

Integridad Mecánica

Instalaciones No Convencionales

Juan Pedro Rossi – Ariel Novelli:

SINTEC S.A.

 SINTEC

1

Introducción

Evaluación y aseguramiento de EBP en productores NOC durante fractura y producción temprana (condicionantes de vida útil) → Casos clave.

Sustento en marco normativo + abordaje con técnicas especializadas y particulares para cada caso.

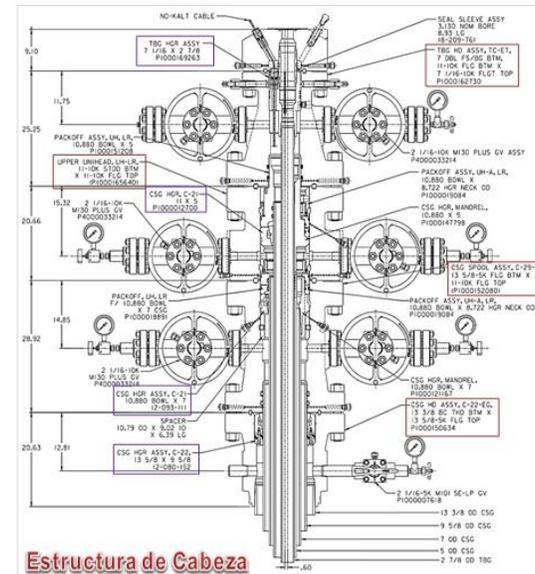
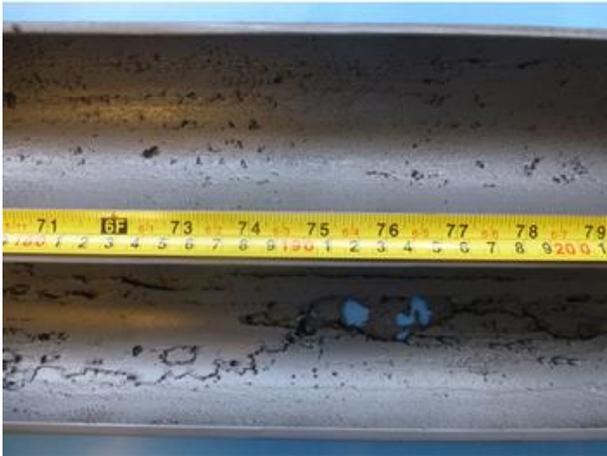
El proceso de evaluación de EBP incluye:

- Seccionamiento del pozo.
- Simulación (operación-proceso-mecánica).
- Evaluación MDD (tendencia-propagación).
- Evaluación FFS-VR.
- Formulación y control de planes de aseguramiento.

Alcance

Integridad EBP en operación temprana y fractura:

- Sub-Superficie: Erosión-Corrosión en Tubulares de Producción de Shale Gas (condiciones medias-extremas en yacimiento con elevado potencial erosivo y corrosivo) → Pozos con daño severo interno (abajo izquierda).
- Superficie: Compromiso en Cabezal por Evento de Ignición en Superficie → Sobrecalentamiento de componentes de cabezal durante la fase de ensayo de pozo, conducente a intervención de emergencia (abajo derecha).

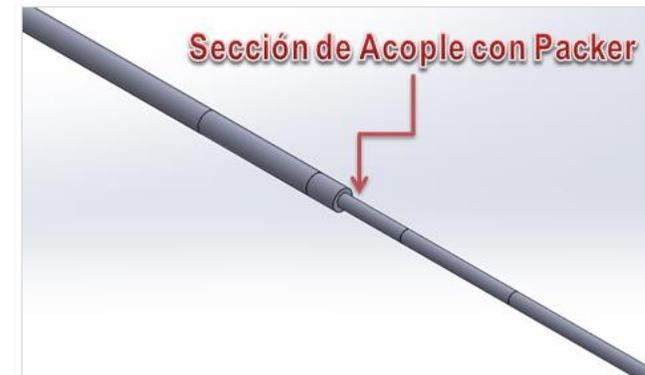
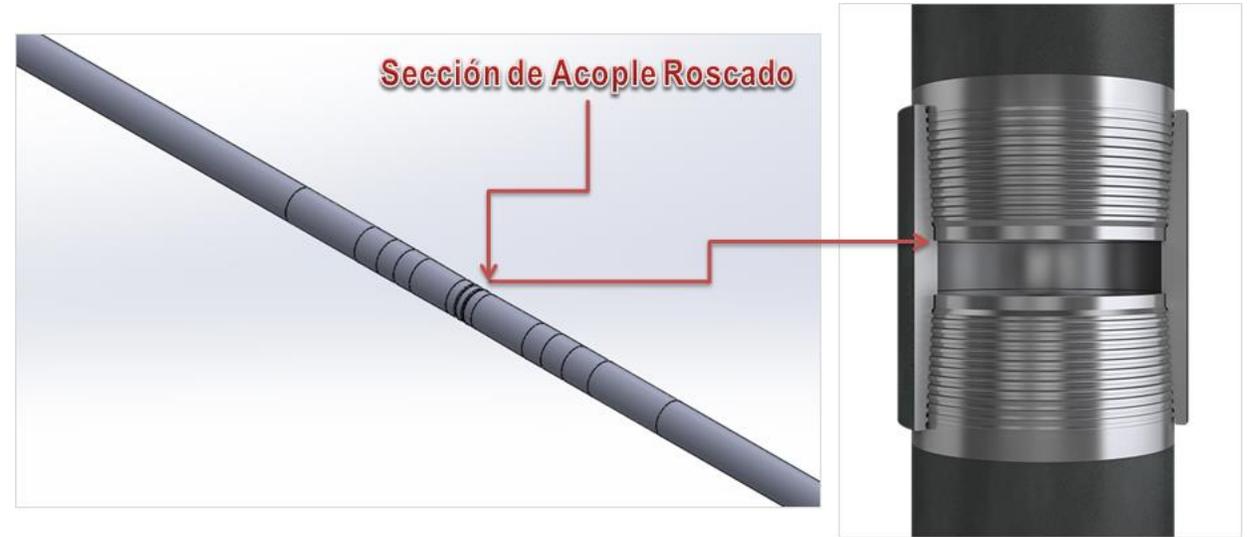


Estructura de Cabeza



Sub-superficie: Simulación Operativa (termodinámica-flujo)

- Objetivo: cuantificar los parámetros clave de proceso que gobiernan MDD.
- Alcance: comportamiento desde reservorio hasta superficie (condiciones para evaluar cabezales y elementos de cañería en superficie).
- Modelo: 3D Flujo con partículas sólidas en 3 zonas (derecha):
 - Acoplamiento entre tubulares en tramo vertical (derecha – arriba).
 - Acoplamiento del packer (derecha – medio).
 - Acoplamiento entre tubulares en tramo horizontal.
- Condiciones: fase inicial de producción + 4 (cuatro) escenarios (abajo) + propiedades mecánicas (derecha - abajo).

