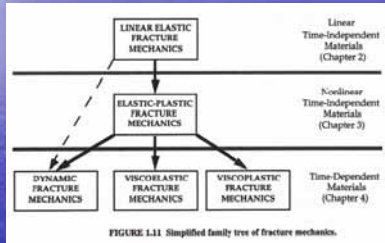


Clasificación



Tenacidad vs. mecanismo de falla

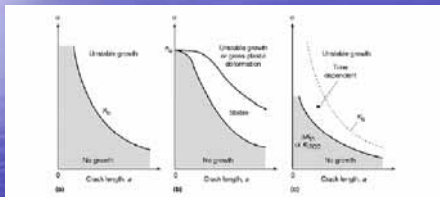
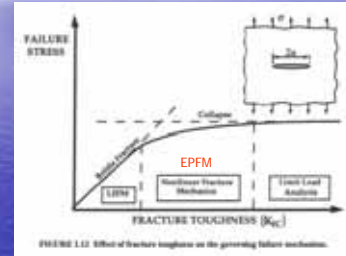
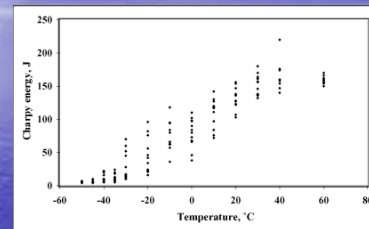


Fig. 2 Relationships between stress and crack length, showing regions and types of crack growth. (a) Linear-elastic, (b) Elastic-plastic, (c) Subcritical

CVN acero naval grado A



Validation of idealised Charpy impact energy transition curve shape
H. G. Psaraki, B. Hayes, J. Gilbricht, P. Lehtinen and C. S. Wiesner
Charpy Centenary Conference (CCC 2001), Poitiers, France, 2-5 Oct. 2001.

Imperfecciones en juntas soldadas: evaluación crítica de ingeniería

Rodolfo Mussini (*) ; Ignacio Iturrioz (†)

*) Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU)
†) Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Introducción

fig. 1 La mecánica de la fractura provee una relación matemática entre combinaciones críticas de tensión, tamaño de la imperfección y tenacidad a la fractura.



2

Aplicaciones de procedimientos de evaluación crítica de ingeniería (= adecuación al uso) en estructuras soldadas

- Justificar el uso de componentes o estructuras que están fuera del código de diseño y construcción en algún sentido (por ej. en lo referente a tamaño crítico de imperfecciones, materiales, etc.)
- Justificar la extensión de vida de componentes o estructuras.
- Mostrar la seguridad de nuevos diseños no contemplados en los códigos de diseño y construcción.

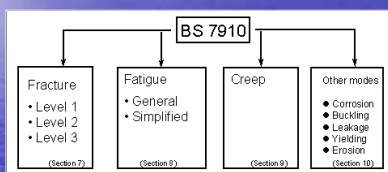
3

Norma BS 7910:1999

- Filosofía: evaluación crítica de ingeniería (engineering critical assessment, ECA) = adecuación al uso (fitness for service, FFS).
- Campos de aplicación: diseño (imperfecciones postuladas), fabricación (imperfecciones existentes) y servicio (imperfecciones existentes).
- OBS: en el presente trabajo imperfección \neq defecto; imperfección de tamaño crítico = defecto.

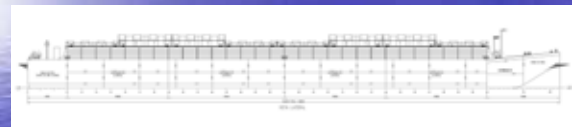
4

Norma BS 7910:1999



5

Barcaza para transporte de celulosa en el Río Uruguay fabricada por TSAKOS



6

Barcaza para transporte de celulosa en el Río Uruguay
fabricada por TSAKOS



7

Barcaza para transporte de celulosa en el Río Uruguay
fabricada por TSAKOS



8

Materiales: Tabla 1 Características nominales de los materiales utilizados en la construcción de la cubierta exterior del casco de la barcaza.

