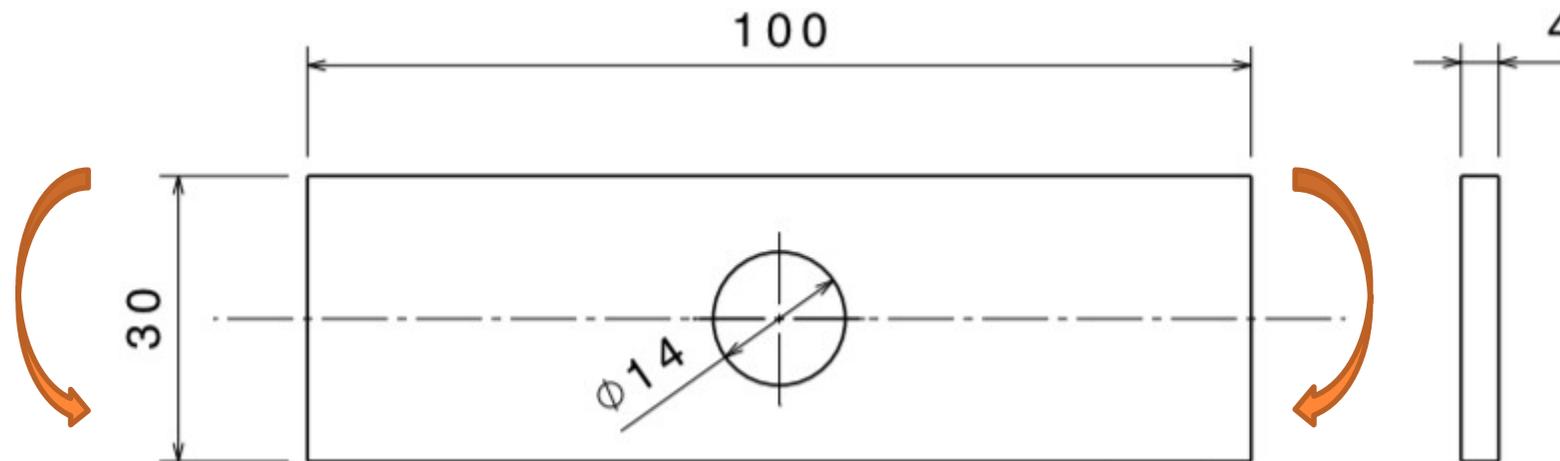
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

- Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente, sometida a flexión alternante, con una temperatura de operación de 475°C máxima y un factor de confiabilidad del 99.99%
 - 1° Dibuje el diagrama S-N estimado.
 - $S_u=400\text{ MPa}$
 - $S_y=220\text{ Mpa.}$
 - Flexión alternante,



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

DR. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Valor de S_m (en 10^3 ciclos) ¿Cómo se obtiene?
 - Bibliografía
 - Ensayos anteriores
 - Aproximaciones

A flexión

$$S_m = 0.9 S_{ut}$$

Axial

$$S_m = 0.75 S_{ut}$$

Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente, sometida a flexión alternante, 1º Dibuje el diagrama S-N estimado.

$S_u = 400$ MPa

$S_y = 220$ Mpa.

Flexión alternante,.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Valor de S_m (en 10^3 ciclos) ¿Cómo se obtiene?
 - Bibliografía
 - Ensayos anteriores
 - Aproximaciones

A flexión

$$S_m = 0.9 S_{ut}$$

Axial

$$S_m = 0.75 S_{ut}$$

Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente, sometida a flexión alternante,
 $S_u = 400$ MPa
 $S_y = 220$ Mpa.
Flexión alternante,.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

○ Valor de S'_e (en 10^6 ciclos) . ¿Cómo se obtiene?

- Bibliografía
- Ensayos anteriores
- Aproximaciones

Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente, sometida a flexión alternante,
 $S_u=400$ MPa
 $S_y=220$ Mpa.
Flexión alternante,.

Aceros

$$S'_e = 0.5 S_{ut}$$
$$S'_e = 700 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$$
$$S_{ut} \geq 1400 \text{ MPa}$$

Hierros

$$S'_e = 0.4 S_{ut}$$
$$S'_e = 160 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} \leq 400 \text{ MPa}$$
$$S_{ut} \geq 400 \text{ MPa}$$

Aluminios

$$S'_e = 0.4 S_{ut}$$
$$S'_e = 130 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} \leq 330 \text{ MPa}$$
$$S_{ut} \geq 330 \text{ MPa}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

5. DIAGRAMA S-N

- Valor de S'_e (en 10^6 ciclos) . ¿Cómo se obtiene?

- Bibliografía
- Ensayos anteriores
- Aproximaciones

Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente, sometida a flexión alternante,
 $S_u=400$ MPa
 $S_y=220$ Mpa.
 Flexión alternante,.

Aceros

| | |
|---------------------|------------------------|
| $S'_e = 0.5 S_{ut}$ | $S_{ut} \leq 1400$ MPa |
| $S'_e = 700$ MPa | $S_{ut} \geq 1400$ MPa |

Hierros

| | |
|---------------------|-----------------------|
| $S'_e = 0.4 S_{ut}$ | $S_{ut} \leq 400$ MPa |
| $S'_e = 160$ MPa | $S_{ut} \geq 400$ MPa |

Aluminios

| | |
|---------------------|-----------------------|
| $S'_e = 0.4 S_{ut}$ | $S_{ut} \leq 330$ MPa |
| $S'_e = 130$ MPa | $S_{ut} \geq 330$ MPa |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

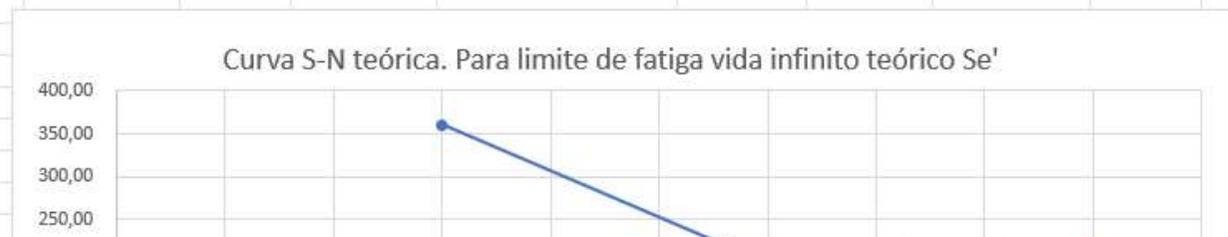
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

- Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente, sometida a flexión alternante, con una temperatura de operación de 475°C máxima y un factor de confiabilidad del 99.99%
 - 1º Dibuje el diagrama S-N estimado.

| | | | | | | | |
|----------------------|---------------|----------------|----------|-----|-----|---------|--|
| Acero AISI 1018 | | | | | | | |
| laminado en caliente | | | | | | | |
| Sut= | 400 Mpa | | | | | | |
| Sy= | 220 Mpa | | | | | | |
| 1 Sm | Flexión | Sm = 0.9 Sut | 0,9 | 360 | 360 | Mpa | |
| S'e | | | | | | | |
| 1 Aceros | Se' = 0.5 Sut | Sut < 1400 MPa | 200 S'e= | | | 200 Mpa | |

| | | | |
|---|--------|-----|--|
| N | Se' | | |
| 3 | 360,00 | Sm | $\frac{\log(0,9 \cdot S_{ut}) - \log S_e}{6-3} = \frac{\log S_f(N,0) - \log S_e}{6-n}$ |
| 6 | 200,00 | Se' | |
| 9 | 200,00 | Se' | |



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. J

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

Sut en MPa

Si $K_a > 1 \rightarrow K_a = 1$

○ **Ka: Factor de acabado superficial**

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

- Ensayo de probeta rotatoria
 - **Probeta pulida (a espejo)** con pulimento fino en dirección axial
- Pieza real
 - Peor acabado superficial $\Rightarrow \downarrow S_e$
 - Mayor rugosidad en la superficie que produce un fenómeno de concentración de tensiones

Hierro Fundido
Ka=1

• Función de:

- Calidad del acabado superficial
- Resistencia última del material ($\uparrow S_u \Rightarrow \downarrow S_e$)
- **Para ciclos bajos (<1000) se puede tomar siempre Ka=1**

Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente,

| Acabado superficial | Coefficiente a (MPa) | Exponente b |
|---------------------|----------------------|-------------|
| Pulido | 1 | 0 |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

Sut en MPa

Si $K_a > 1 \rightarrow K_a = 1$

○ **Ka: Factor de acabado superficial**

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

- Ensayo de probeta rotatoria
 - **Probeta pulida (a espejo)** con pulimento fino en dirección axial
- Pieza real
 - Peor acabado superficial $\Rightarrow \downarrow S_e$
 - Mayor rugosidad en la superficie que produce un fenómeno de concentración de tensiones

Hierro Fundido
Ka=1

• Función de:

- Calidad del acabado superficial
- Resistencia última del material ($\uparrow S_u \Rightarrow \downarrow S_e$)
- **Para ciclos bajos (<1000) se puede tomar siempre Ka=1**

Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente,

| Acabado superficial | Coefficiente a (MPa) | Exponente b |
|---------------------|----------------------|-------------|
| Pulido | 1 | 0 |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

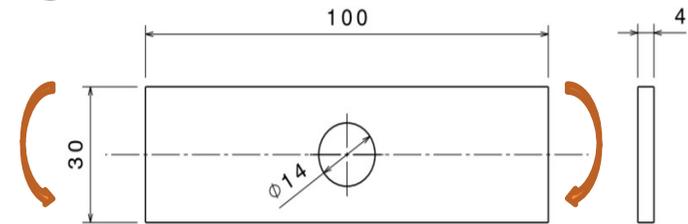
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN