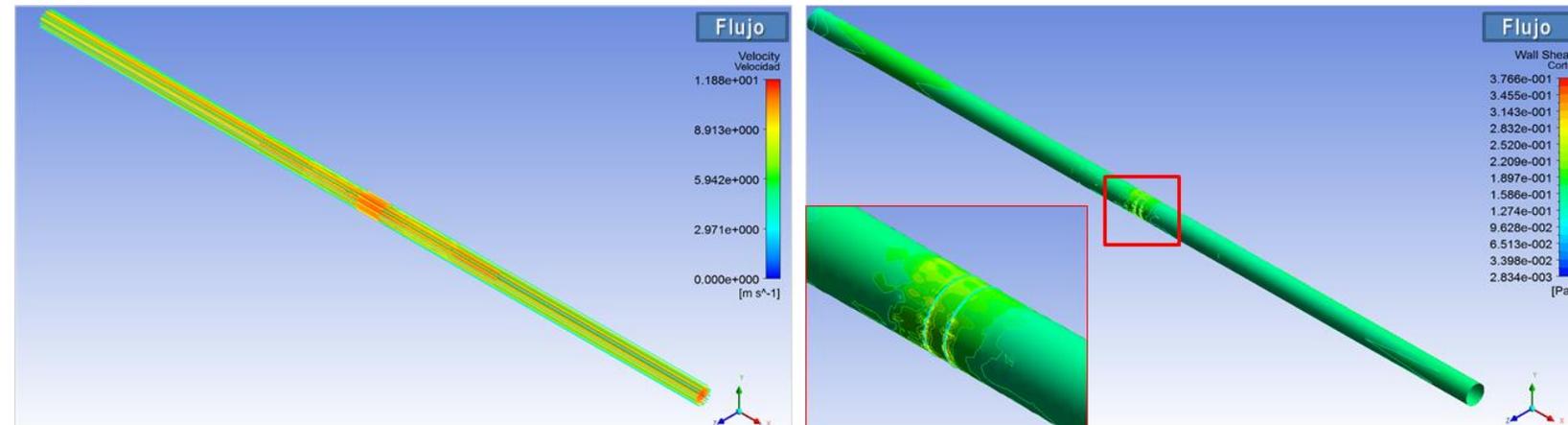
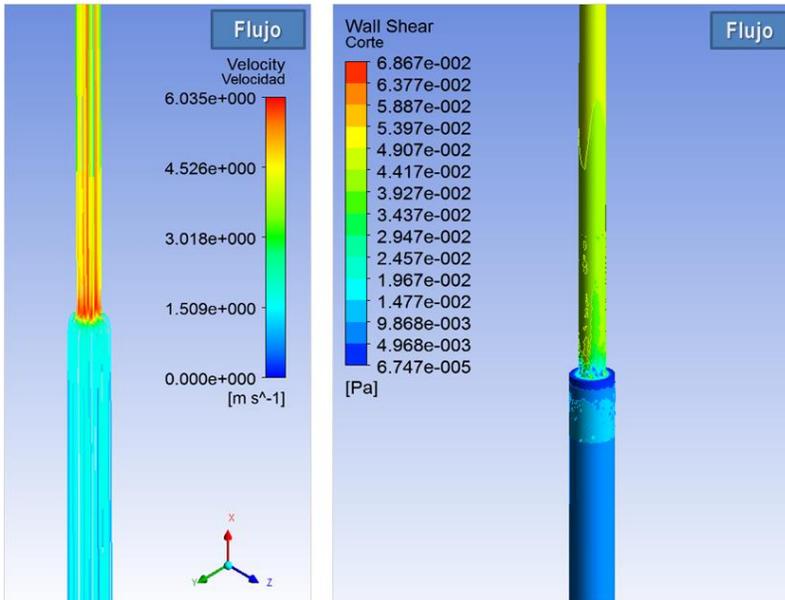
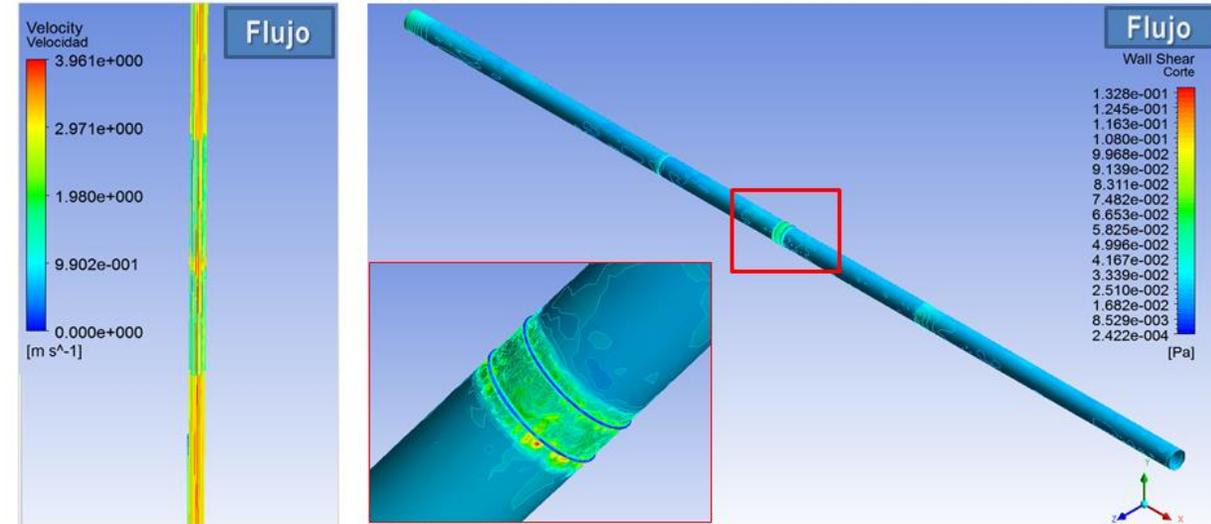


Escenario	Velocidad (m/s)	Caudal másico (kg/s)	Flujo
1	3.210	0.0013	Turbulento
2	1.605	0.0013	Turbulento
3	3.210	0.0059	Turbulento
4	1.605	0.0059	Turbulento

Material	Dureza (Rockwell C)		Dureza (Vickers)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
N80	16	26	207	260
L80 - Cr13	-	23	-	238

