

Drilling-with-Casing (DWC) – Nuevos Requerimientos para Conexiones OCTG



G. Mazzaferro

Desarrollo de Producto - IPRO-PC

Objetivo



Describir el desarrollo y evaluación de conexiones roscadas, bajo los requerimientos específicos introducidos por la nueva técnica de perforación Drilling-with-Casing (DwC).



Agenda

- Introducción
- Requerimientos Especiales para Conexiones
- Validación del Diseño
 - Resistencia a la Fatiga
 - Integridad Estructural Post Rotación
- Diseños Propuestos
- Conclusiones

Introducción



- Las mejoras y cambios introducidos en las técnicas de Perforación y Terminación de pozos han generado requerimientos especiales en la performance de los materiales y elementos empleados...

Comienzos



90's

| | | |
|--|--|---|
| Pozos verticales | Cargas de Tracción – Baja Compresión | Conexiones API |
| Pozos verticales desviados | Cargas de Compresión Media/Altas | API o Premium |
| Pozos de petróleo y gas de alta presión | Sellabilidad a Alta Presión | Conexiones Premium |
| Pozos direccionales y horizontales | Alto Torque & Compresión (Igual al cuerpo del tubo) | eXtra Torque / eXtra Compresión Conexiones Premium |

Requerimientos Especiales para Conexiones



- Desde mediados de los 90 y hasta la actualidad, la industria de P&G a incursionado o mejorado nuevas técnicas de producción para optimizar la extracción de petróleo/gas o explotar áreas complejas.
- La nuevas técnicas de producción requieren conexiones con características particulares. La técnica **Drilling-with-Casing** requiere de las siguientes aptitudes de la conexión a ser evaluadas:
 - ✓ Alto Torque
 - ✓ Alta Compresión
 - ✓ Alta Resistencia a la Fatiga
 - ✓ Excelente Sellabilidad luego de Solicitación a Fatiga

Requerimientos Especiales para Conexiones



Drilling with Casing (DwC)

Ensayos Específicos

- ✓ Evaluación de Torque
 - Ensayos de Make-up & Break-out.
 - Ensayos de Sobretorque.

- ✓ Compresión
 - Evaluación por Métodos Numéricos
 - Verificación con Ensayo a Plena Escala (ISO 13679)

- ✓ Fatiga
 - Evaluación por Métodos Numéricos del Factor de Concentración de Tensiones (SCF/SAF)
 - Ensayo a Plena Escala (resonante, flexión en 4 puntos)

- ✓ Sellabilidad Posterior a Fatiga (conexiones MTC)
 - Ensayo a Plena Escala (ISO 13679)



Evaluación de Resistencia a la Fatiga

• Criterios de Aceptación?

- No hay Normas que regulen la evaluación de conexiones roscadas solicitadas a Fatiga; por lo tanto no hay criterios para determinar la aptitud de las mismas.
- Basado en la experiencia de las compañías de servicio se estima el factor de concentración de tensiones (SCF) de conexiones roscadas standard en **5**.
- Para el diseño de Risers, la industria adoptó la Norma BS 7608 que fue desarrollada para uniones soldadas y cuyas curvas fueron obtenidas estadísticamente basadas en ensayos de falla por Fatiga. La curva Clase B de la BS 7608 (aplicable a materiales "plain end", sin soldadura, "as rolled", mecanizado suave) se adoptó para la evaluación de conexiones.
- En nuestro programa de desarrollo de conexiones se adoptó como valor objetivo:

Rosca & Cupla: SCF < 3 ; Integral: SCF < 2

Validación del Diseño



Evaluación de Resistencia a la Fatiga

- Evaluación Numérica de SCF/SAF
 - Evaluación de más variables geométricas
 - Diferentes Rangos de Tensión
 - Diferentes Tensiones Principales, etc.

**Los resultados son diferentes SCF/SAF,
Valores de referencia entre conexiones**

- Ensayo de Fatiga a Plena Escala (resonante, flexión en 4 puntos)
 - Diferentes Rangos de Tensión
 - Diferentes Tensiones Principales

**Los resultados son contrastados con la Norma BS 7608
Se determinan estadísticamente los SCF**

Desventaja: Tiempo & Costo



Evaluación Numérica de Resistencia a la Fatiga SCF/SAF

- SCF (Factor de Concentración de Tensiones)

$$SCF = \mathbf{s1/sm}$$

s1: Tensión Principal en la Conexión

sm: Tensión Principal en el Tubo

- SAF (Factor de Amplificación de Tensiones)

$$SAF = \mathbf{Ds1/Dsm}$$

Ds1: Cambio en la Tensión Principal en la Conexión

Dsm: Cambio en la Tensión Principal en el Tubo

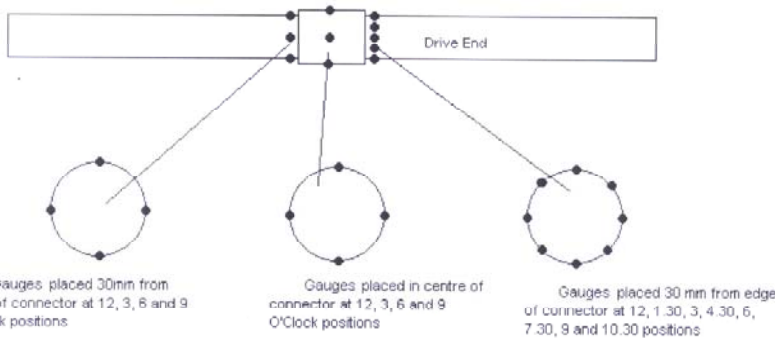
- Análisis Elasto-Plástico
- Dos configuraciones extremas de interferencia:
 - . Max Sello – Min Rosca
 - . Min Sello – Max Rosca