○ **K_b**: Factor de tamaño

- Ensayo de probeta rotatoria
 - Probeta con sección circular, diámetro normalizado (7.5 a 12.5 mm)
- Pieza real
 - Sección circular / diámetro diferente
 - En 10³: **K_b = 1 (no influye el tamaño)**
 - En 10⁶: **el diámetro de probeta influye en flexión y torsión, no con carga axial**
- Flexión / Torsión [Shigley. Pag. 280]

$$K_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$$

$$2,79 \leq d \text{ (mm)} \leq 51$$

$$K_b = 1,51 \cdot d^{-0,157}$$

$$51 \leq d \text{ (mm)} \leq 254$$

$$K_b = 0,6$$

$$d \text{ (mm)} > 254$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **K_b**: Factor de tamaño

- Ensayo de probeta rotatoria
 - Probeta con sección circular, diámetro normalizado (7.5 a 12.5 mm)
- Pieza real
 - Sección circular / diámetro diferente
 - **En 10³: K_b = 1 (no influye el tamaño)**
 - **En 10⁶: el diámetro de probeta influye en flexión y torsión, no con carga axial**
- Flexión / Torsión [Shigley. Pag. 280]

$$K_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$$

$$2,79 \leq d \text{ (mm)} \leq 51$$

$$K_b = 1,51 \cdot d^{-0,157}$$

$$51 \leq d \text{ (mm)} \leq 254$$

$$K_b = 0,6$$

$$d \text{ (mm)} > 254$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

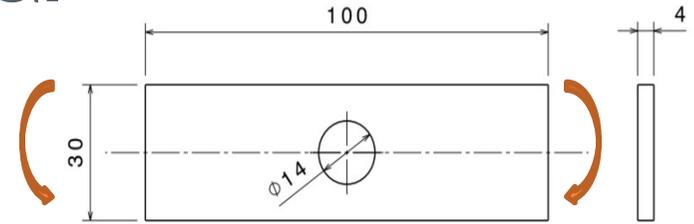
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Kb: Factor de tamaño

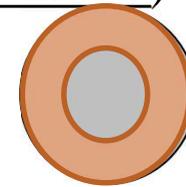
- Diámetro efectivo: *“Diámetro que se obtiene al igualar el volumen de material sometido a esfuerzo igual o superior a 95% del esfuerzo máximo con el mismo volumen en la muestra de viga rotativa”*.
- Sección de viga rotatoria (caso más crítico)

$$A_{0,95} = \frac{\pi}{4} [d^2 - (0,95 \cdot d)^2] = 0,0766 \cdot d^2 \quad (I)$$

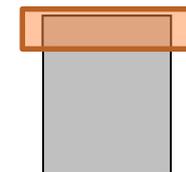


- Sección rectangular hxb
(Ejemplo sólo para flexión)

$$A_{0,95} = 0,05 \cdot h \cdot b$$



(II)



SECCIÓN *NO*
CIRCULAR
(Ejemplo:
Sección
rectangular)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

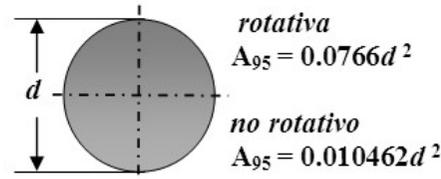
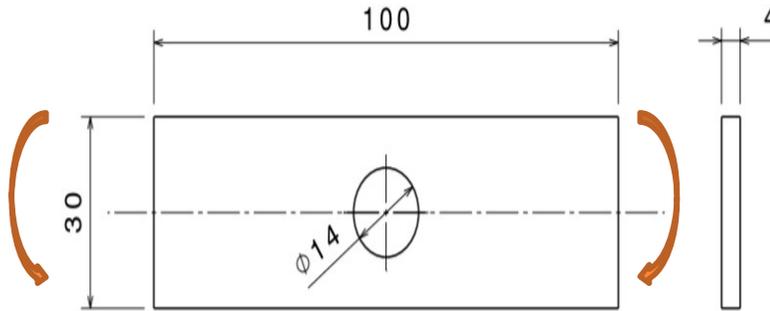
$$(I) = (II) \longrightarrow$$

$$d_e = 0,808 \cdot (h \cdot b)^{1/2}$$

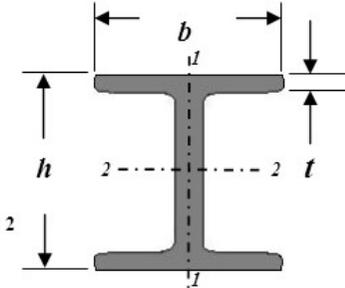
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

o Kb: Factor de tamaño

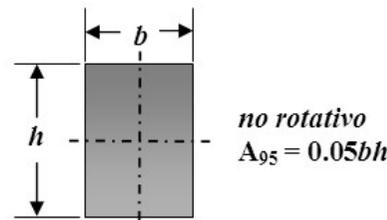


a) Redondo sólido o hueco

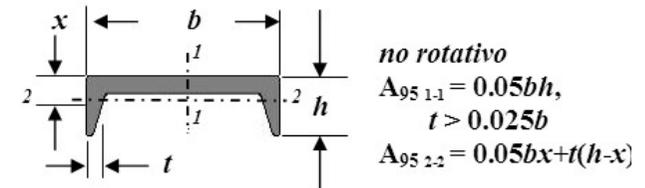


no rotativo
 $A_{95 \ 1-1} = 0.10bt,$
 $A_{95 \ 2-2} = 0.05bh,$
 $t > 0.025b$

b) Viga en I



c) Rectangular sólido



d) Viga en I

| | | | | |
|--------------------|--|-----------|--------------|---------------|
| 1 Sección cuadrada | b | 30 mm | h | 4 mm |
| | $A_{0,95\sigma} = \frac{\pi}{4} [d^2 - (0,95d)^2] = 0,0766d^2$ | | | |
| | d2 | -0,95^2d2 | d2-(0,95d)^2 | PI/4 |
| | | | | A0,95 Cil rot |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J.

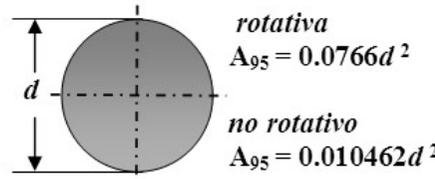
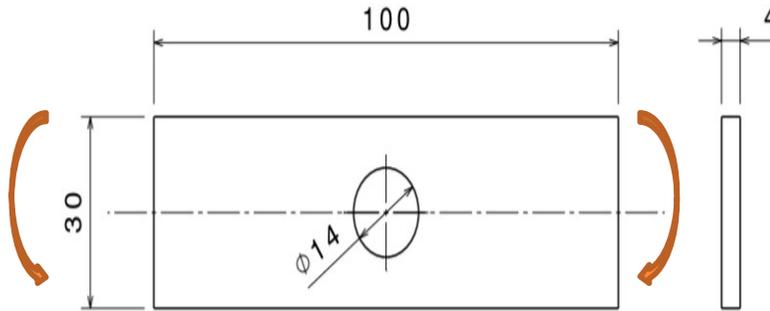
$(I) = (II)$ \longrightarrow

$d_e = 0,808 \cdot (h \cdot b)^{1/2}$

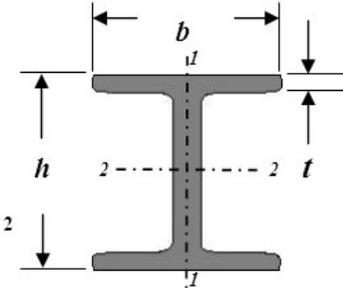
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

o Kb: Factor de tamaño

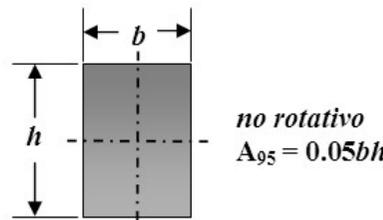


a) Redondo sólido o hueco

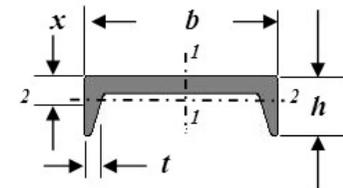


no rotativo
 $A_{95\ 1-1} = 0.10bt,$
 $A_{95\ 2-2} = 0.05bh,$
 $t > 0.025b$

b) Viga en I



c) Rectangular sólido



no rotativo
 $A_{95\ 1-1} = 0.05bh,$
 $t > 0.025b$
 $A_{95\ 2-2} = 0.05bx + t(h-x)$

d) Viga en I

| | | | | |
|--------------------|----|---|--------------|---------------|
| 1 Sección cuadrada | b | 30 mm | h | 4 mm |
| | | | | |
| | | $A_{0,95\sigma} = \frac{\pi}{4}[d^2 - (0,95d)^2] = 0.0766d^2$ | | |
| | d2 | -0,95^2d2 | d2-(0,95d)^2 | PI/4 |
| | | | | A0.95 Cil rot |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J.

de=

0,808

10,95

8,85



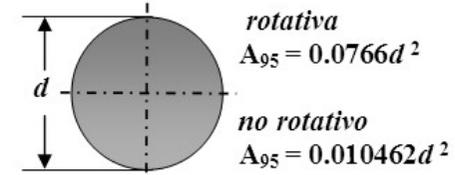
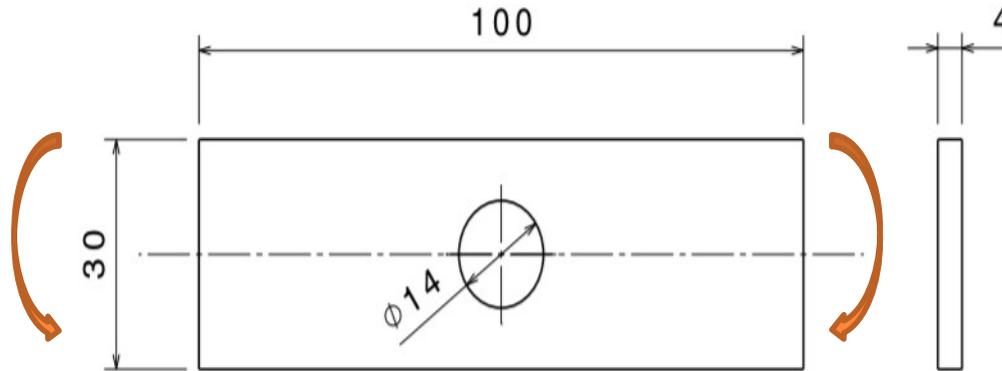
$$(I) = (II) \longrightarrow$$

$$d_e = 0,808 \cdot (h \cdot b)^{1/2}$$

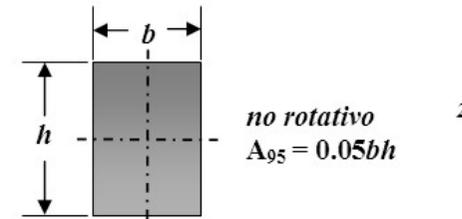
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Kb: Factor de tamaño



a) Redondo sólido o hueco



c) Rectangular sólido

| | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|-------|------|
| | 0,808 | 10,95 | 8,85 |
| $2,79 \leq d \text{ (mm)} \leq 51$ | | | |
| $51 \leq d \text{ (mm)} \leq 254$ | | | |
| $d \text{ (mm)} > 254$ | | | |
| | $K_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$ | | |
| | $K_b = 1,51 \cdot d^{-0,157}$ | | |
| | $K_b = 0,6$ | | |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