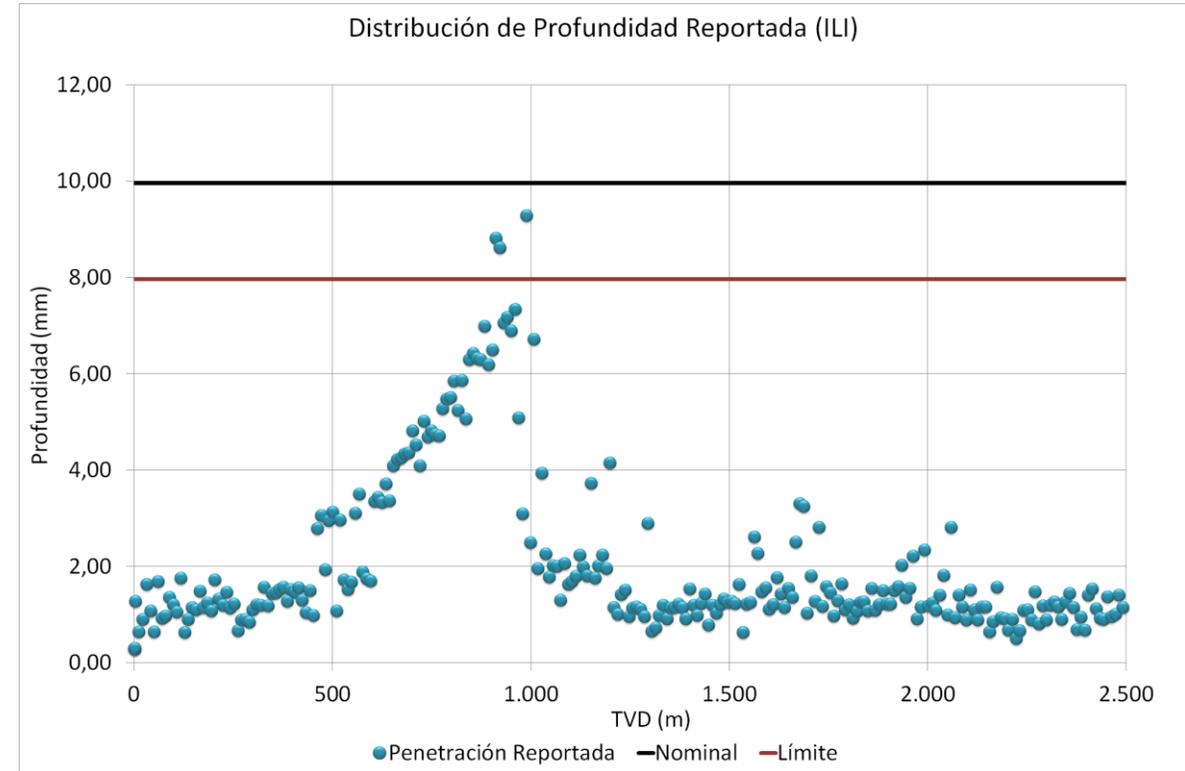
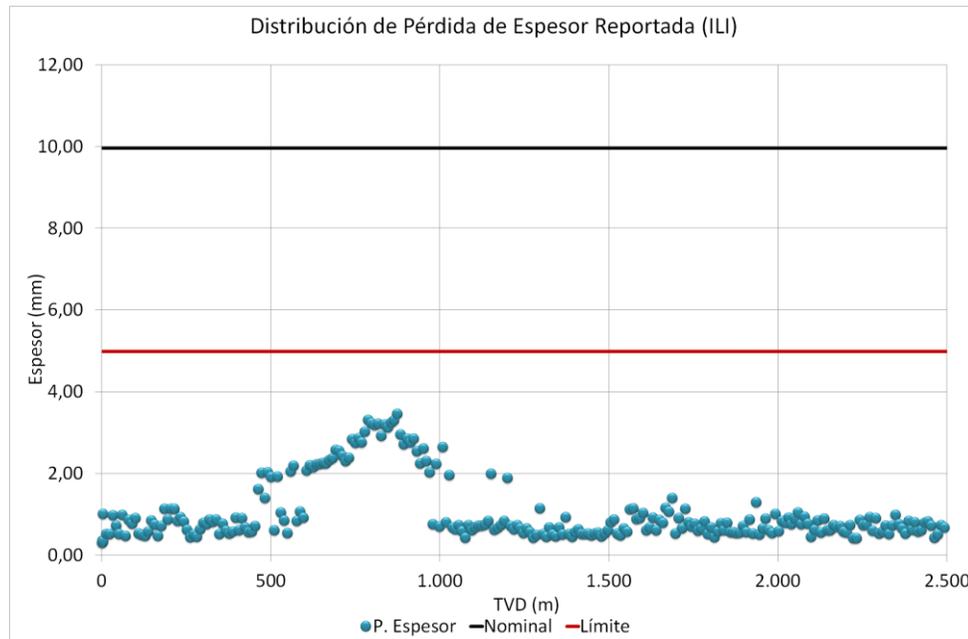
Sub-superficie: Simulación Operativa (Resultados)

- Velocidad de mezcla (derecha): incremento crítico en acoplamientos del tramo vertical (0.1-4.0 m/s) e inferior en la transición PKR-TBG (1.5-6.0 m/s). Máximas velocidades en tramo horizontal (12.0 m/s).
- Esfuerzo de corte (abajo): variación de un orden de magnitud en acoplamientos ($2.5 \times 10^{-2} - 1.3 \times 10^{-1}$ Pa) y de dos órdenes en transición PKR-TBG ($5.0 \times 10^{-3} - 2.0 \times 10^{-1}$ Pa). La máxima se registra en el tramo horizontal (2.8×10^{-1} Pa).



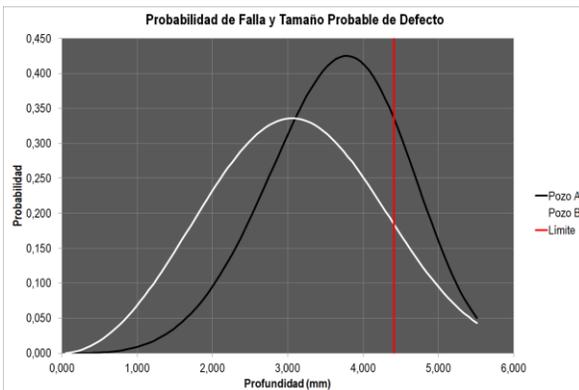
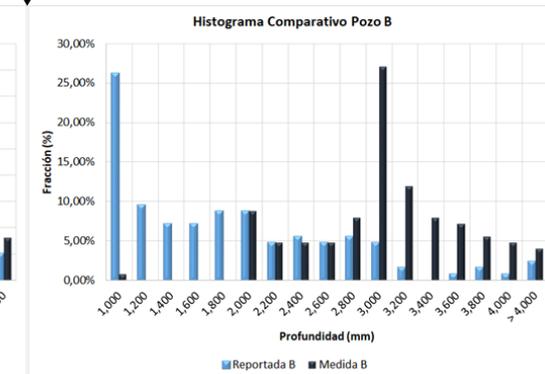
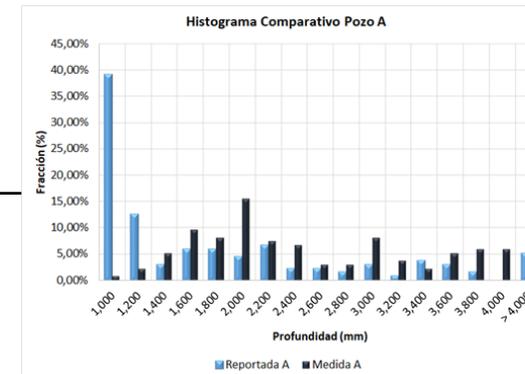
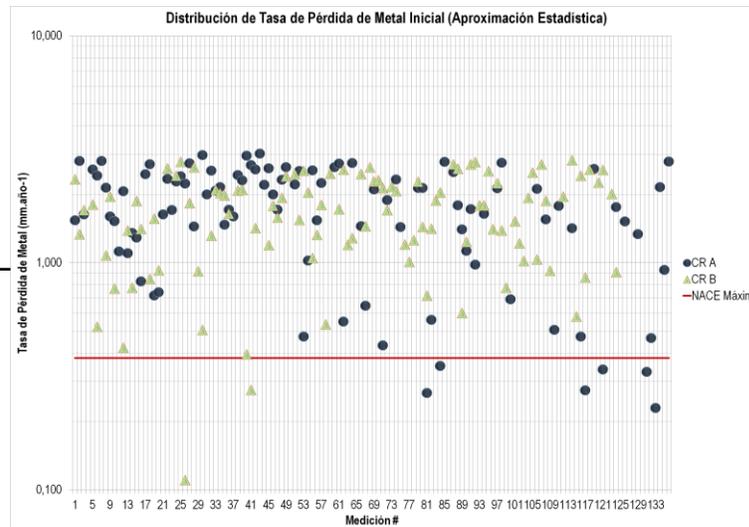
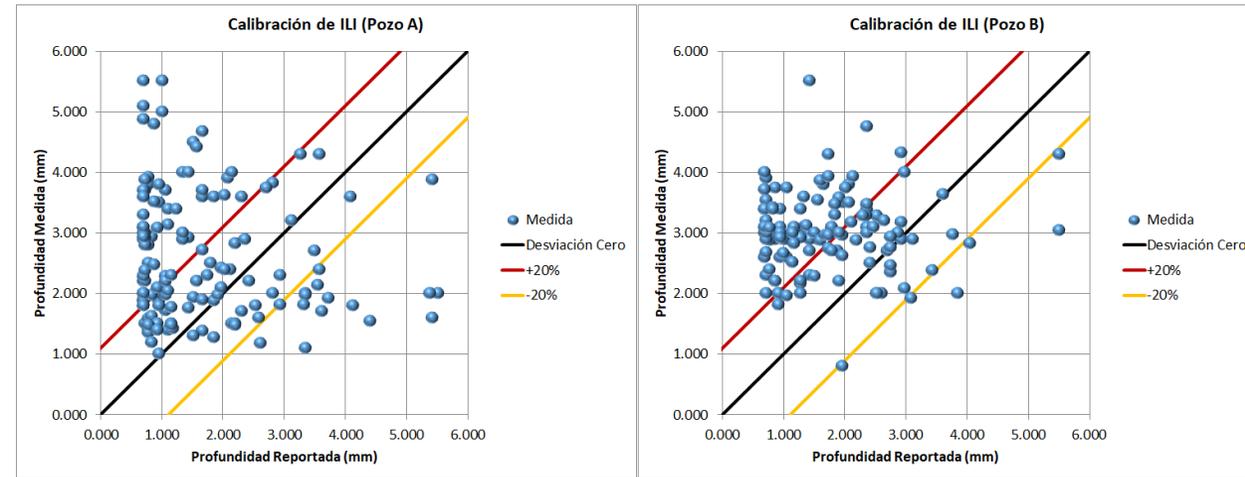
Sub-superficie: Grado y Distribución de Daño (ILI)