Validación del Diseño

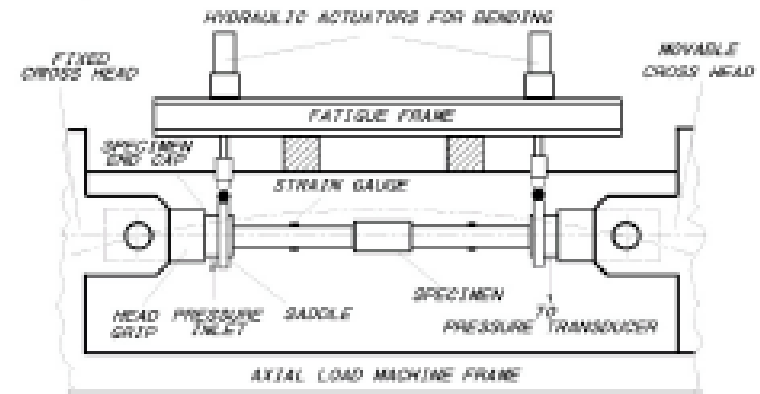


Ensayo de Fatiga a Plena Escala SCF

TWI/SES – Fatiga Resonante



CSM – Fatiga Flexión 4 pts.



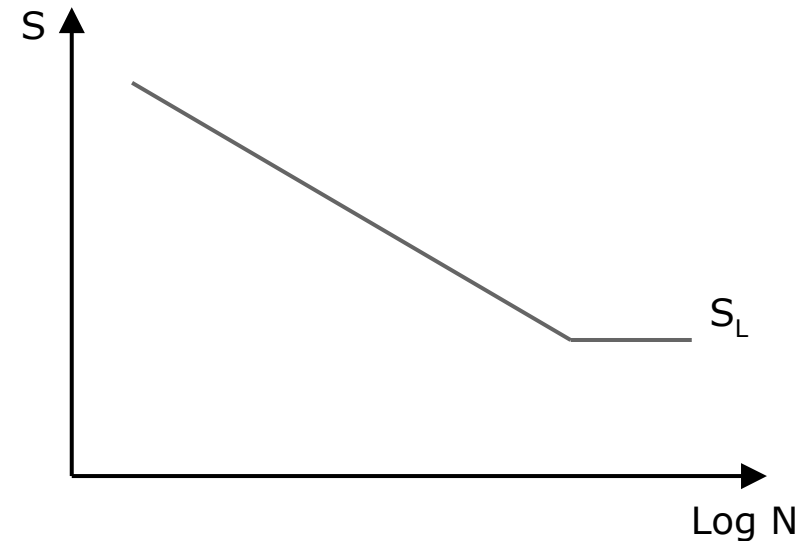
Validación del Diseño



Evaluación Estadística de los Datos de Ensayo

$$S^m N = C$$

$$\text{Log } C = \text{Log } N + m \text{ Log } S$$



Donde:

C: Constante de una curva dada (Clase B: 2.34×10^{15})

N: Numero de ciclos a la falla

S: Rango de Tensiones

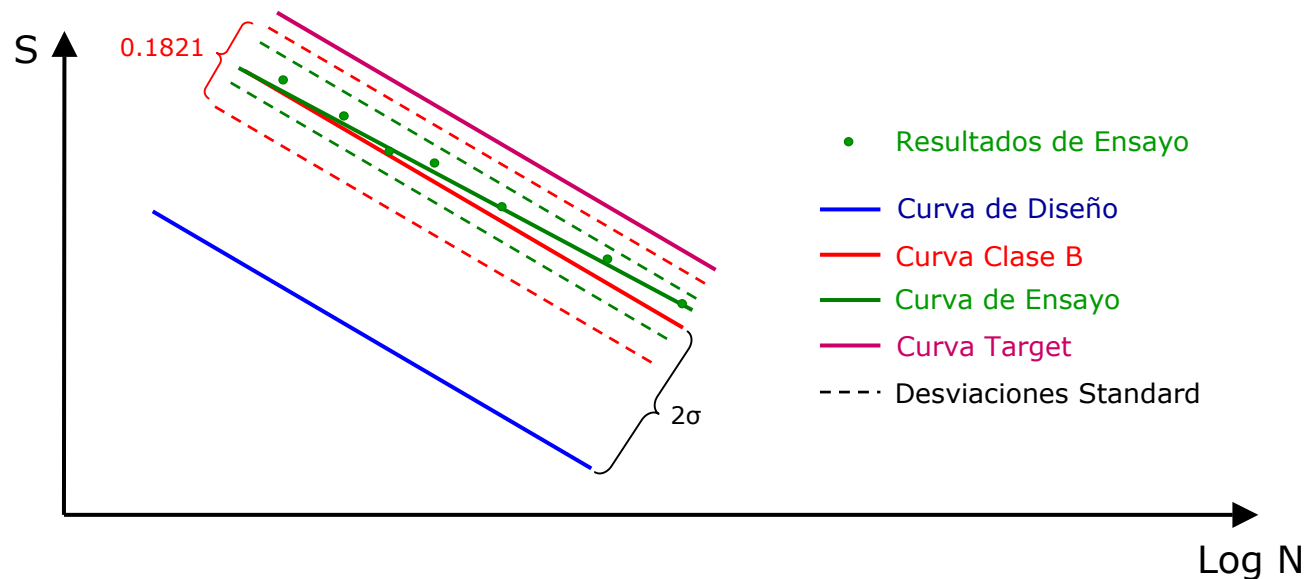
m: Pendiente de la curva (Clase B: 4)