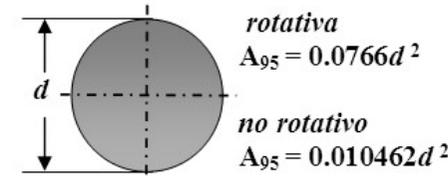
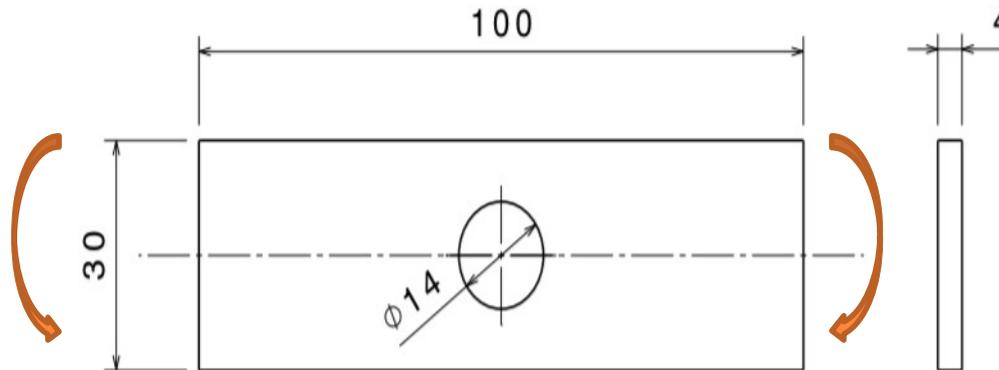
$$(I) = (II) \longrightarrow$$

$$d_e = 0,808 \cdot (h \cdot b)^{1/2}$$

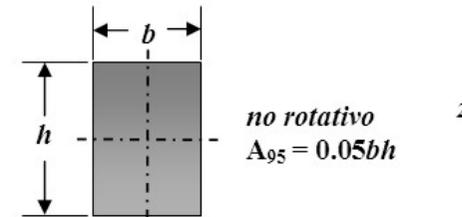
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Kb: Factor de tamaño



a) Redondo sólido o hueco



c) Rectangular sólido

| | | | de= | 0,808 | 10,95 | 8,85 |
|------------------------------------|---|-------|------|-------------------------------|-------|------|
| $2,79 \leq d \text{ (mm)} \leq 51$ | 1 | 1,240 | 0,98 | $K_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$ | | |
| | - | 0,107 | - | $K_b = 1,51 \cdot d^{-0,157}$ | | |
| $51 \leq d \text{ (mm)} \leq 254$ | 0 | 1,510 | - | | | |
| | - | 0,157 | | $K_b = 0,6$ | | |
| $d \text{ (mm)} > 254$ | 0 | 0,590 | | | | |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

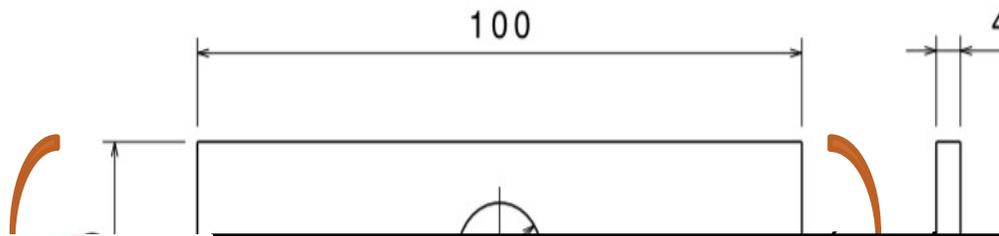
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- **Kc: Factor de modificación de carga**
 - Carga a flexión: **Kc = 1**
 - Carga axial: **Kc = 0,85** (Otros autores **Kc=0,7**)
 - Carga torsión (sólo para fatiga torsional): **Kc = 0.59**
 - Carga torsión combinada con flexión: **Kc = 1**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

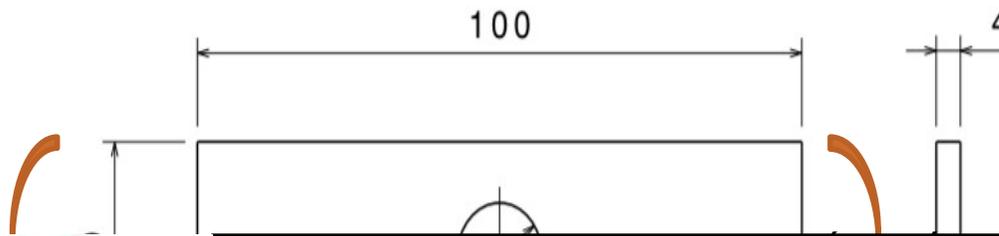
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- **Kc: Factor de modificación de carga**
 - Carga a flexión: $K_c = 1$
 - Carga axial: $K_c = 0,85$ (Otros autores **$K_c=0,7$**)
 - Carga torsión (sólo para fatiga torsional): $K_c = 0.59$
 - Carga torsión combinada con flexión: $K_c = 1$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **K_d: Factor de temperatura**

475°C

- Aplicable también para ciclos bajos (<1000)
- Fórmulas únicamente para Aceros

Norton Pag. 381

- $T \leq 450^{\circ}\text{C}$ $K_d=1$
- $450^{\circ}\text{C} \leq T \leq 550^{\circ}\text{C}$ $K_d=1-0,0058 \cdot (T-450)$

- No debe utilizarse para otros materiales
- Para temperaturas mayores la termofluencia adquiere un valor significativo y la curva S-N ya no tendrá un codo.
- Nota. Criterio diferente en Shigley Pag. 283.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ **K_d: Factor de temperatura**

475°C

- Aplicable también para ciclos bajos (<1000)
- Fórmulas únicamente para Aceros

Norton Pag. 381

- $T \leq 450^{\circ}\text{C}$

$$K_d=1$$

- $450^{\circ}\text{C} \leq T \leq 550^{\circ}\text{C}$

$$K_d=1-0,0058 \cdot (T-450)$$

- No debe utilizarse para otros materiales
- Para temperaturas mayores la termofluencia adquiere un valor significativo y la curva S-N ya no tendrá un codo.
- Nota. Criterio diferente en Shigley Pag. 283.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

99,99%

o **Ke: Factor de fiabilidad**

| <i>Fiabilidad</i> | <i>Factor de fiabilidad Kc</i> |
|-------------------|--------------------------------|
| 0.5 | 1 |
| 0.9 | 0.897 |
| 0.95 | 0.868 |
| 0.99 | 0.814 |
| 0.999 | 0.753 |
| 0.9999 | 0.702 |
| 0.99999 | 0.659 |
| 0.999999 | 0.620 |
| 0.9999999 | 0.584 |
| 0.99999999 | 0.551 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

99,99%

o Ke: Factor de fiabilidad

| <i>Fiabilidad</i> | <i>Factor de fiabilidad Kc</i> |
|-------------------|--------------------------------|
| 0.5 | 1 |
| 0.9 | 0.897 |
| 0.95 | 0.868 |
| 0.99 | 0.814 |
| 0.999 | 0.753 |
| 0.9999 | 0.702 |
| 0.99999 | 0.659 |
| 0.999999 | 0.620 |
| 0.9999999 | 0.584 |
| 0.99999999 | 0.551 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- Dada una barra de acero AISI 1018 laminada en caliente, sometida a flexión alternante, con una temperatura de operación de 475°C máxima y un factor de confiabilidad del 99.99%

- 1° Dibuje el diagrama S-N estimado.