- Segmento particularmente crítico situado en segmento 500-800 metros de profundidad.
- Penetración máxima reportada (derecha) en el segmento crítico superior a la media el conjunto (factor que oscila entre 4 y 5). La diferencia en pérdida de espesor aproxima un factor de 2 (abajo).
- Mecanismos probables dominantes incluyen la componente corrosiva pura (picado-celda ocluida) y/o erosiva-corrosiva (sinérgica).



Sub-superficie: Proyección de Daño (Vida Remanente)

- Incertidumbre ILI (derecha): calibración sobre 262 defectos (3 pasantes).
- Tasa pérdida de metal (retro-proyección estadística, abajo derecha): tasa media de 1.4 mm.año-1 y máxima que oscilan en 3.0 mm.año-1.
- Ajuste: probabilidad de ocurrencia de defectos pasantes (abajo izquierda).



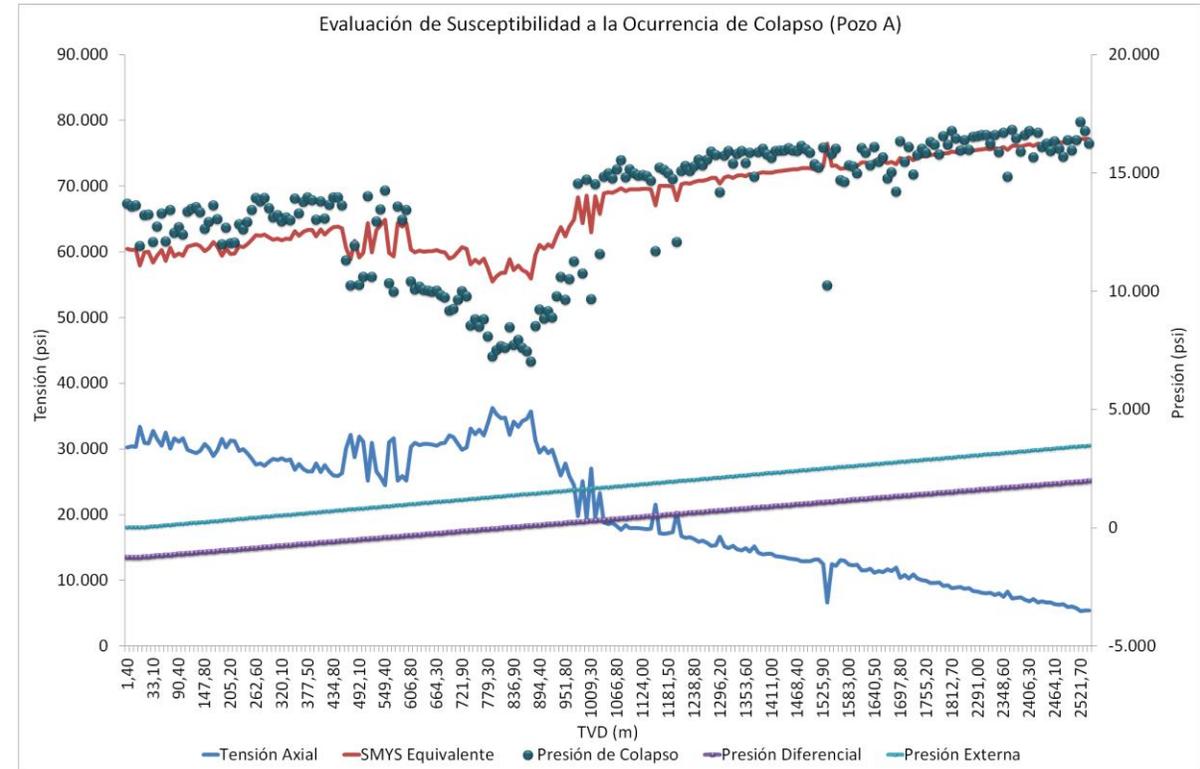
Sub-superficie: Aptitud para el Servicio

1. Aproximación Analítica (tubular completo - derecha):

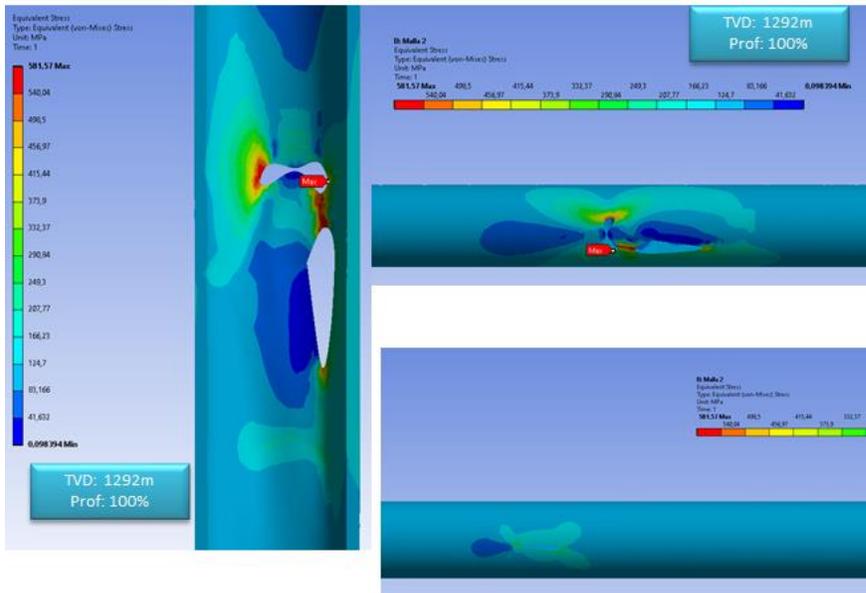
- Compromiso por colapso y tracción (condición proyectada en la zona crítica).
- Vida residual: inferior a 2 años.

2. Aproximación Numérica 3D (sectores críticos - abajo):

- Modelo elasto-plástico: geometría con daño interno, mallado adaptativo y zonas con vinculación entre directa y anular.
- Resultados: compromiso eventual proyectado en sectores con defectos pasantes.