Validación del Diseño



Evaluación Estadística de los Datos de Ensayo - Hipótesis

- Asumiendo igual pendiente m , la curva obtenida requiere Nivel de Confianza 5% para ser válida
- La curva principal obtenida debe tener una Desviación Standard menor a la de la Curva Clase B (0.1821) para ser válida



Validación del Diseño



Evaluación Estadística de los Datos de Ensayo SCF

- ❑ SCF es estimado comparando los resultados del Ensayo con la Curva Target, la cual considera el n° de probetas, la Desviación Standard y la probabilidad asumida de no falla.
- ❑ Curva Target:

$$N_{target} = C * S^{-4} * 10^{\frac{x*sd}{\sqrt{n}}}$$

- S: Rango de Tensiones
- C: 2.43×10^{15}
- x Coeficiente para 97.5% probabilidad de no falla (1.96)
- Sd: Desviación Standard Curva Clase B (0.1821)
- n: Número de probetas (4)

Validación del Diseño



Evaluación Estadística de los Datos de Ensayo SCF

- N_{target} se toma el número de ciclos obtenidos del ensayo, y se obtiene el Rango de Tensiones target (S_{target})

- Se estima el Factor de Concentración de Tensiones SCF

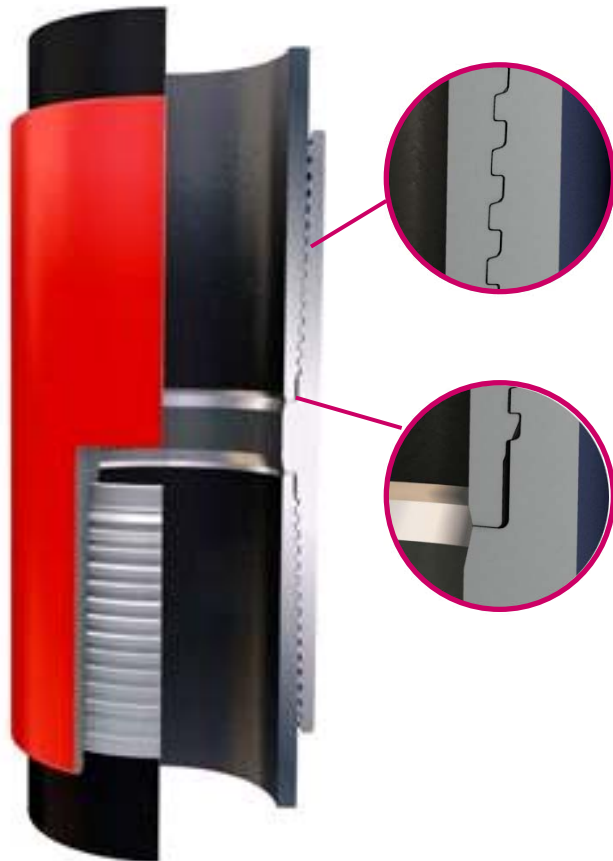
$$\text{SCF} = S_{\text{target}}/S_{\text{ensayo}}$$

- Se toma el mayor valor como SCF de la conexión.