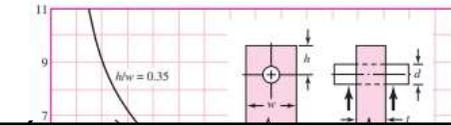
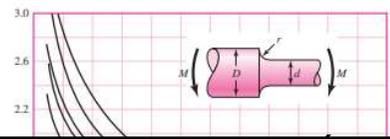
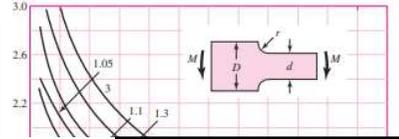
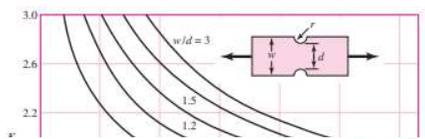
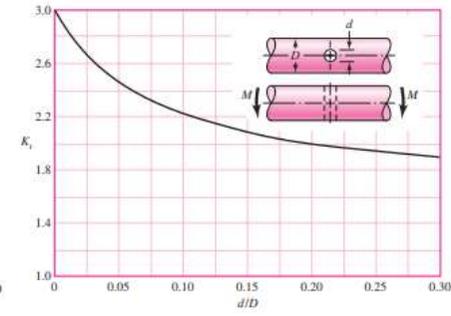
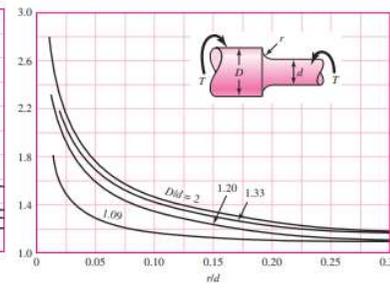
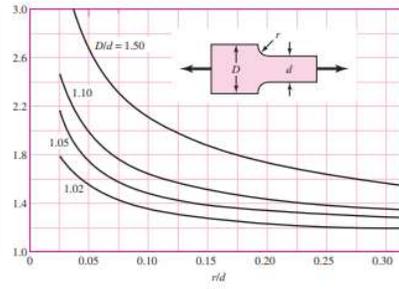
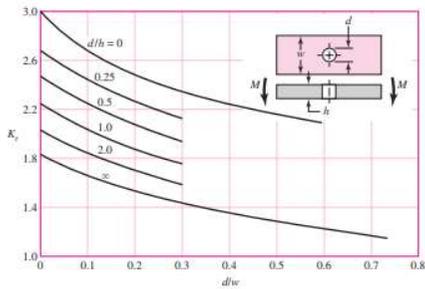
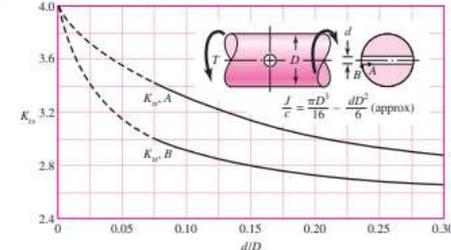
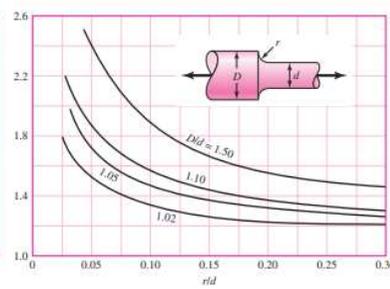
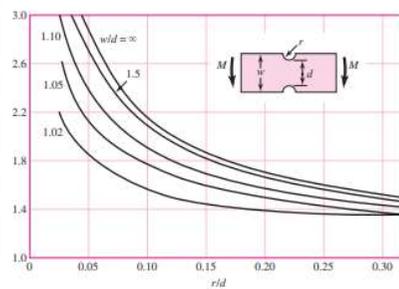
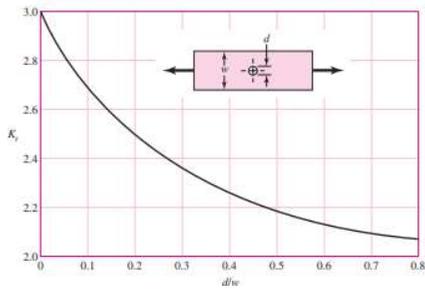
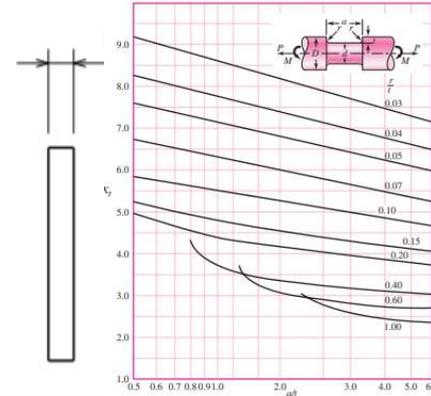
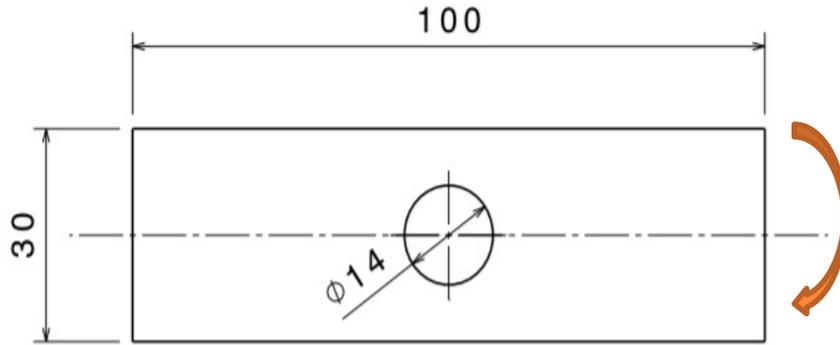
- Ka: Acabado superficial. **Ka= 0,781**
- Kb: Factor de tamaño. Carga Axial. **Kb= 0,98**
- Kc: Factor de modificación de carga. Carga axial: **Kc = 1**
- Kd: Factor de temperatura. $T^a = 60^\circ\text{C}$ $T \leq 450^\circ\text{C}$ **Kd= 0,855**
- Ke: Factor de fiabilidad. Fiabilidad de 99% **Ke= 0,702**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

KT



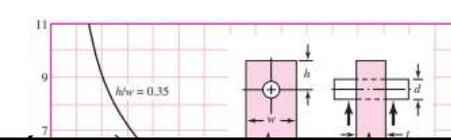
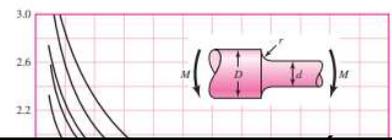
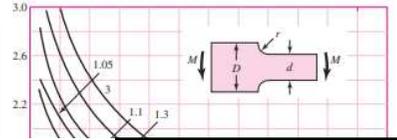
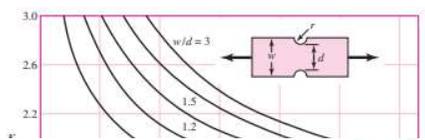
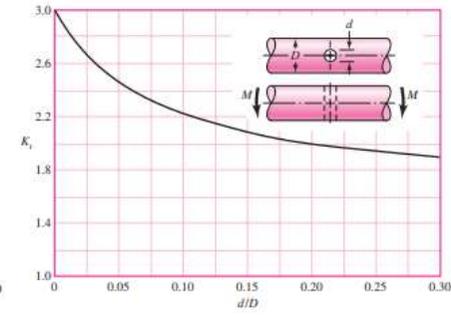
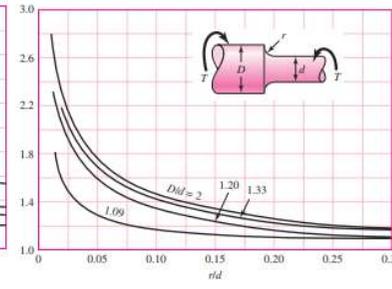
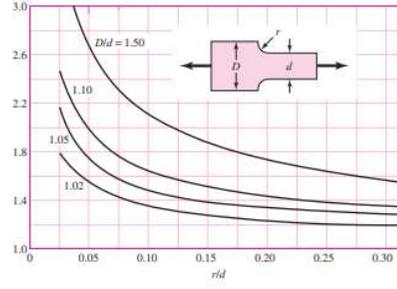
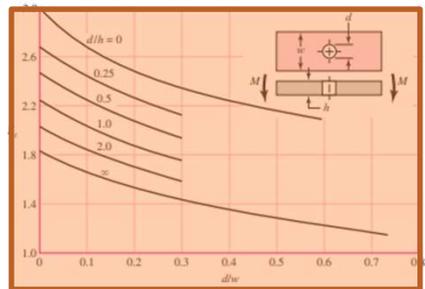
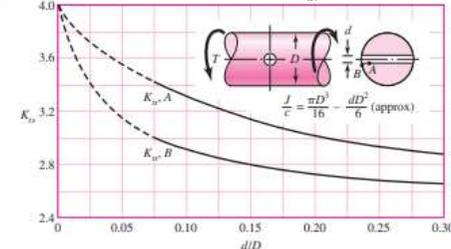
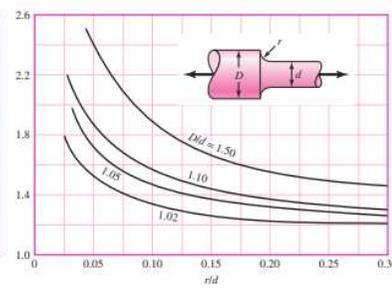
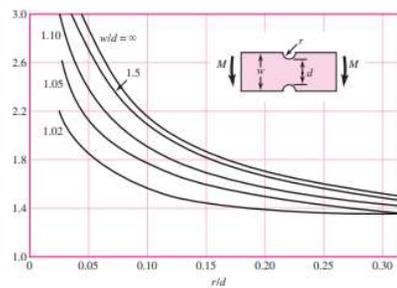
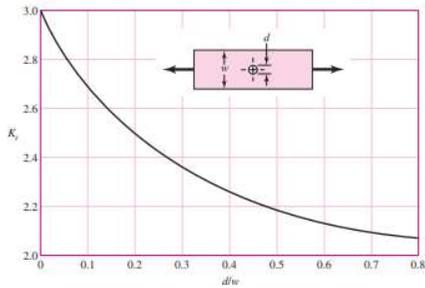
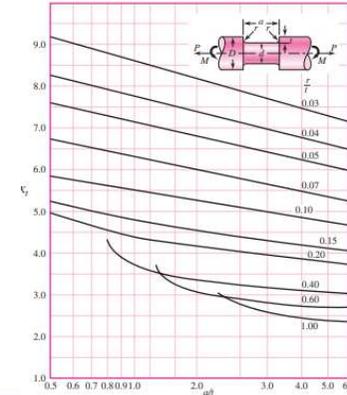
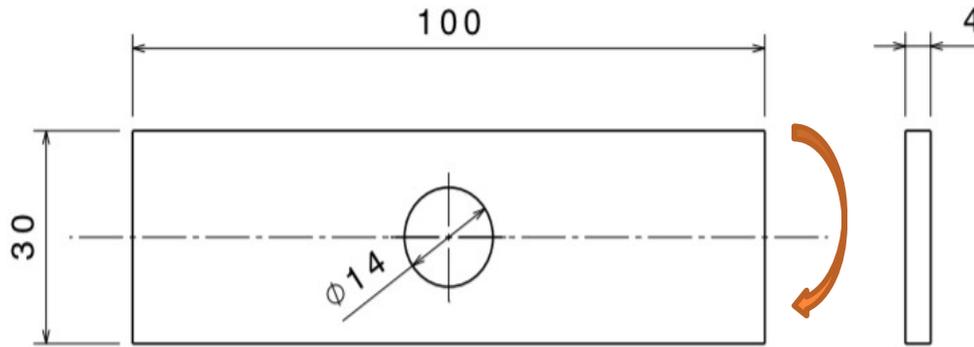
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