API 5CT N-80
Tensión de fluencia min 551MPa
Tensión de rotura min 689 MPa

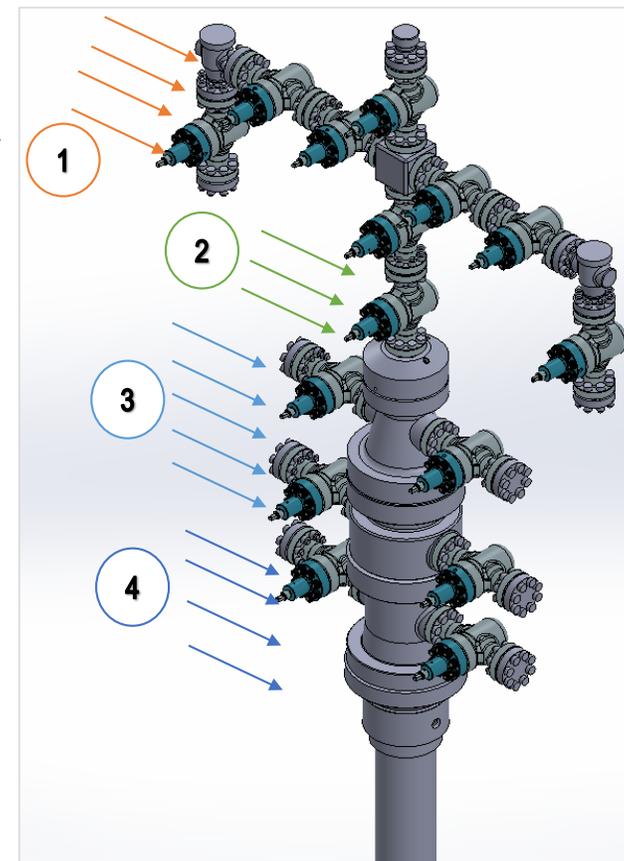


Superficie (Armadura – Cabezal Pozo HPHT): Contexto y Propiedades

1. Escenario: ciclo térmico semanal de consecuencias potencialmente severas (ignición de una descarga descontrolada de fluido).
2. Objetivo: evaluar degradación de los materiales de cada componente afectado.
3. Aleaciones (API 6A): propiedades físicas y mecánicas adecuadas al rango de exposición (abajo).
4. Sistema afectado: bodega de boca de pozo productor de gas natural (principal componente es metano).

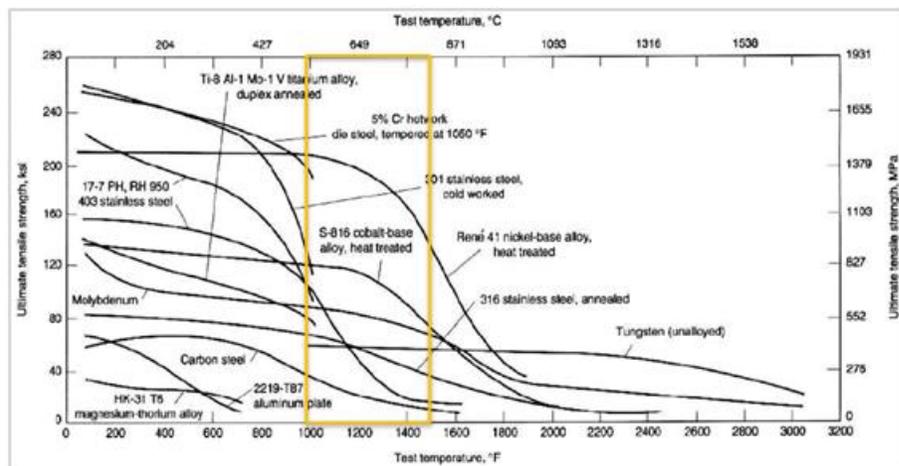
Nº	Sector	Velocidad (Km/h)	Temperatura (°C)	Convectivo (W/m2.°C)
1	superior de la estructura de superficie	35	400	29
2	inferior de la estructura de superficie	15	200	15
3	superior en bodega de boca de pozo	10	30	10
4	inferior en bodega de boca de pozo	5	30	6

Condiciones del aire en movimiento para cada sector del sistema



Elemento	Conductividad (W/m.°C)	Emisividad
Acero	45-70	0,3
Aire	0,026	-
Hormigón	0,720	0,8
Metano	0,037	-

Propiedades térmicas de los elementos considerados



Incidencia de la temperatura en la tensión última de metales y aleaciones

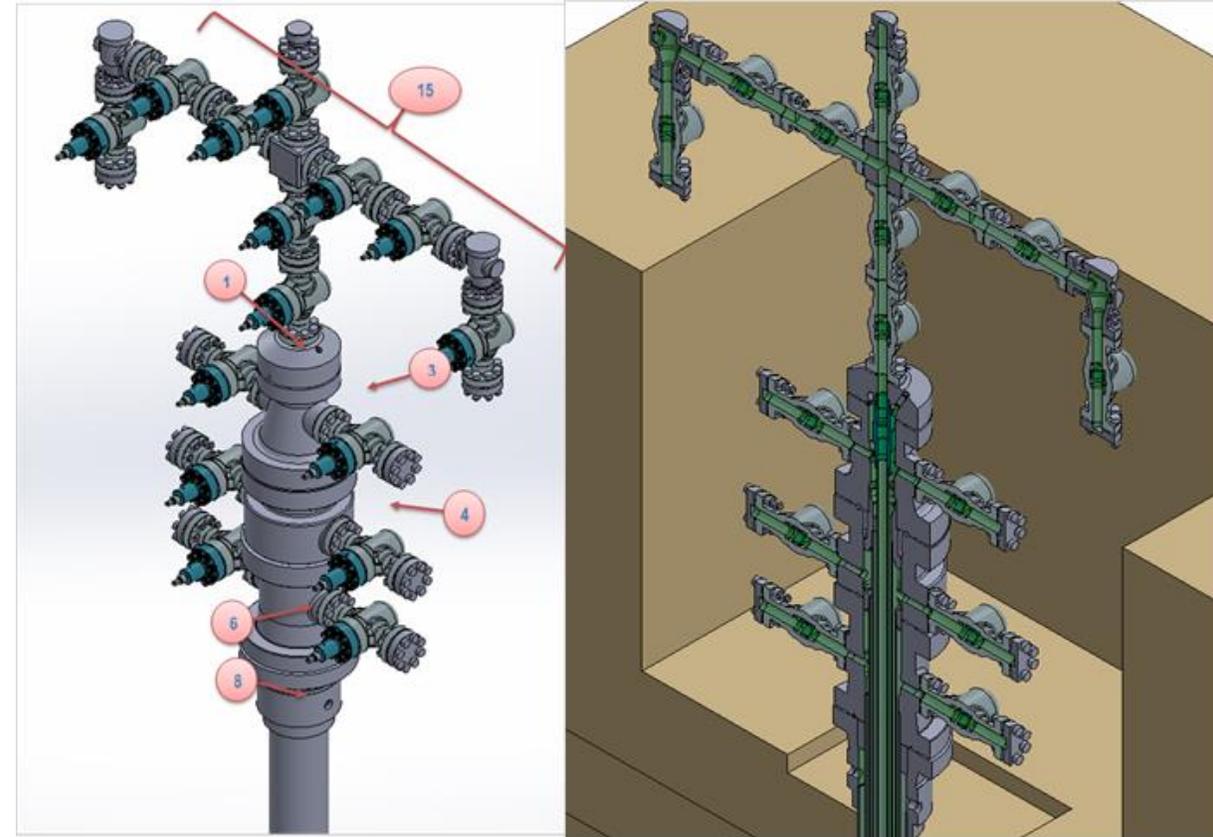
Superficie: Modelo de Transferencia de Calor