Diseños Propuestos



Drilling with Casing (DwC) – Semi-premium

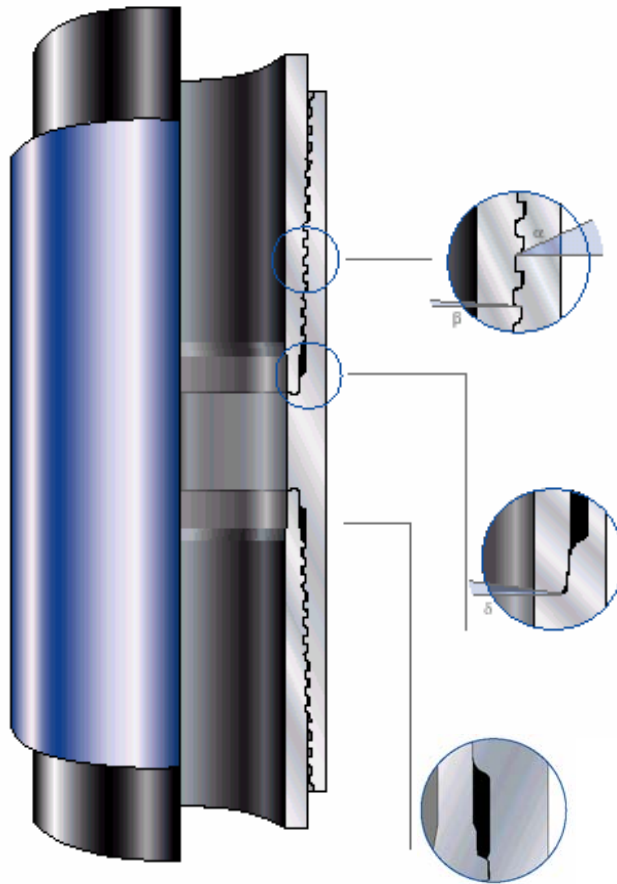


- ✓ *Sin Sello Metal-Metal: Requerimientos de baja sellabilidad*
- ✓ *Hombro de Torque Robusto: Alta compresión y alta capacidad de sobretorque*
- ✓ *Sin Swaging: Fácil de reparar cerca del pozo*
- ✓ *Gap Reducido entre Flancos Enfrentados: Alta resistencia a la compresión*
- ✓ *Diseño de Hombro Modificado: Alta resistencia a la compresión*
- ✓ *Tolerancias de Fabricación Ajustada/API: Control de tensiones*

Diseños Propuestos



Drilling with Casing (DwC) – Premium



✓ *Sello Metal-Metal: Requerimientos de alta sellabilidad bajo solicitaciones combinadas*

✓ *Hombro de Torque Robusto: Alta compresión y alta capacidad de sobretorque*

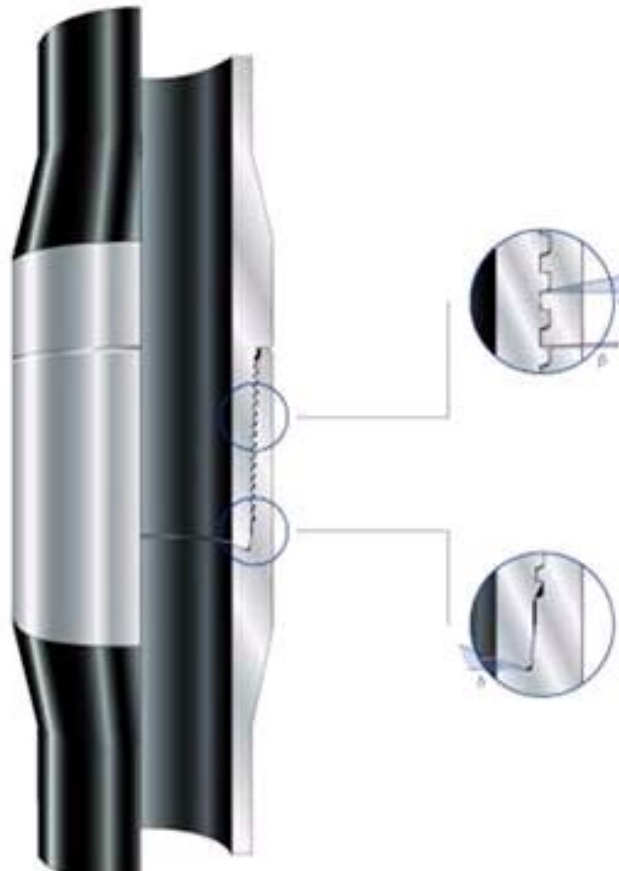
✓ *Gap Reducido entre Flancos Enfrentados: Alta resistencia a la compresión*

✓ *Tolerancias de Fabricación Ajustada: Control de tensiones*

Diseños Propuestos



Drilling with Casing (DwC) – Premium Integral

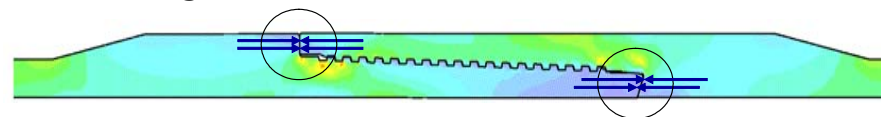


✓ *Sello Metal-Metal: Requerimientos de alta sellabilidad bajo solicitaciones combinadas*

✓ *Doble Hombro de Torque: Alta compresión y alta capacidad de sobretorque.*

✓ *Hombros Externo e Interno Fabricados con Tolerancias Ajustadas: Control de tensiones*