MATERIAL	CLASE	σ_f , mín. MPa	σ_u , mín. MPa	σ_u , máx. MPa	E, mín. %	K _{IC} N/mm ^{3/2}
BASE	ASTM A 131 Grado A	235	400	520	22	2723
APORTE	AWS E 7018	399	482	---	22	3077

σ_f - tensión de fluencia
 σ_u - resistencia a la tracción
 E - alargamiento a la rotura (ductilidad) en 50 mm
 K_{IC} - tenacidad a la fractura a 0 °C

9

Determinación de la tenacidad a la fractura según la aproximación de la curva master (BS 7910:1999, J.3)

$$K_{mat} = K_{IC} = 630 + \{ 350 + 2435 \exp [0,019 (T - T_{27J} - 3)] \} \\ * (25/B)^{1/4} * \{ \ln [1 / (1 - Pf)] \}^{1/4}$$

K_{mat} - tenacidad a la fractura, N/mm^{3/2}.
 T - temperatura a la cual K_{mat} es determinada, °C.
 T_{27J} - temperatura de transición para una energía de 27 J, °C.
 B - espesor del material para el cual se requiere estimar K_{mat}, mm.
 Pf - probabilidad de falla, recomendada en 0,05.

10

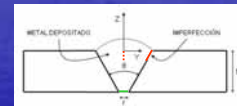
Nivel de evaluación utilizado

- Norma BS 7910, nivel 2A (evaluación normal).
- Contempla: falla por fractura y por colapso plástico (sobrecarga).
- No contempla: falla por fatiga.

11

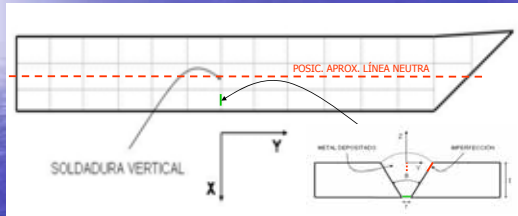
Geometría de la junta y tipo de imperfección postulada

Fig. 2 Detalle de la geometría de la junta soldada: $\theta = 60^\circ$, $r = 3\text{mm}$ y $t = 12,7\text{mm}$ (el respaldo cerámico no está representado en esta figura).



12

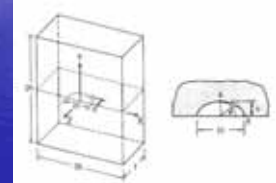
Barcaza para transporte de celulosa en el Río Uruguay



13

Modelo de cálculo

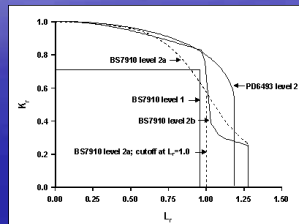
Fig. 3. Fisura superficial en placas planas soldadas a tope; X - orientación de la junta soldada (el detalle de la geometría de la junta está indicado en esta Fig. 2); Y - orientación de la tensión membranar, P_m ; $2c$ - largo de la imperfección; a - profundidad de la imperfección proyectada en la dirección perpendicular a la tensión membranar, P_m ; $t = 12,7$ mm, $2b = 2000$ mm, $2h = 12000$ mm.



14

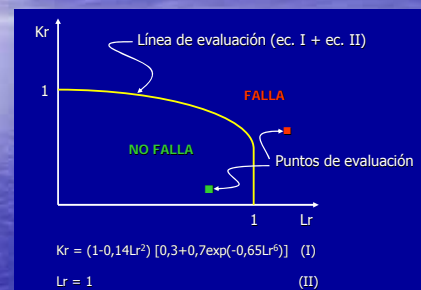
Metodología: Diagramas FAD

- PD6493: documento discontinuado en 1991.
- Nivel 1: más conservador que nivel 2A.
- Nivel 2A: más conservador que nivel 2B.



15

Metodología: Diagrama FAD-NIVEL 2A



16

Metodología

ESTUDIOS:

- Se asume constante la geometría de la imperfección (largo, $2c = 2$ mm y profundidad, $a = 0,635$ mm). Se estudia el efecto de la tensión membranar, P_m aplicada.
- Se fija el valor de la tensión membranar, P_m en diferentes niveles y para cada uno de estos niveles se hallan combinaciones críticas $2c \cdot a/t$ para las que tiene lugar la falla.