1. Conducción (Ley de Fourier).
2. Convección (Ley de Newton).
3. Radiación (Ley de Stefan-Boltzmann).

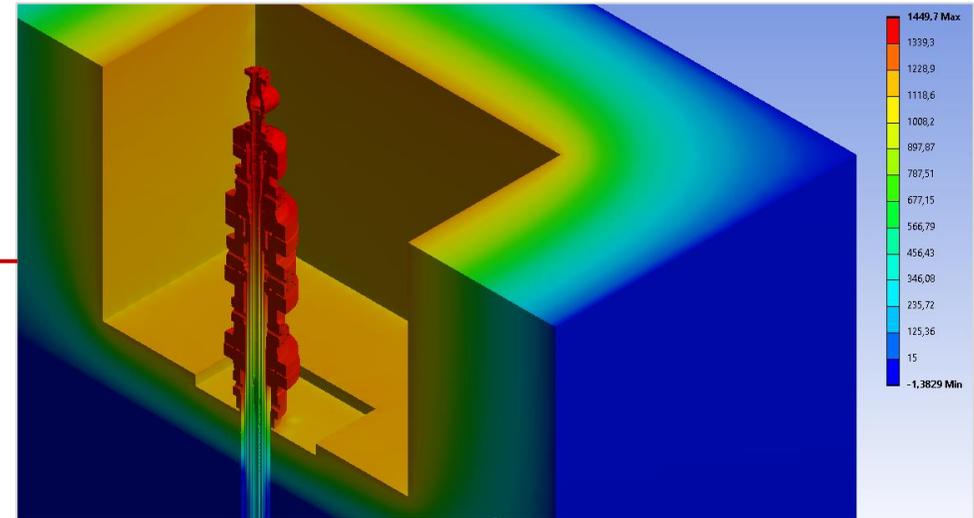
- Fuente: llama a 1960 °C (combustión de metano).
- Temperatura inicial: 20 °C (terreno a 15 °C).

El modelo incluye:

1. Izquierda: modelo geométrico 3D con numeración por sección, para futura asociación de resultados.
2. Derecha: esquema integrado de armadura y bodega, para ilustrar el volumen de control considerado.

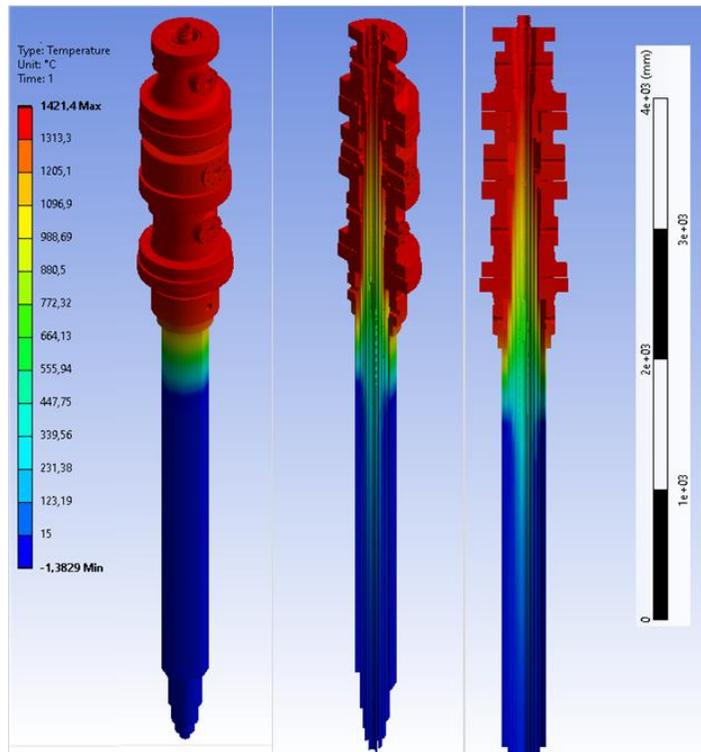


Distribución de temperatura (conjunto completo)

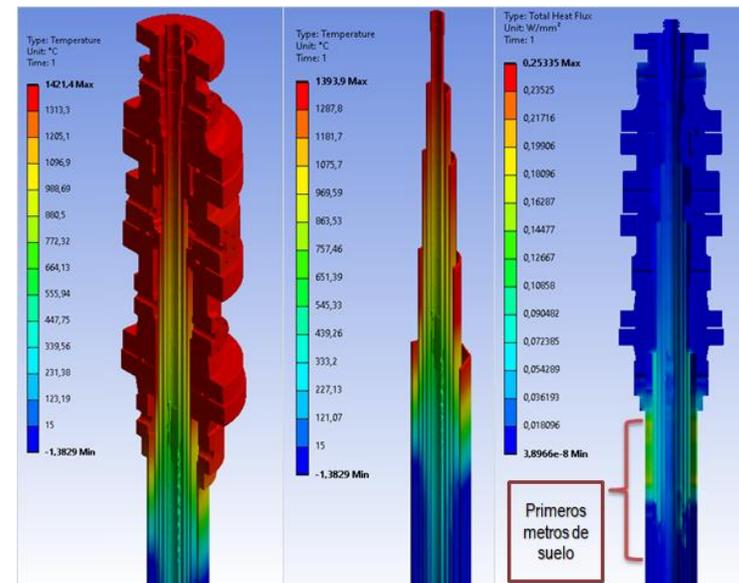


Superficie: Condicionantes (Temperatura – Flujo)

1. Solicitaciones actuantes: convección (aire y humo caliente sobre superficies), radiación (fuego) y conducción (caracterizada por la conductividad de los materiales).
2. Comportamiento no lineal admisible.
3. Propiedades homogéneas de los materiales.



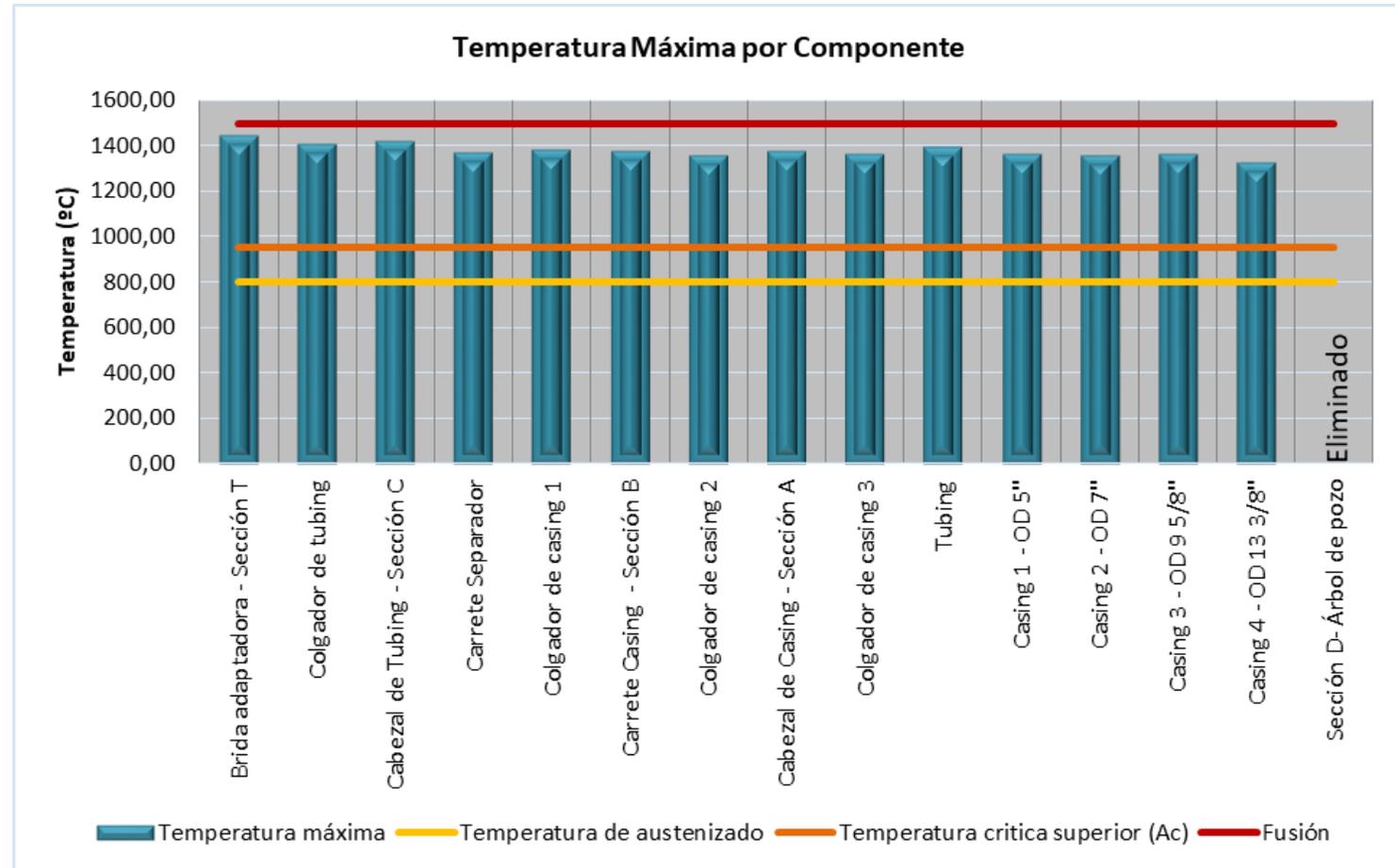
Distribución de temperatura (sección remanente)