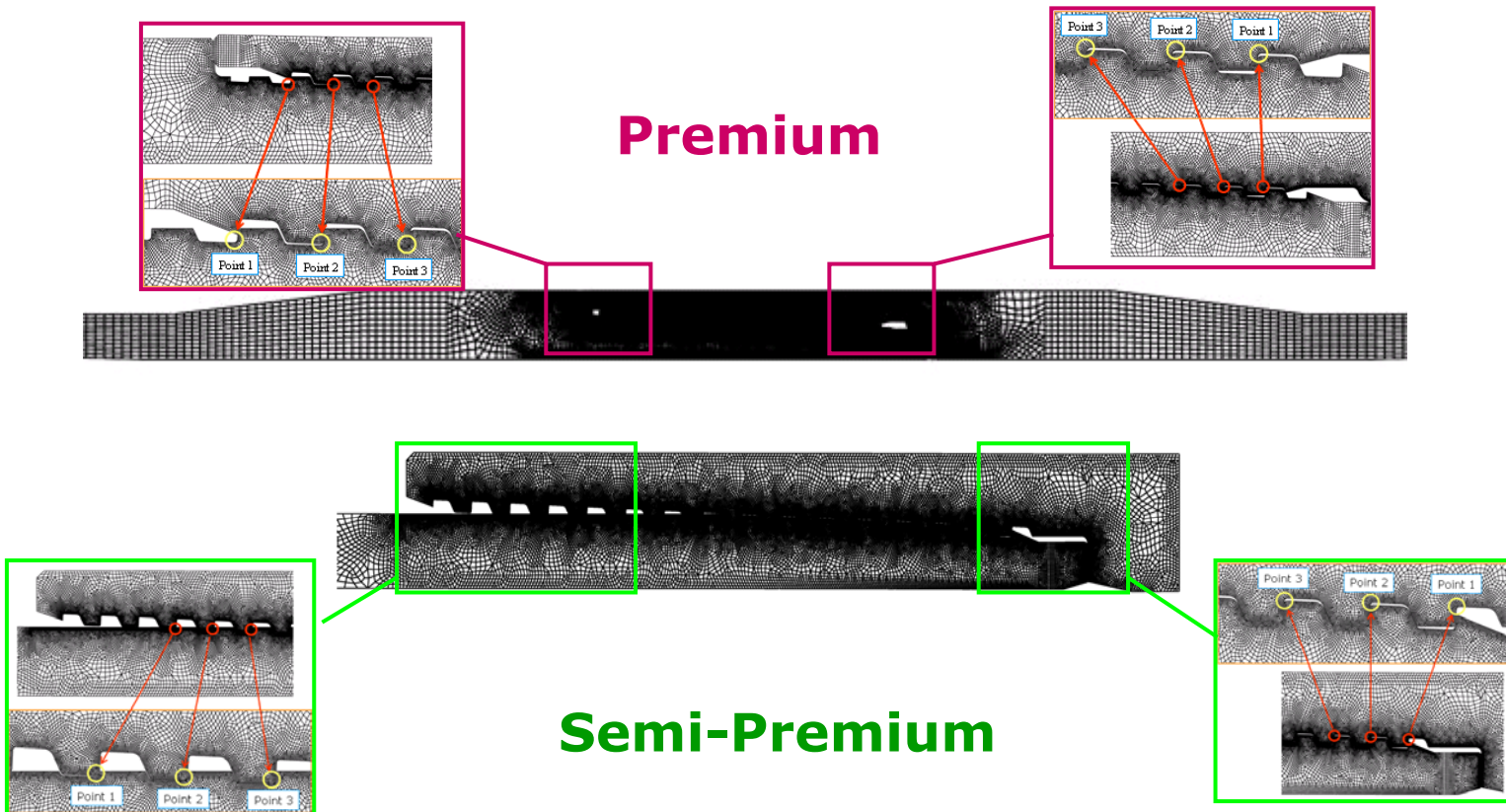
Precarga de Hombros Interno-Externo



Diseños Propuestos



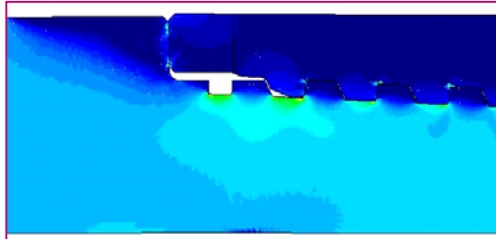
Evaluación Numérica de Resistencia a la Fatiga SAF



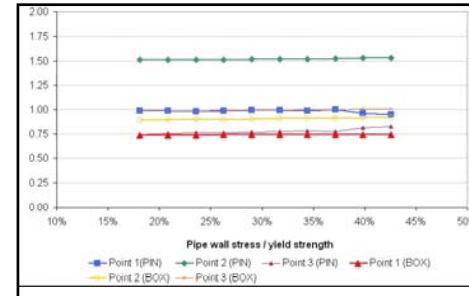
Diseños Propuestos



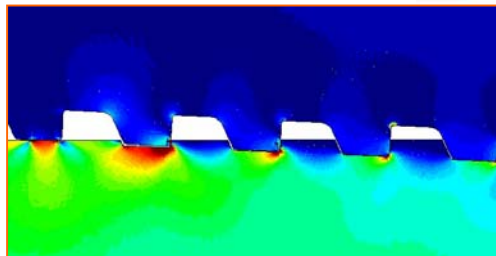
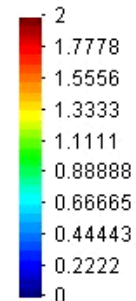
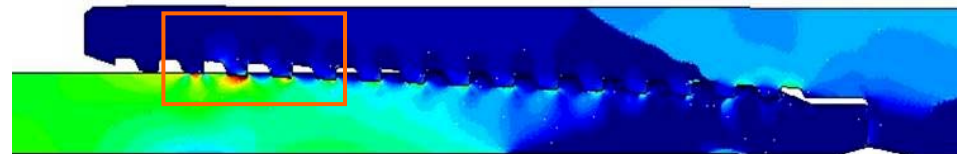
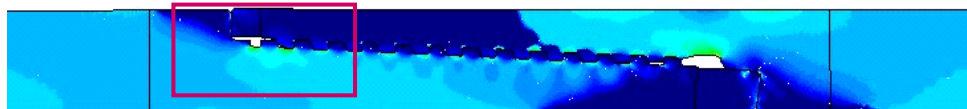
Evaluación Numérica de Resistencia a la Fatiga SAF