KT



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

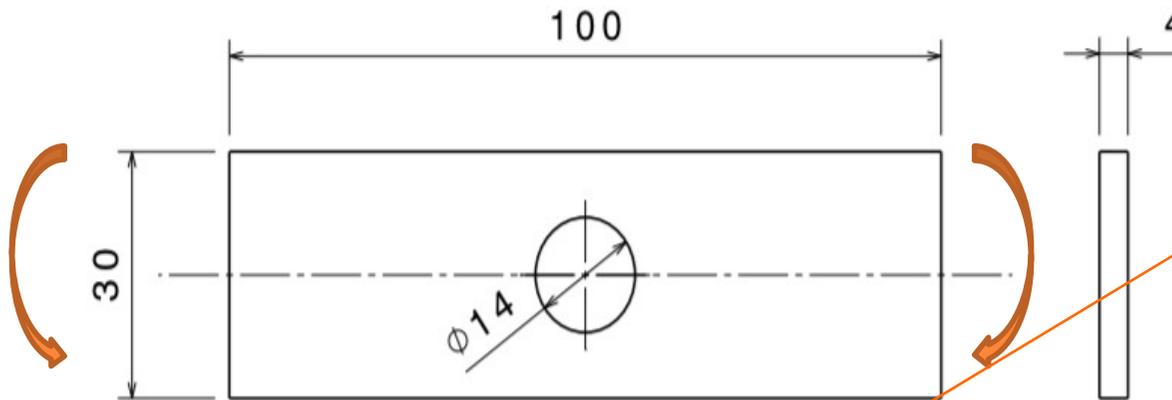
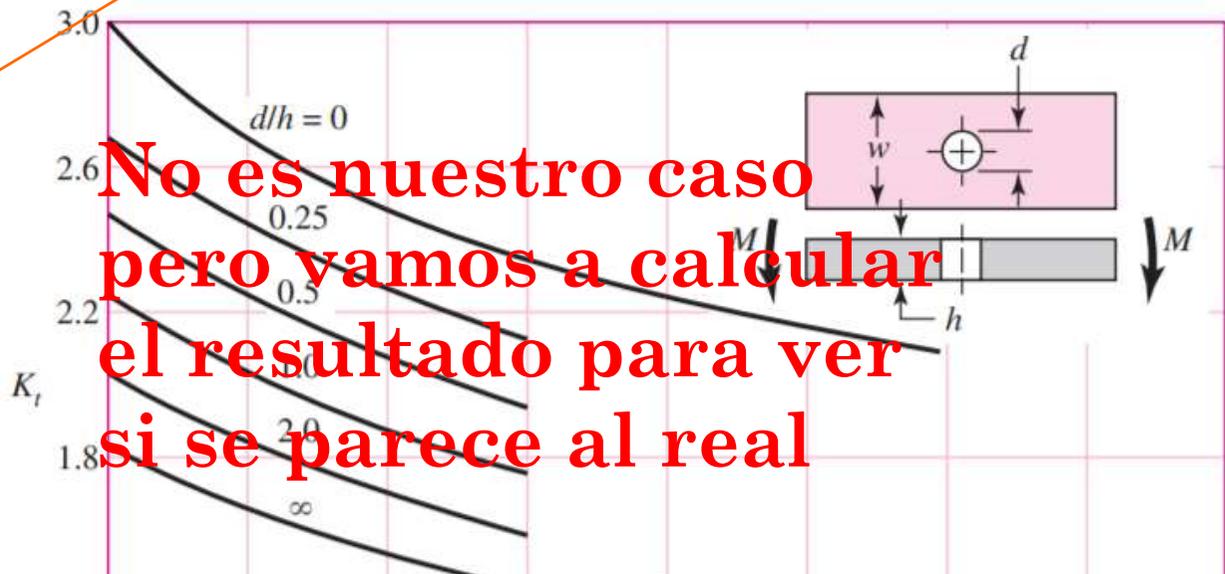


Figura A-15-2

Barra rectangular con un agujero transversal en flexión.

$\sigma_0 = Mc/I$, donde $I = (w - d)h^3/12$.

| | |
|-----|------|
| w | 30 |
| h | 4 |
| d | 14 |
| d/w | 0,47 |
| d/h | 3,50 |



No es nuestro caso pero vamos a calcular el resultado para ver si se parece al real

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

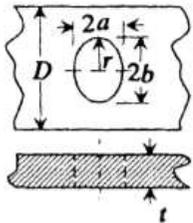
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

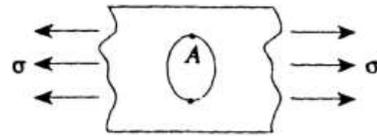
d/w

KT PAG 291

7.
Single elliptical hole in
finite-width plate



a. Axial tension



$$\sigma_{\max} = \sigma_A = K_t \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = \sigma / (1 - 2a/D)$$

$$K_t = C_1 + C_2 \frac{2a}{D} + C_3 \left(\frac{2a}{D} \right)^2 + C_4 \left(\frac{2a}{D} \right)^3,$$

$$1.0 \leq a/b \leq 8.0$$

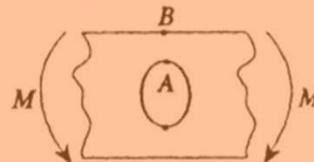
$$C_1 = 1.109 - 0.188\sqrt{a/b} + 2.086a/b$$

$$C_2 = -0.486 + 0.213\sqrt{a/b} - 2.588a/b$$

$$C_3 = 3.816 - 5.510\sqrt{a/b} + 4.638a/b$$

$$C_4 = -2.438 + 5.485\sqrt{a/b} - 4.126a/b$$

b. In-plane bending



$$\sigma_{\max} = \sigma_A = K_t \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = 12Ma / (D^3 - 8a^3)t$$

$$K_t = C_1 + C_2 \left(\frac{2a}{D} \right) + C_3 \left(\frac{2a}{D} \right)^2$$

$$0.4 \leq 2a/D \leq 1.0, \quad 1.0 \leq a/b \leq 2.0$$

$$C_1 = 1.509 + 0.336(a/b) + 0.155(a/b)^2$$

$$C_2 = -0.416 + 0.445(a/b) - 0.029(a/b)^2$$

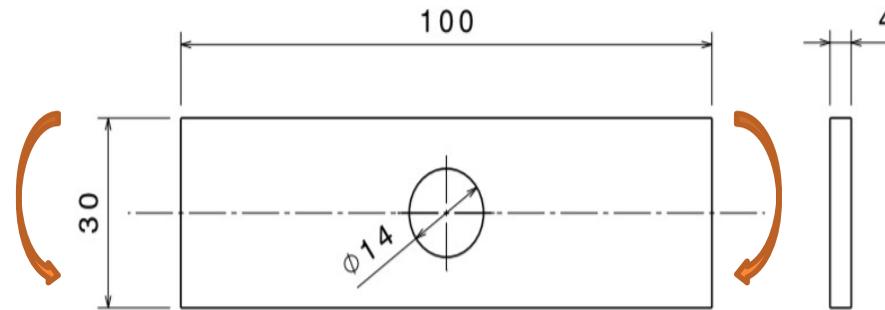
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

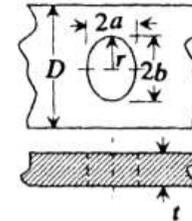
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

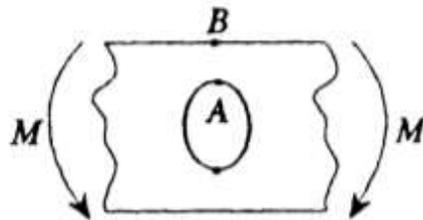
KT PAG 291



7. Single elliptical hole in finite-width plate



b. In-plane bending



| | |
|------|-------|
| a | 0 |
| b | 0 |
| r | 7 |
| D | 30,00 |
| 2a/D | 0,47 |
| a/b | 1,00 |
| C1 | 2,00 |
| C2 | - |

$$\sigma_{\max} = \sigma_A = K_t \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = 12Ma / (D^3 - 8a^3)t$$

$$K_t = C_1 + C_2 \left(\frac{2a}{D}\right) + C_3 \left(\frac{2a}{D}\right)^2$$

$$0.4 \leq 2a/D \leq 1.0, \quad 1.0 \leq a/b \leq 2.0$$

$$C_1 = 1.509 + 0.336(a/b) + 0.155(a/b)^2$$

$$C_2 = -0.416 + 0.445(a/b) - 0.029(a/b)^2$$

$$C_3 = 0.878 - 0.736(a/b) - 0.142(a/b)^2$$

$$\text{for } 2a/D \leq 0.4, \quad \sigma_{\max} = \sigma_B = 6M/D^2t$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

KT 2,00

KT PAG 291

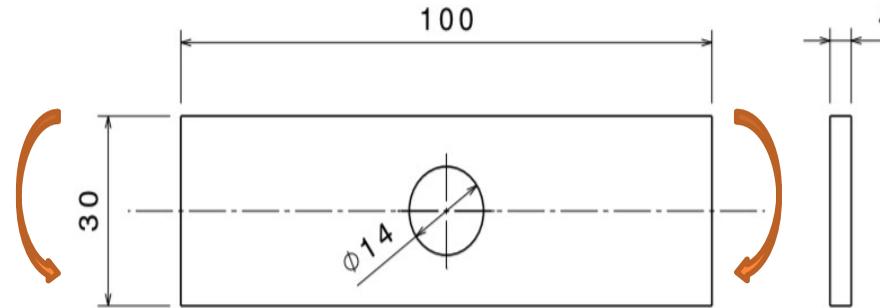
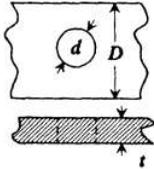
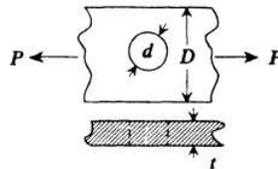