Temperatura y flujo de calor en sección remanente

Superficie: Resumen de Resultados

1. Distribución global (derecha): incluye secciones afectadas por ciclo térmico, con mayor daño potencial.
2. Zona crítica: estructura de superficie, en donde la temperatura alcanzó el máximo (1449,7°C), superando el límite de fusión.
3. Estructura inferior remanente: la temperatura máxima calculada habría superado el límite de austenización del acero (similar tratamiento térmico de recocido), con pérdida considerable en propiedades mecánicas.

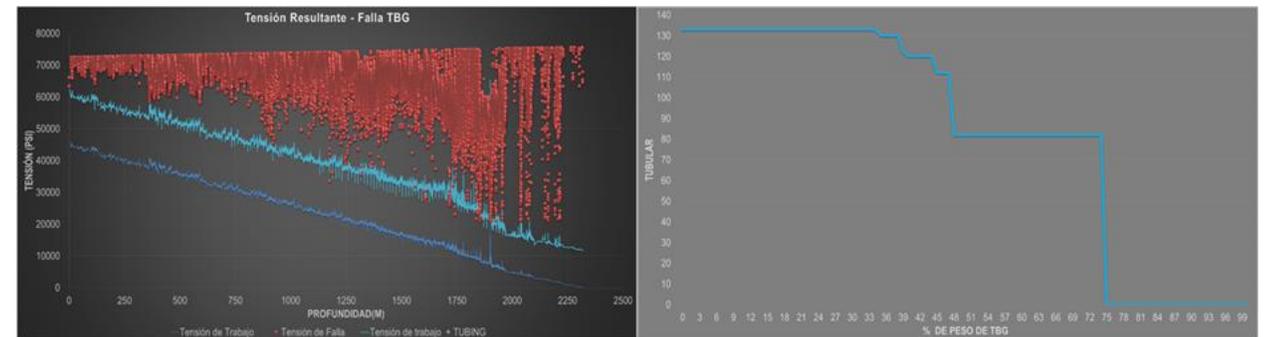
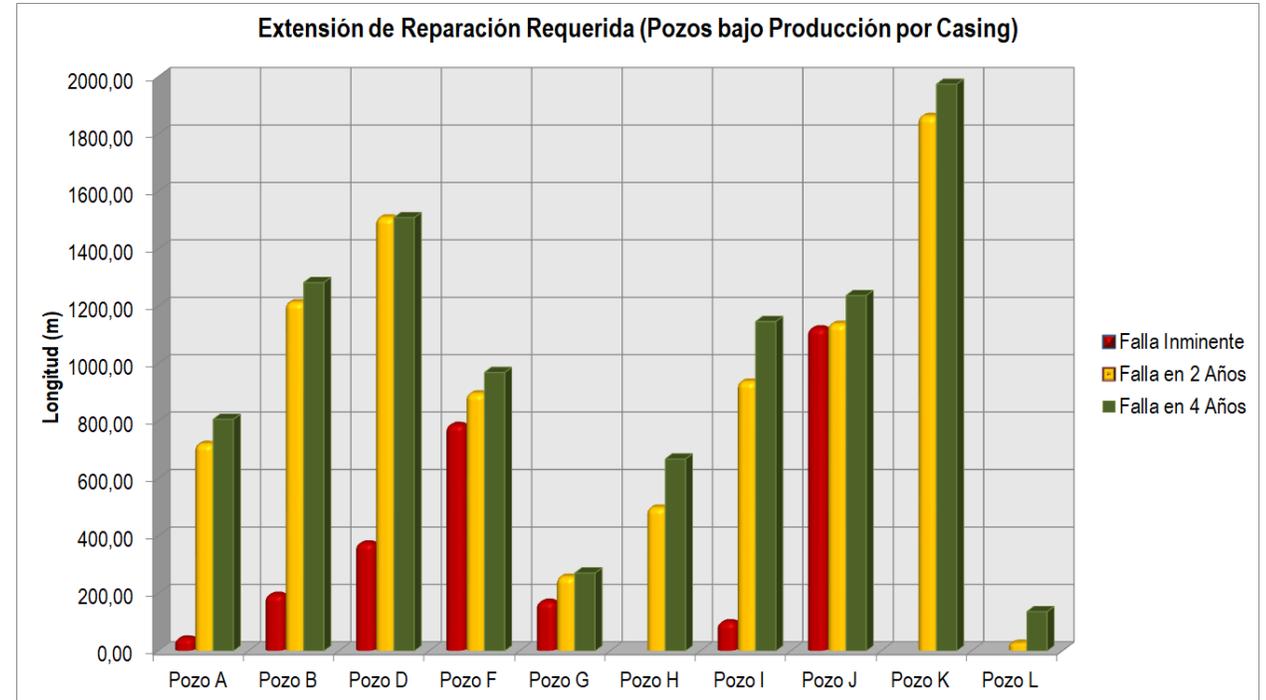


Planes de Aseguramiento: Intervención

1. Intervención: restitución de condición de EBP (tubulares, PKR y cabezales).
2. Selección de materiales: compatibilidad con ciclo de vida.
3. Inspección-ensayo: definición de estado + soporte para FFS-VR.