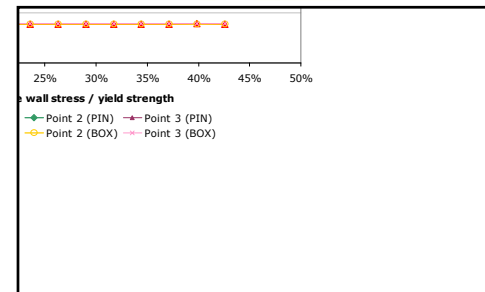
Premium



SAF < 2



Semi-Premium



SAF < 6

Diseños Propuestos



Ensayo de Fatiga a Plena Escala SCF



| Integral Upset (Tenaris PJD) | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Sample Number | Pipe Stress Range Psi | Pipe Stress Range MPa | Mean tensile axial load (lbs) | Mean tensile axial load (N) | Test Duration Cycles | Life in days at 100 rpm |
| 7I-2 ¹ | 29255 | 201.7 | 236500 | 1052004 | 868538 | 6 |
| 7I-5 | 29318 | 202.1 | | | 3204655 | 22 |
| 7I-3 (Combined low) ² | 14923 | 102.9 | | | 50755941 | 352 |
| 7I-3 (Combined high) ² | 39397 | 271.6 | | | 1044000 | 7 |
| 7I-1 | 22292 | 153.7 | | | 12105499 | 84 |

¹ Failure on tong marks

² Extrapolation



| Semi-premium T&C | | | | | | |
|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Sample Number | Pipe Stress Range Psi | Pipe Stress Range MPa | Mean tensile axial load (lbs) | Mean tensile axial load (N) | Test Duration Cycles | Life in days at 100 rpm |
| 7-1 | 28527 | 196.7 | 220000 | 978608 | 825882 | 6 |
| 7-2 | 14780 | 101.9 | | | 12063914 | 84 |
| 7-4 | 21641 | 149.2 | | | 5228010 | 36 |

Run out

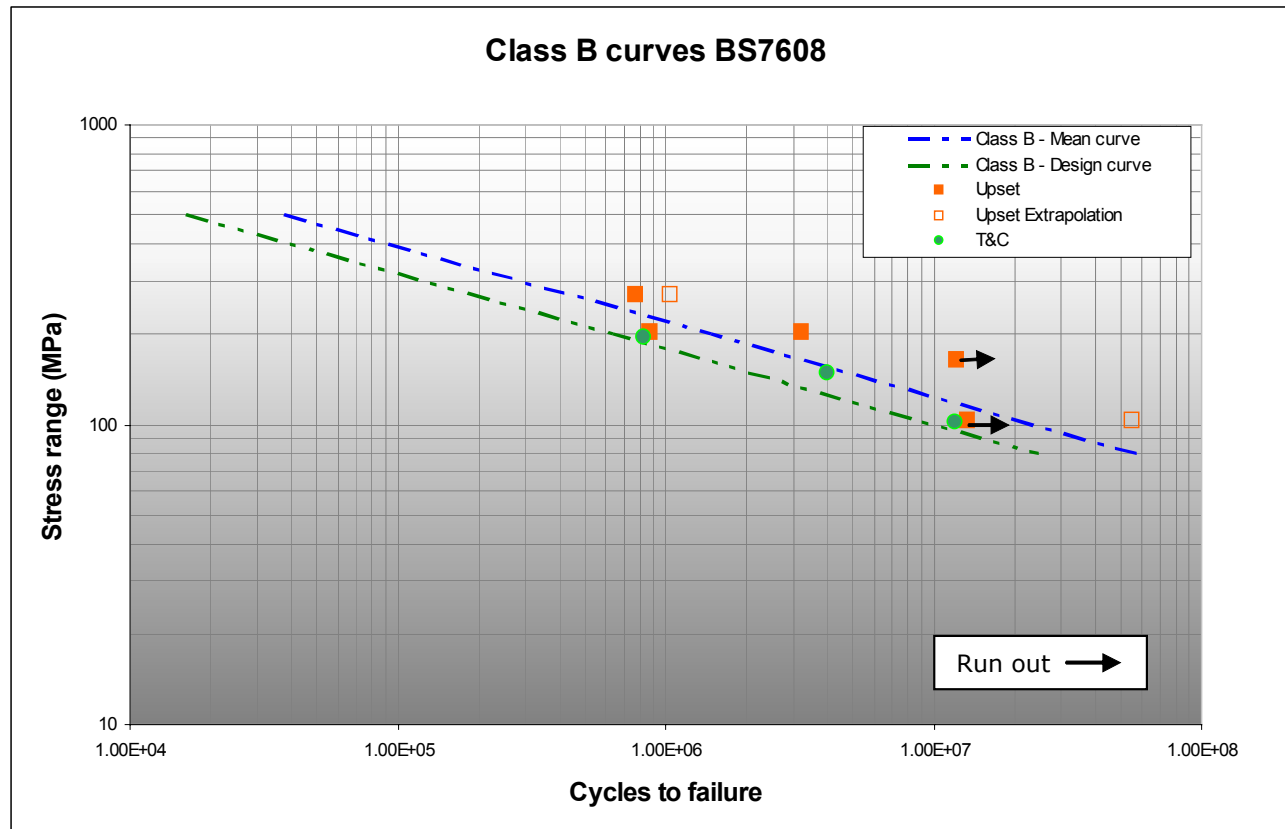
Fotos cortesía de Stress Engineering Services Inc.

