

INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL

TRABAJO 2: FATIGA

En una instalación industrial se dispone de un componente estructural fabricado en acero (sección circular, diámetro 200 mm.) que responde al esquema de la Figura 1, pudiendo considerarse que está simplemente apoyado en sus extremos.

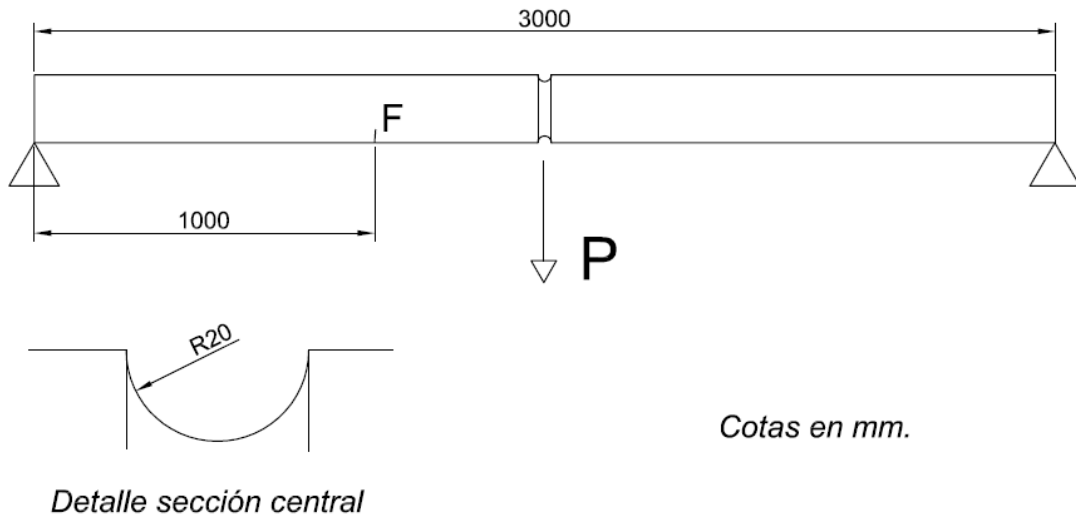


Figura 1: Esquema del componente

En el rebaje situado en la sección centro-luz actúa una carga que oscila regularmente entre 0 y 5 toneladas, completándose un ciclo de carga y descarga cada 10 minutos.

En una inspección realizada durante el periodo de parada de la producción que tiene lugar cada año, se detectó una fisura (tamaño $a = 2$ mm) en el punto F indicado en la Figura 1. La geometría de esta fisura se muestra en la Figura 2.

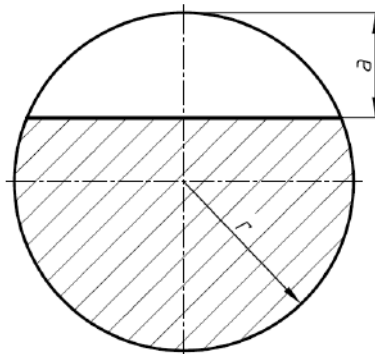


Figura 2. Geometría de la fisura encontrada

En primer lugar, y una vez más haciendo uso del procedimiento FITNET, se deberá comprobar si el eje presenta un diseño adecuado para la situación de fatiga a la que tiene que hacer frente.

En segundo lugar, y teniendo en cuenta la grieta detectada tras las inspecciones, se deberá realizar una planificación sobre qué hacer con el componente (necesidad o no de sustitución, y en tal caso cuándo), sabiendo que una rotura del mismo durante la producción provocaría pérdidas millonarias.