Intervención (tubulares críticos) → Estrategia de Reemplazo-BIF:

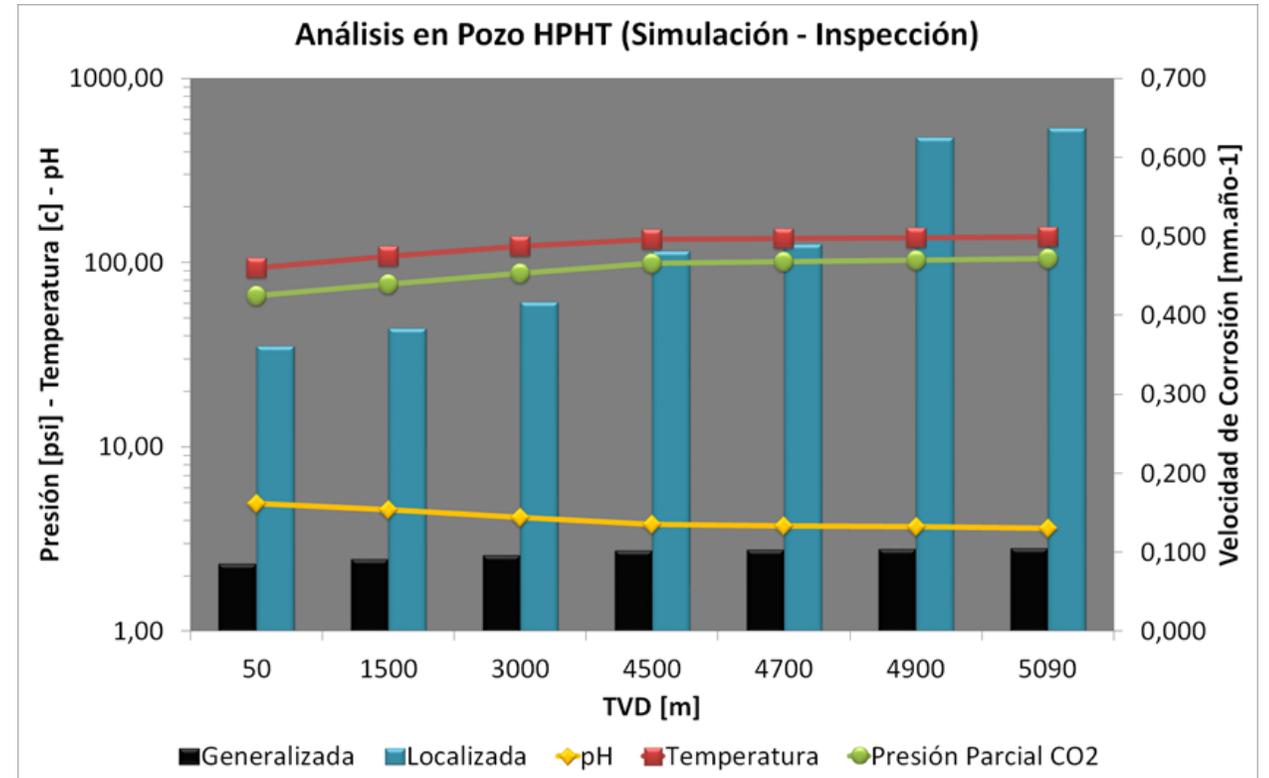
1. FFS-VR (derecha-arriba): soporte del plan de intervención (plazo y extensión del reemplazo).
2. Configuración (derecha-abajo): anclaje PKR (BIF) en CSG severamente dañado, bajo los siguientes escenarios potenciales:
 - Falla en CSG y traslado de carga a la sarta de producción nueva (vía PKR – derecha-abajo).
 - Falla de la nueva sarta y traslado de carga al CSG dañado (izquierda-abajo).



Planes de Aseguramiento: Selección de Materiales

Pozos NOC → Factores que comprometen la performance de CRA:

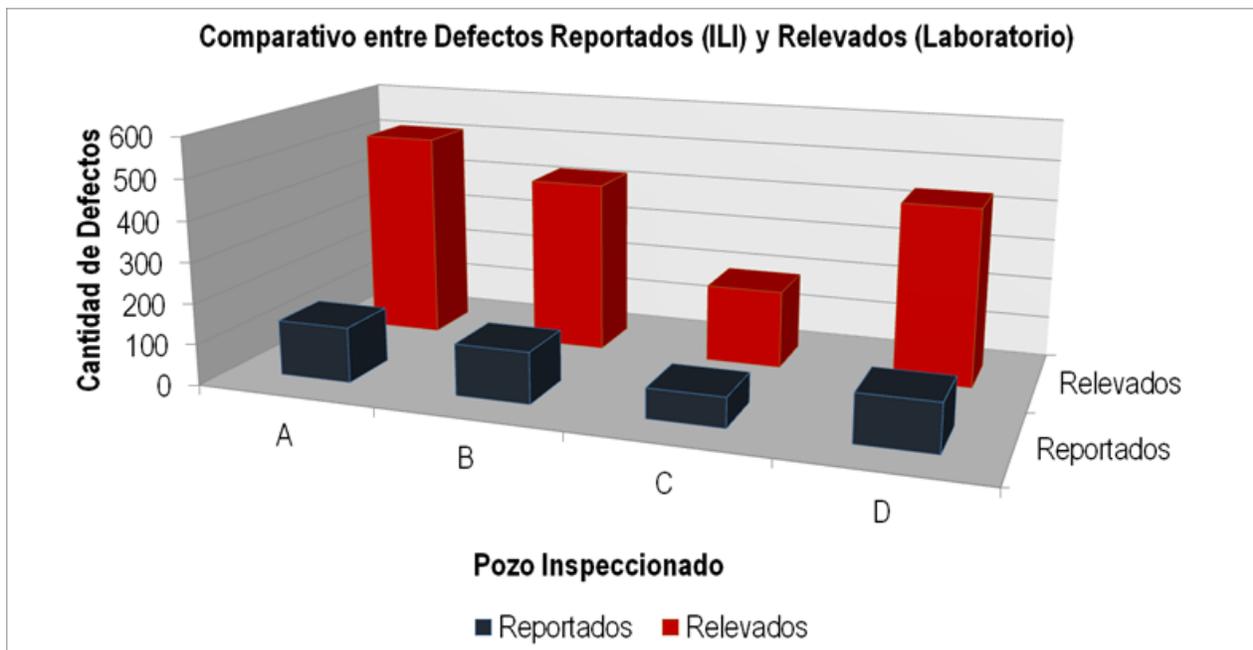
1. Daño mecánico superficial e irreversible (erosión-herramientas): clave para la performance de inoxidable (película protectora dañada), penalizada por incremento local en tasas de penetración.
2. Ruptura local del film: bajo la incidencia combinada de pH reducido, temperatura, cloruro) → inicio-propagación de corrosión localizada severa (derecha).
3. Dificultad en el monitoreo e inspección: el daño es sumamente localizado y de difícil detección-dimensionamiento.



Distribución de velocidad de corrosión en pozo HPHT, post inspección (tubular 13% cromo)

Planes de Aseguramiento: Desafíos de Inspección-Ensayo

1. Cabezales: foco primario en ensayo de hermeticidad-resistencia. Las técnicas END para detección-medición de PM-fisuración-degradación no son de eficacia probada en este tipo de componentes.
2. Tubulares (técnicas ILI): los resultados comparativos (inspección versus medición directa) verifican oportunidades de mejora → Selección + procesamiento-interpretación de registros.



Comparativo entre registros de ILI y laboratorio (tubulares inspeccionados)

Conclusiones

Aproximación (FFS-VR EBP): función de la sinergia entre herramientas (analíticas-numéricas), modelos (determinísticos-estocásticos) y data mining (dinámica operativa, pronósticos y monitoreo) → Condición Actual + Evolución Probable.

Alcance Global (Área – Yacimiento): factible por selección de pozos representativos de condiciones extremas y promedio (sistemas con escasa variabilidad). Grupos con dinámica variable → Ranking Global.

Casos Particulares (Riesgo Medio – Elevado): pozos clave afectados por amenazas críticas (fatalidad múltiple, daño mayor en instalaciones, pérdida operativa significativa y/o perjuicio societario) + pozos representativos de condiciones homólogas (degradación-susceptibilidad mecánica-falla recurrente).

Aseguramiento (Inspección – Evaluación - Restitución – BIF): considerable impacto económico (intervención) y condicionamiento en el ciclo de vida (selección de materiales) → planificación anticipada + evaluación de factibilidad.

Muchas Gracias

Juan Pedro Rossi – Ariel Novelli:

SINTEC S.A.

 SINTEC

17