17

Guía ABS: Guide for nondestructive inspection of hull welds; largo asumido $2c$ para el ESTUDIO 1

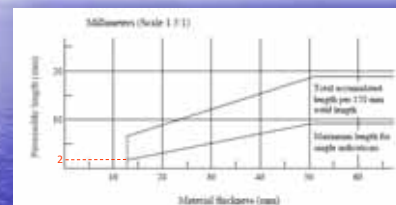
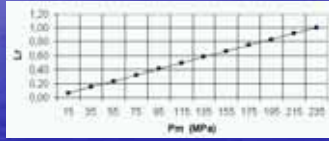


Fig. 5 Largo máximo permitido en análisis radiográfico para indicación simple y acumulada en 150 mm de fusión incompleta según la Guía ABS.

18

Resultados: ESTUDIO 1)

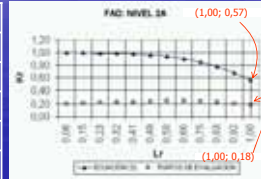
Efecto de P_m , en la relación de colapso plástico, L_r ($L_r = \sigma_{ref}/\sigma$).



19

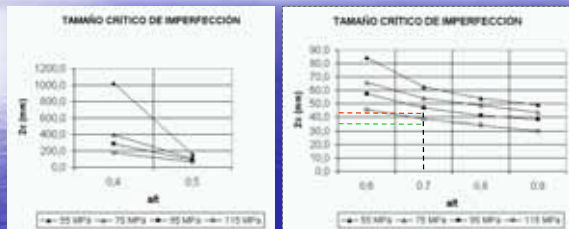
Resultados: ESTUDIO 1)

P_m (MPa)	L_r	K_r
15	0,06	0,20
35	0,15	0,21
⋮	⋮	⋮
215	0,92	0,20
235	1,00	0,18



20

Resultados: ESTUDIO 2)



21

Conclusiones:

- Estudio 1:
 - Para una condición de geometría de imperfección constante, caracterizada por un largo, $2c = 2$ mm y una profundidad, $a = 0,635$ mm (0,005t), el punto de evaluación de coordenadas $L_r = 1,00$ y $K_r = 0,18$, predice la ocurrencia de la falla por colapso plástico cuando $P_m = 235$ MPa, ver transparencia 20.
 - Cuando se evalúan imperfecciones de fusión incompleta, entre las que se encuentra la falta de fusión lateral, siguiendo la metodología indicada en la Guía ABS, las variables tensión aplicada y profundidad de la imperfección no son tenidas en cuenta. El máximo largo permitido de la imperfección, según la Guía ABS, es únicamente función del espesor del material de la junta. Para el caso del presente trabajo, el cual considera una imperfección postulada que daría origen a una indicación simple en el análisis radiográfico y donde el espesor del material, t es de 12,7 mm, el máximo largo permitido es de 2 mm, ver transparencia 18.

22

Conclusiones:

Adoptando este mismo largo como $2c$ al evaluar la criticidad de la imperfección utilizando la metodología de la norma BS7910, en lugar de la Guía ABS y asumiendo una profundidad de la imperfección a , igual 0,635 mm (0,005t), puede verse que con el incremento de la magnitud de la tensión membranar, P_m la falla sólo podría tener lugar en régimen de colapso plástico cuando $P_m = 235$ MPa, es decir cuando $P_m = \sigma$ (material base), ver transparencia 20.

- Estudio 2:

Al realizar la evaluación de la imperfección estudiada con valores de tensión membranar, P_m comprendidos en el rango de 55 a 115 MPa, utilizando la metodología de norma BS7910, puede observarse que para cualquier relación profundidad de la imperfección/espesor, a/t , las longitudes críticas, $2c$, resultan ser extremadamente mayores al máximo largo permitido por la Guía ABS. Aún para el caso de una elevada profundidad de la imperfección, donde $a/t = 0,9$, los valores de longitud crítica, $2c$ oscilan entre 30,1 y 49,1mm, para 115 y 55 MPa respectivamente. Esto implica que la Guía ABS resulta ser extremadamente conservadora en comparación con a la norma BS7910 cuando se considera la falla por colapso plástico o la falla por fractura, ver transparencia 21.

23

Agradecimientos:

- Ing. Nav. Pablo Etcheverría e Ing. Nav. Germán Aguirrezabala de la empresa Tsakos-Industrias Navales S.A, Montevideo, Uruguay.
- Proyecto Guarita, FINEP.
- Grupo de Mecánica Aplicada (GMAP), UFRGS.