TABLE 6-1 (continued) STRESS CONCENTRATION FACTORS: Holes

2. Central single circular hole in finite-width plate



a. Axial tension

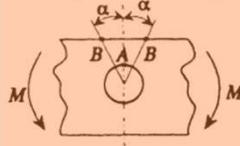


$$\sigma_{\max} = \sigma_A = K_t \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = P/[t(D - d)]$$

$$K_t = 3.000 - 3.140(d/D) + 3.667(d/D)^2 - 1.527(d/D)^3$$

for $0 \leq d/D \leq 1$

b. In-plate bending



(1) At edge of hole,

$$\sigma_{\max} = \sigma_A = K_t \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = 6Md/(D^3 - d^3)t$$

$$K_t = 2 \text{ (independent of } d/D\text{)}$$

(2) At edge of plate,

$$\sigma_{\max} = \sigma_B = K_t \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = 6MD/(D^3 - d^3)t$$

$$K_t = 2d/D (\alpha = 30^\circ)$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

KT PAG 291

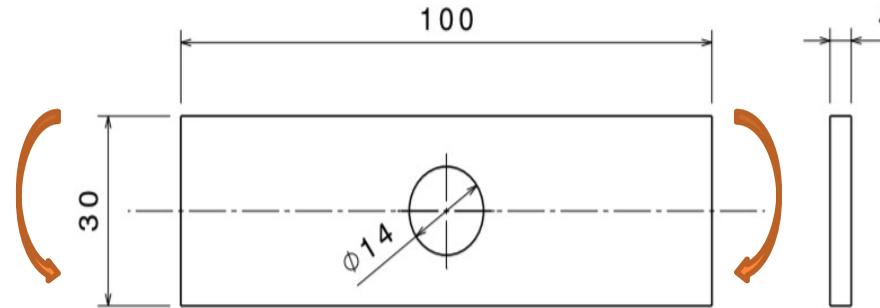


TABLE 6-1 (continued) STRESS CONCENTRATION FACTORS: Holes

| | | |
|---|---|--|
| <p>3. Eccentric circular hole in finite-width plane</p> | <p>b. In-plane bending</p> <p>$c=d=15$</p> | <p>$\sigma_{\max} = \max(\sigma_A, \sigma_B)$</p> <p>$\sigma_B = K_{tB} \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = 6M/D^2t$</p> <p>$K_{tB} = C_1 + C_2 \frac{c}{e} + C_3 \left(\frac{c}{e}\right)^2$</p> <p style="text-align: right; color: red;">Si cumple</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;"> $0 \leq d/2c \leq 0.5, \quad 0 \leq c/e \leq 1.0$ </div> <p>$C_1 = 3.000 - 0.631(d/2c) + 4.007(d/2c)^2$</p> <p>$C_2 = -5.083 + 4.067(d/2c) - 2.795(d/2c)^2$</p> <p>$C_3 = 2.114 - 1.682(d/2c) - 0.273(d/2c)^2$</p> <p>$\sigma_A = K_{tA} \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = 6M/D^2t$</p> <p>$K_{tA} = C'_1 + C'_2 \frac{c}{e} + C'_3 \left(\frac{c}{e}\right)^2$</p> <p>$C'_1 = 1.0286 - 0.1638(d/2c) + 2.702(d/2c)^2$</p> <p>$C'_2 = -0.05863 - 0.1335(d/2c) - 1.8747(d/2c)^2$</p> <p>$C'_3 = 0.18883 - 0.89219(d/2c) + 1.5189(d/2c)^2$</p> |
| <p>4.</p> | <p>a. Uniaxial tension parallel</p> | <p>$\sigma_{\max} = K_t \sigma$ for $0 \leq d/L \leq 1$</p> |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

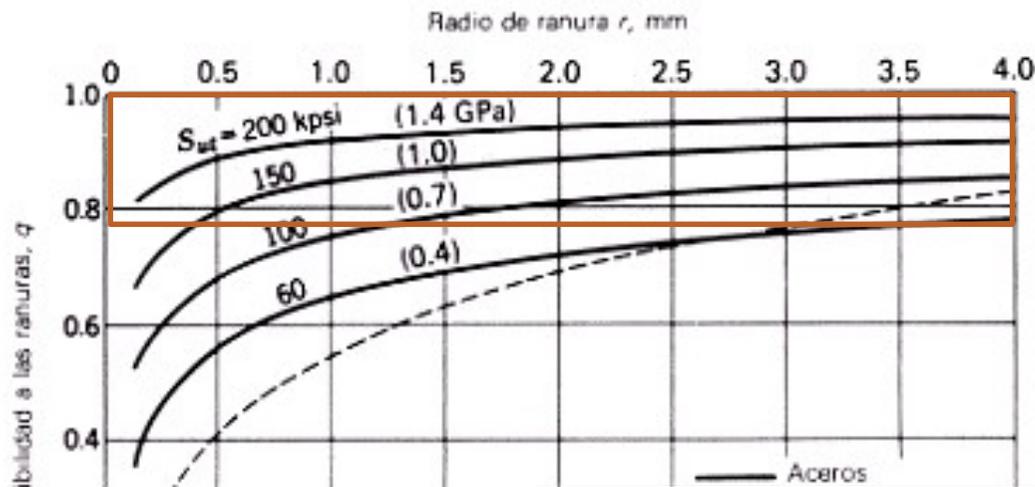
6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

○ Ejercicio: Placa de acero laminado en frío

- $1/K_f$: Factor de concentración de tensiones. Sensibilidad a la entalla q .
- Cargas de flexión y axiales alternantes. $S_{ut}=400$ Mpa, $R= 7$ mm.
 $R>r$ Tomar valor $r=4$ mm,

$S_{ut}=400$ Mpa



$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$

$q=0,78$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Radio de ranura r , pulg

RESISTENCIA A LA FATIGA

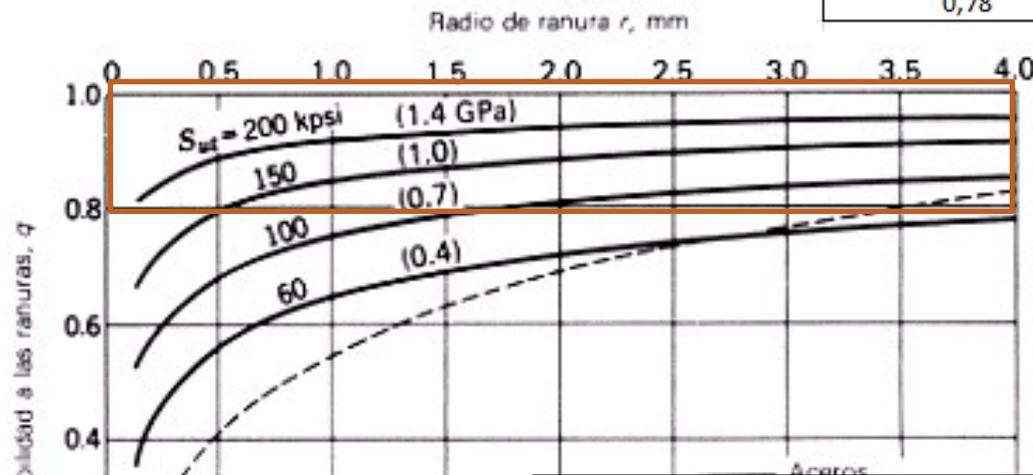
6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

○ Ejercicio: Placa de acero laminado en caliente

- 1/Kf: Factor de concentración de tensiones. Sensibilidad a la entalla q.
- Cargas de flexión y axiales alternantes. Sut=400 Mpa, R= 7mm. R>r Tomar valor r=4mm, q= 0,78 Kf=1,78 1/Kf=0,56

| q | Kt | Kf | 1/Kf |
|------|----|------|------|
| 0,78 | 2 | 1,78 | 0,56 |



$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Radio de ranura r, pulg

RESISTENCIA A LA FATIGA

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

6. ECUACIÓN DE MARIN

○ Ejercicio: Placa de acero laminado en caliente

- 1/Kf: Factor de concentración de tensiones. Sensibilidad a la entalla q.
- Cargas de flexión y axiales alternantes. Sut=400 Mpa, R= 7mm. R>r
Tomar valor r=4mm, q= 0,825 Kf=1,825 1/Kf=0,548

| | | | | |
|---------|-------|----|-------|-------|
| Formula | q | Kt | Kf | 1/Kf |
| | 0,825 | 2 | 1,825 | 0,548 |
| Tablas | q | Kt | Kf | 1/Kf |
| | 0,780 | 2 | 1,780 | 0,562 |

| | | | |
|-----------------------|----------|-------|-------|
| Sut | 400 Mpa | | |
| Intervalo | Sn | a | |
| s1 | 380 | a1 | 0,59 |
| s2 | 415 | a2 | 0,54 |
| s2-s1 | 35 | a2-a1 | -0,05 |
| Tg | 0,001429 | | |
| Sut-s1 | 20 | | |
| a^(1/2)=a1+tg(sut-s1) | 0,561 | | |
| R | 7 | | |
| R^(1/2) | 2,6458 | 1+a/r | 1,212 |
| q=1/(1+(a/r)^(1/2)) | 0,825 | | |

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}}$$

$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$

| Su | | \sqrt{a} | | |
|-------|-------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| (ksi) | (MPa) | Carga axial y flexión | | Torsión |
| | | (in ^{0.5}) | (mm ^{0.5}) | (in ^{0.5}) |
| 50 | 345 | 0.130 | 0.66 | 0.093 |
| 55 | 380 | 0.118 | 0.59 | 0.087 |
| 60 | 415 | 0.108 | 0.54 | 0.080 |
| 70 | 485 | 0.093 | 0.47 | 0.070 |
| 80 | 550 | 0.080 | 0.40 | 0.062 |
| 90 | 620 | 0.070 | 0.35 | 0.055 |
| 100 | 690 | 0.062 | 0.31 | 0.049 |
| 110 | 760 | 0.055 | 0.28 | 0.044 |
| 120 | 825 | 0.049 | 0.25 | 0.039 |