7I-3 Ensayada a dos niveles de tensión

Diseños Propuestos



Ensayo de Fatiga a Plena Escala SCF (Resultados) – Curva SN



Diseños Propuestos



Ensayo de Fatiga a Plena Escala SCF (Resultados) – Curva SN

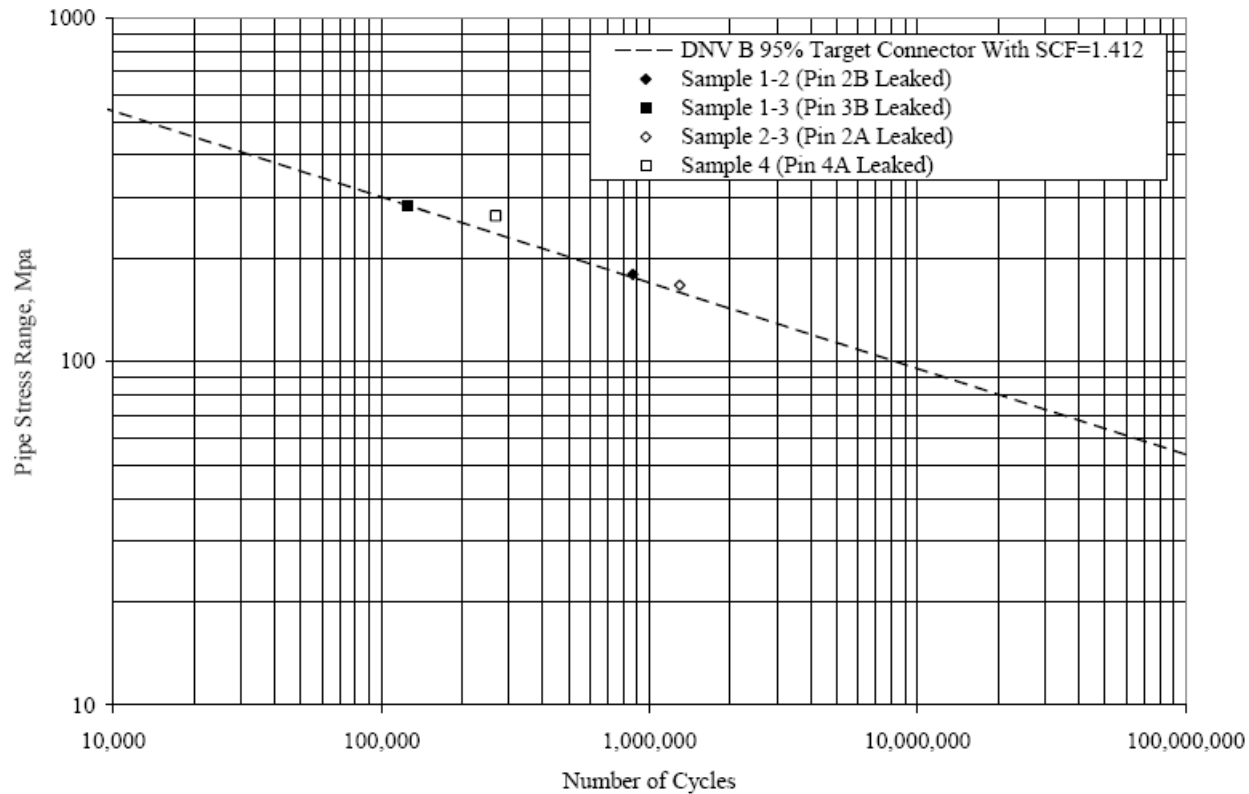


FIGURE 2
TENARISBLUE 10 3/4" 55.5 lb/ft CONNECTION FAILURE FATIGUE TEST RESULTS

Diseños Propuestos



Evaluación Estadística de los Datos de Ensayo SCF

Objetivo de Diseño para SCFs

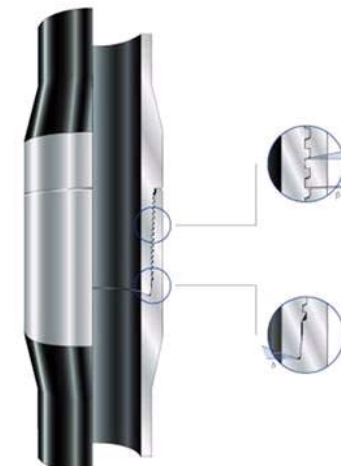
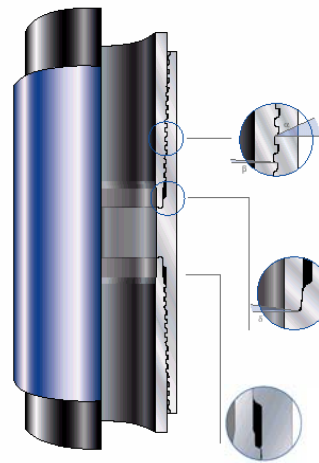
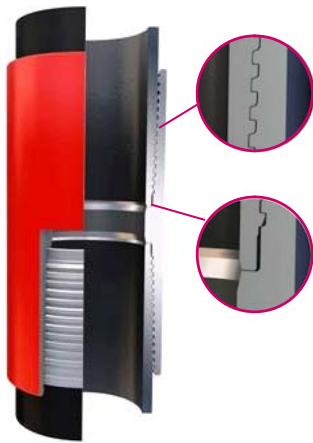
T&C SCF <3

Integral Upset <2

T&C Semi-premium: **1.32** *

T&C Premium: **1.41** *

Tenaris PJD 7" 32#: **0.90** *



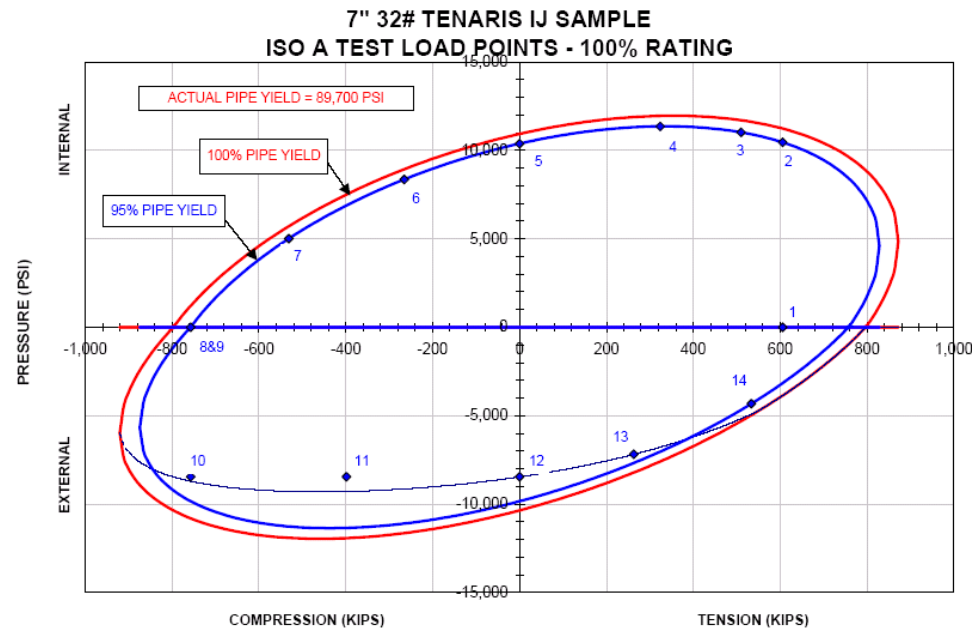
*** * * Estimado Estadísticamente contra BS 7608 Curva Clase B**

Diseños Propuestos



Integridad estructural post rotación

Ensayo a Plena Escala (ISO 13679):



Sin perdidas luego de 12 millones de ciclos a $\sim 15^\circ/100\text{ft}$!!! – Feb 2005

Diseños Propuestos



Ejemplos de Aplicación en Campo DwC

- Tenaris PJD 3 1/2" 9.3ppf N80 - Drilling (Mexico)
 - 140rpm
 - Duración: 39 hrs
 - Profundidad: 1536 - 2570mts