Datos del material:

Tensión de rotura del material: $R_m = 1100 \text{ MPa}$

Límite de fatiga: $\sigma_w = 450 \text{ MPa}$

Rugosidad superficial: $R_t = 1 \text{ }\mu\text{m}$

Tenacidad a fractura: $K_{IC} = 45 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$

Umbral de propagación: $\Delta K_{th} = 2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$

Ley de Paris: $da/dN = 1 \cdot 10^{-8} \cdot (\Delta K_i)^2$ (da/dN en m/ciclo cuando ΔK en $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)

MATERIAL DE APOYO

1. MÓDULO DE FATIGA EN EL PROCEDIMIENTO FITNET

El módulo de fatiga del procedimiento FITNET se estructura en 5 diferentes rutas o itinerarios. Las tres primeras corresponden a análisis en los que no se postula ninguna fisura inicial. En este sentido son *aproximaciones de la vida total* en fatiga del componente. Las diferencias entre estas rutas radican en los análisis tensionales que se precisan. Así para la ruta 1, la más simple, es posible efectuar los cálculos con las tensiones nominales del componente, calculadas por métodos convencionales, mientras que en el caso de las rutas 2 y 3 es preciso realizar análisis más detallados, teniendo en cuenta el efecto de las singularidades presentes en la estructura.

Las otras dos rutas, 4 y 5, son *aproximaciones centradas en la propagación* de un defecto inicial. En ambos casos, en el análisis se parte de una fisura de características conocidas. La diferencia entre la ruta 4 y la 5 es que en la primera se analizan fisuras planas mientras que la ruta 5 permite la evaluación de componentes con defectos no planos.

En el archivo que se adjunta (Módulo de Fatiga (FITNET).pdf) se recoge íntegramente el módulo de fatiga del procedimiento FITNET.

2. FACTOR DE INTENSIDAD DE TENSIONES, K_I , ΔK_I

En el Anexo A del procedimiento FITNET se puede encontrar una colección de soluciones para diversas geometrías. Para el caso de este trabajo, el Factor de Intensidad de Tensiones responde a la siguiente expresión:

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

Donde M_b es:

$$M_b = 1.04 - 3.64 \left(\frac{a}{2r} \right) + 16.86 \left(\frac{a}{2r} \right)^2 - 32.59 \left(\frac{a}{2r} \right)^3 + 28.41 \left(\frac{a}{2r} \right)^4$$

a y r están definidos en la Figura 2. En cuanto a las tensiones, han de tomarse las existentes en la zona de la grieta obtenidas mediante un cálculo convencional de resistencia de materiales.

3. NOTCH CONCENTRATION FACTOR, K_t

El análisis según la ruta 1 requiere del cálculo del factor de concentración de tensiones, K_t , debido a la presencia de una singularidad en la estructura. Para la geometría del componente, este factor puede ser calculado mediante la aplicación que se encuentra en el siguiente enlace: <http://www.fatiguecalculator.com/finders/findkt.htm>

PISTAS Y CONSEJOS PARA EMPEZAR

Utilizar la Ruta 1 para la validación del diseño del componente (1^{er} apartado) y la Ruta 4, aproximación de Paris, para el análisis de la propagación de la fisura (2^o apartado), teniendo en cuenta que el componente no presenta soldaduras.

En la Ruta 1, siempre que así se requiera, se tendrá que escoger la opción *bending* (flexión), que es la que corresponde al estado del componente.

En la Ruta 1, habrá que tener en cuenta que la formulación ha sido desarrollada para tensión media igual a cero (el procedimiento incluye al final de dicha ruta una corrección para situaciones donde no sea así). En esos casos ($\sigma_m=0$), la máxima tensión de tracción coincide con la amplitud de tensiones en la zona de signo positivo, no obstante, para un caso general, los símbolos " $\sigma_{a/N}$ ", " $\sigma_{a/0}$ ", " σ_a " y " σ_e " deben interpretarse como amplitudes de tensiones y no como valores concretos de la tensión.

En el segundo apartado, emplear el criterio $K_I > K_{IC}$ de la Mecánica de la Fractura Elástica-Lineal para determinar el tamaño de fisura crítico, a_f .

Los casos prácticos de la sección de ejemplos de fatiga, pueden ser de ayuda para la resolución del segundo apartado.