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



RESISTENCIA A LA FATIGA

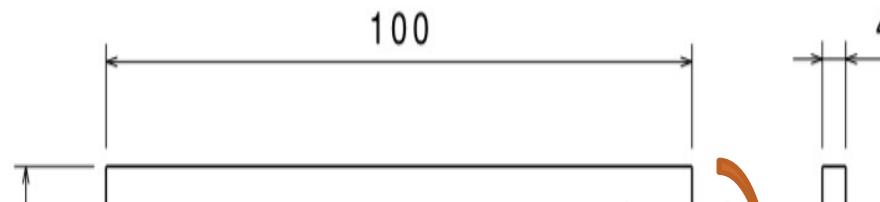
6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

○ Ejercicio: Placa de acero laminado en frío

- Ka: Acabado superficial. Ka=0,78
- Kb: Factor de tamaño. Carga Flexión. Kb=0,98
- Kc: Factor de modificación de carga. Carga Flexión: Kc = 1
- Kd: Factor de temperatura. $T^a = 450^\circ\text{C}$ $T \leq 550^\circ\text{C}$ Kd= 0,855
- Ke: Factor de fiabilidad. Fiabilidad de 99,99% Ke=0,702
- 1/Kf: Concentración de tensiones. $K_t=2$ $q=0,825$ $K_f=1,825$ 1/Kf=0,548
- Kg: Factor de efectos diversos. Nada. Kg=1

| Ka | Kb | Kc | Kd | Ke | 1/Kf | Kg | S'e | Se | K |
|------|------|----|-------|-------|-------|----|-----|----|---|
| 0,78 | 0,98 | 1 | 0,855 | 0,702 | 0,548 | 1 | 200 | | |



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

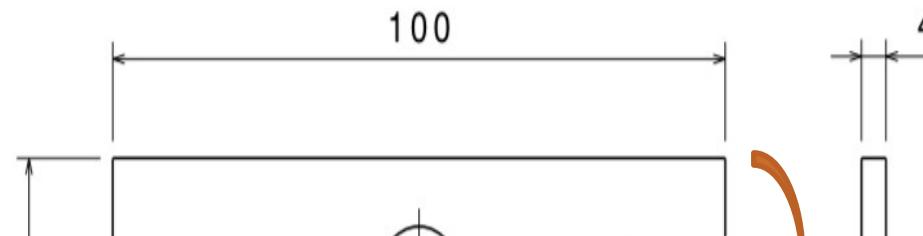
6. ECUACIÓN DE MARIN

$$S_e = \prod_i K_i S_e'$$

○ Ejercicio: Placa de acero laminado en frío

- Ka: Acabado superficial. Ka=0,78
- Kb: Factor de tamaño. Carga Flexión. Kb=0,98
- Kc: Factor de modificación de carga. Carga Flexión: Kc = 1
- Kd: Factor de temperatura. $T^a = 450^\circ\text{C}$ $T \leq 550^\circ\text{C}$ Kd= 0,855
- Ke: Factor de fiabilidad. Fiabilidad de 99,99% Ke=0,702
- 1/Kf: Concentración de tensiones. **Kt=2** **q= 0,825** **Kf=1,825** **1/Kf=0,548**
- Kg: Factor de efectos diversos. Nada. Kg=1

| Ka | kb | kc | Kd | Ke | 1/Kf | Kg | S'e | Se | K |
|------|------|----|-------|-------|-------|----|-----|-----------|------|
| 0,78 | 0,98 | 1 | 0,855 | 0,702 | 0,548 | 1 | 200 | 50,47 Mpa | 0,25 |



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

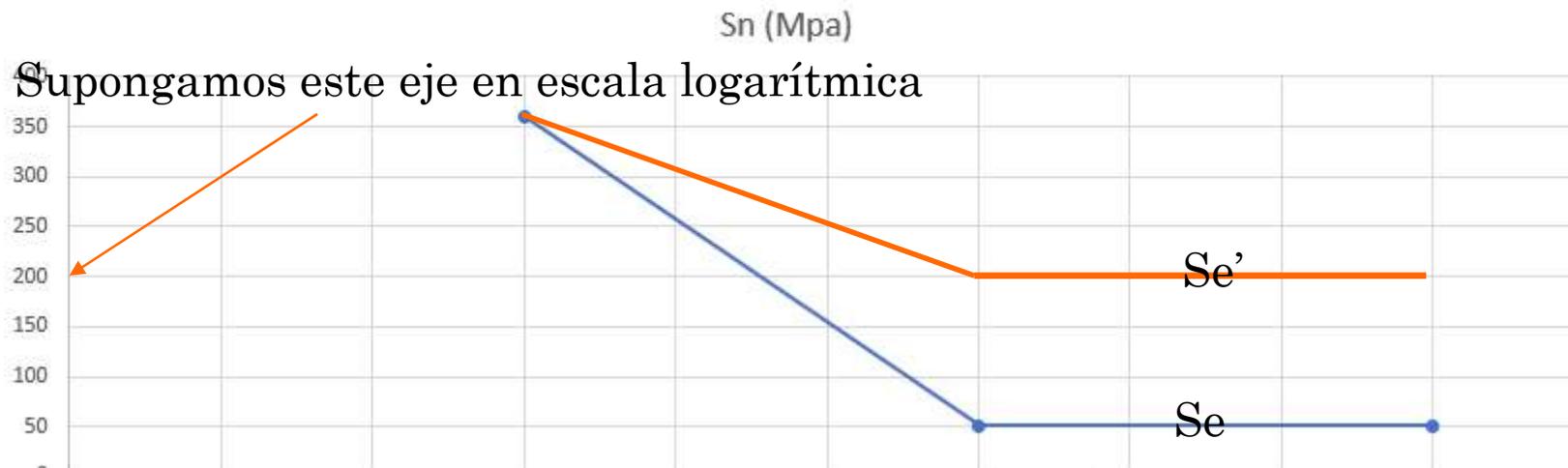
RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- 1º Dibuje el diagrama S-N estimado.

| N | Sn (Mpa) |
|---|----------|
| 3 | 360 Sm |
| 6 | 50,47 Se |
| 9 | 50,47 Se |

$$\frac{\log(0,9 \cdot S_{ut}) - \log S_e}{6 - 3} = \frac{\log S_f(N,0) - \log S_e}{6 - n}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

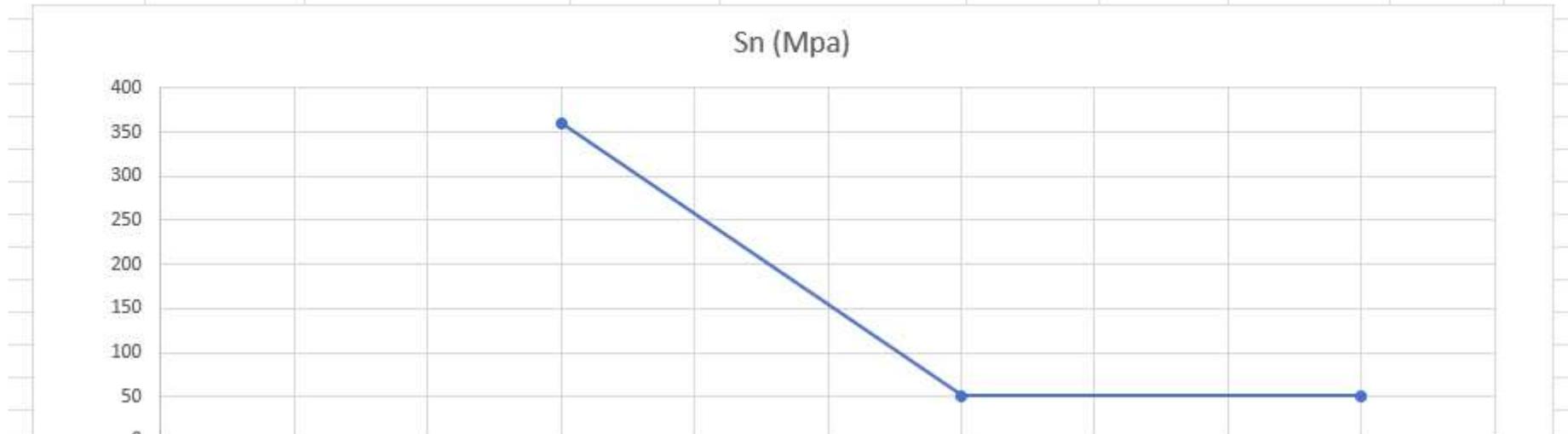
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- 2º Si se desea que la pieza aguante 600.000 ciclos ¿Cuál es la máxima tensión teórica que podría soportar?

| N | Sn (Mpa) | |
|---|----------|----|
| 3 | 360 | Sm |
| 6 | 50,47 | Se |
| 9 | 50,47 | Se |

$$\frac{\log(0,9 \cdot S_{ut}) - \log S_e}{6 - 3} = \frac{\log S_f(N,0) - \log S_e}{6 - n}$$