- Tenaris PJD 3 1/2" 9.3ppf - Reparaciones (Mexico)
 - 90-120rpm
 - Duración: + 10 días
 - profundidad: 3100 - 5500mts
- TenarisBlue 4 1/2" 15.2ppf Q125HC - Drilling (USA)
 - 78-104rpm
 - Duración: 48 hrs
 - profundidad: ~ 2240 - 2549 mts
- TenarisBlue 10 3/4" 55.5ppf TN110SS - Drilling Offshore (Norway)
 - 20-30rpm
 - Duración: ~ 10 días
 - profundidad: ~ 350 - 1490 mts

Conclusiones



Resumen

- La técnica Drilling-with-Casing (DwC) introdujo nuevos requerimientos en las conexiones roscadas, los cuales deben ser evaluados.
- Tres conexiones fueron diseñadas y evaluadas a fin de validar su aptitud para la aplicación DwC.
 - ✓ Conexión Integral upset (Tenaris PJD)
 - ✓ Conexión Premium T&C (TenarisBlue)
 - ✓ Conexión Semi-premium (Tenaris ERT/Blue SAGD)
- La Evaluación Numérica mostró menores SCF/SAF (mejor performance a fatiga) para las conexiones Integral upset frente a las T&C. Estos resultados fueron luego corroborados por los Ensayos a Plena Escala. A pesar de que los valores de SCF obtenidos por ambos métodos no coinciden, existe una correlación entre ellos.



Gracias por su atención

Preguntas?