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

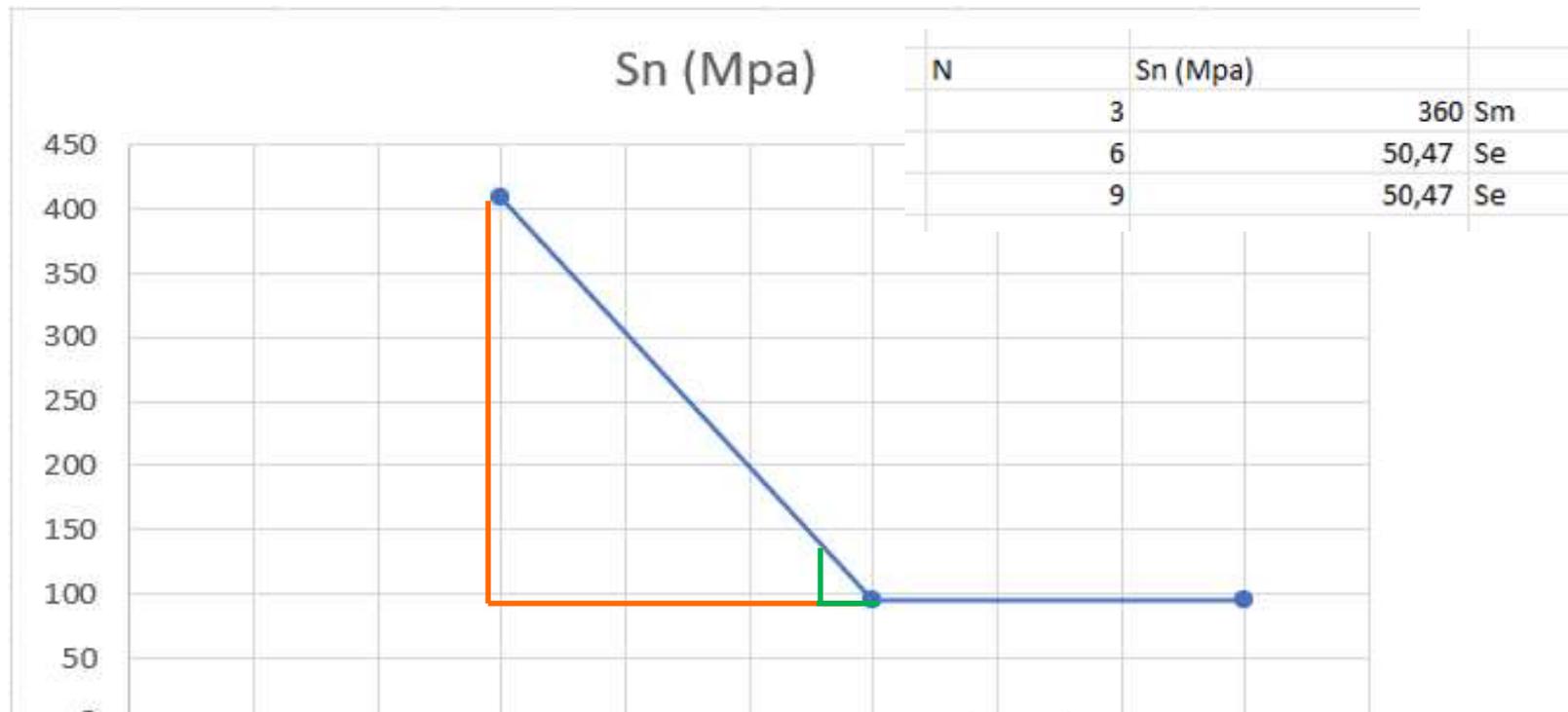
Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- 2º Si se desea que la pieza aguante 600.000 ciclos ¿Cuál es la máxima tensión teórica que podría soportar?



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- 2º Si se desea que la pieza aguante 600.000 ciclos ¿Cuál es la máxima tensión teórica que podría soportar?

| N | Sn (Mpa) |
|---|----------|
| 3 | 360 Sm |
| 6 | 50,47 Se |
| 9 | 50,47 Se |



| Sn | ? | N | 600.000 | log(n) | 5,778 |
|--|-------|---|---------|----------|-------|
| Sm | 360 | log(Sm) | 2,5563 | N1000 | 3 |
| Se | 50,47 | Log(Se) | 1,7031 | N1000000 | 6 |
| $\frac{\text{LogSm}-\text{LogSe}}{,6-3} =$ | | $\frac{\text{log(Sn)}-\text{logSe}}{6-n}$ | | | |
| 0,853 | = | log(Sn) | - | | |
| 3,000 | | 0,222 | | | |
| 0,284 | = | log(Sn) | - | | |



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

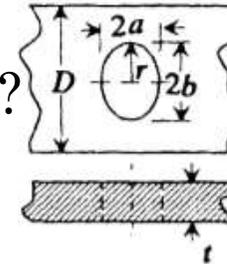
Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- ¿A que valor de flexión corresponde esa tensión?

7. Single elliptical hole in finite-width plate



$$\sigma_{\max} = \sigma_A = K_t \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = 12Ma / (D^3 - 8a^3)t$$

| $M = \frac{\sigma_{\text{nom}}(D^3 - 8a^3)t}{12a}$ | | Snom | D | a | t |
|--|--|---------------------|---|--------------|-----------|
| | | 58,37 | | 30 | 7 |
| | | 58.366.780,07 | | 0,03 | 0,007 |
| | | Pa=N/m ² | m | m | m |
| | | M | | 67,42 | Nm |
| | | Se | | 50,47 | |

| N | Sn (Mpa) |
|---|----------|
| 3 | 360 Sm |
| 6 | 50,47 Se |
| 9 | 50,47 Se |

$$\frac{\log(0,9 \cdot S_{ut}) - \log S_e}{6-3} = \frac{\log S_t(N,0) - \log S_e}{6-n}$$


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

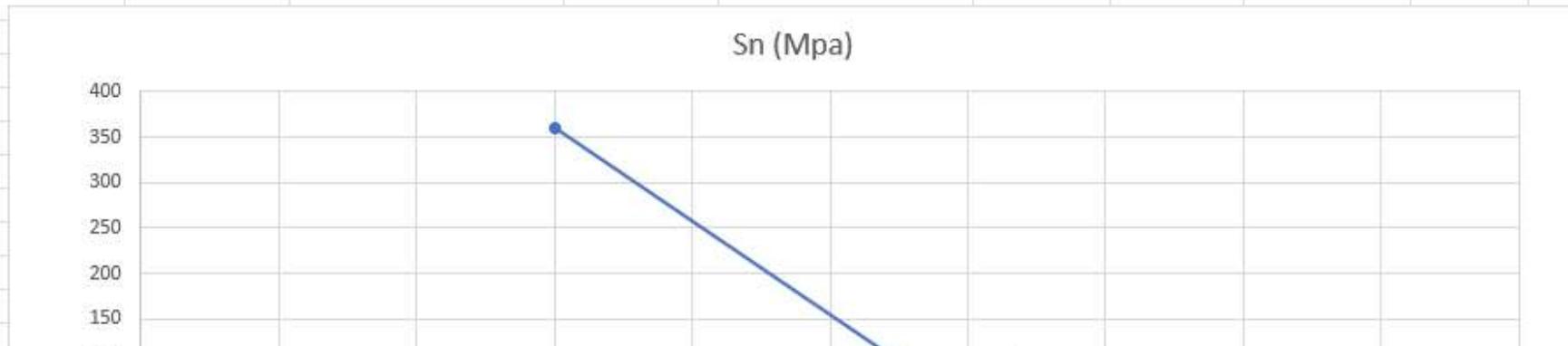
Entender enunciado

6. ECUACIÓN DE MARIN

- Si deseamos tener un factor de seguridad de 2 con respecto al límite de fatiga del material (para asegurar vida infinita) ¿Cuál será la flexión alternante máxima que podríamos aplicar a la pieza?

$$S_n = 58,37$$

| N | Sn (Mpa) | |
|---|----------|----|
| 3 | 360 | Sm |
| 6 | 50,47 | Se |
| 9 | 50,47 | Se |

$$\frac{\log(0,9 \cdot S_{ut}) - \log S_e}{6 - 3} = \frac{\log S_f(N,0) - \log S_e}{6 - n}$$


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Dr. J. L. O. y MABH

RESISTENCIA A LA FATIGA

6. ECUACIÓN DE MARIN

- Si deseamos tener un factor de seguridad de 2 con respecto al límite de fatiga del material (para asegurar vida infinita) ¿Cuál será la flexión alternante máxima que podríamos aplicar a la pieza?

$$\sigma_{\max} = \sigma_A = K_t \sigma_{\text{nom}}, \quad \sigma_{\text{nom}} = 12Ma / (D^3 - 8a^3)t$$

$$M = \frac{\sigma_{\text{nom}} (D^3 - 8a^3)t}{12a}$$

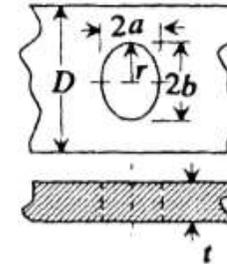
| | Snom | D | a | t |
|----------------|---------------|---|--------------|--------------|
| | 58,37 | | 30 | 7 |
| | 58.366.780,07 | | 0,03 | 0,007 |
| | Pa=N/m2 | m | m | m |
| M | | | 67,42 | Nm |
| Se | | | 50,47 | |
| CS | | | 2,00 | |
| MCS2 | | | 33,71 | |
| Sn=Se/2 | | | 29,18 | < |
| | | | | 50,47 |
| | | | | Se |

$$\sigma_n / S_n = 1 / CS$$

| N | Sn (Mpa) | |
|---|----------|----|
| 3 | 360 | Sm |
| 6 | 50,47 | Se |
| 9 | 50,47 | Se |

$$\frac{\log(0,9 \cdot S_{ut}) - \log S_e}{6-3} = \frac{\log S_f(N,0) - \log S_e}{6-n}$$


7. Single elliptical hole in finite-width plate



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. G. y M.D.R.

RESISTENCIA A LA FATIGA

BIBLIOGRAFÍA



J.E. Shigley y C. Mischke, McGraw Hill, 2002.
DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA, 6ª Ed.
ISBN: 9701036468



R. Avilés, Ed. Thomson, 2005
ANÁLISIS DE FATIGA EN MÁQUINAS
ISBN: 84-9732-344-0



A. J. Besa González et al., Prentice Hall, 2003.
COMPONENTES DE MÁQUINAS

J.L. San Román, B. Muñoz, ISVA, 2003.
DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS SOMETIDOS A FATIGA
ISBN: 84-688-3966-3



J.I. Pedrero, UNED, 2005.
TECNOLOGÍA DE MÁQUINAS (TOMO 1)
ISBN: 8436251253



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Dr. J. L. O. y MABH