

FALLAS EN AEROENFRIADORES EN PLANTA COMPRESORA DE GAS NATURAL

Fabián Antinao¹, José Luis Otegui¹, María Perla Villagarcía¹, Manuel Andrés Tapia Mosquera², Gustavo Luis Bianchi¹

1. Innovación Energética y Ambiental, Instituto Malvinas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
2. Pan American Energy, Planta Cerro Dragón, Chubut, Argentina

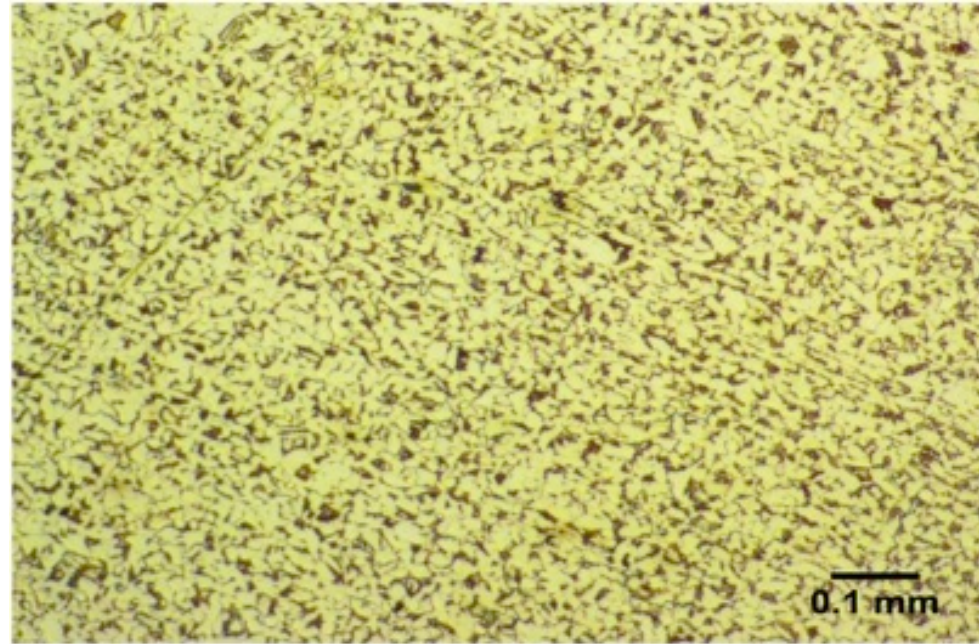
En este estudio se realizan análisis experimentales y modelos para determinar las causas de fugas en un aroenfriador en una Planta Compresora. Los tubos SA179 sin costura son trefilados en frío. El gas que circula por los tubos del aroenfriador cuando se encuentra en funcionamiento es mayoritariamente gas dulce (metano con contenidos minoritarios de otros hidrocarburos) y CO₂

Composición		%molar
CO ₂	Dioxido de carbono	7,9270
N ₂	Nitrógeno	0,7712
C ₁ (CH ₄)	Metano	86,2105
C ₂ (C ₂ H ₆)	Etano	2,9346
C ₃ (C ₃ H ₈)	Propano	1,0375
iC ₄ (C ₄ H ₁₀)	I-Butano	0,2300
nC ₄ (C ₄ H ₁₀)	n-Butano	0,4107
iC ₅ (C ₅ H ₁₂)	i-Pentano	0,1228
nC ₅ (C ₅ H ₁₂)	n-Pentano	0,1806
nC ₆ + (C ₆ H ₁₄)	n-Hexano	0,1198
nC ₇ + (C ₇ H ₁₆)	n-Heptano	0,0436
nC ₈ + (C ₈ H ₁₈)	n-Octano	0,0071
SH ₂	Sulfhidrico	0,00070
H ₂ O	Vapor de agua	0,00394
Total		100,0000

La norma ASTM A179, ASME SA179 es una especificación para tubos sin costura trefilados en frio, y define al material SA179 como un acero ferrítico perlítico al C-Mn, de bajo carbono, equivalente a un SAE 1010 o CFS 360

C, %	Mn, %	P, %	S, %
0.06-0.18	0.27-0.63	0.035 max	0.035 max

Tensile Strength, MPa	Yield Strength, MPa	Elongation, %	Hardness, HRB
325 min	180 min	35 min	72 max



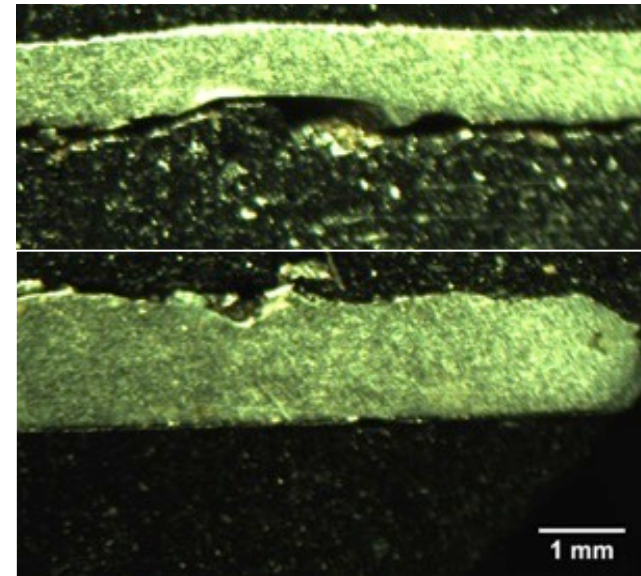
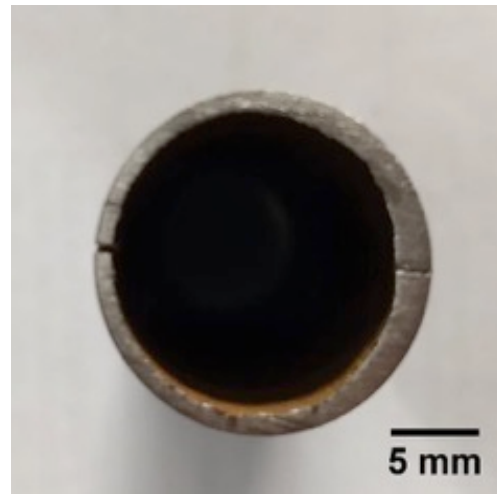
Estructura ferrítico-perlítica en muestra pulida y atacada Nital

De acuerdo a lo informado dada por la empresa, el aerofriador tiene fallas recurrentes por corrosión en el interior de los tubos.

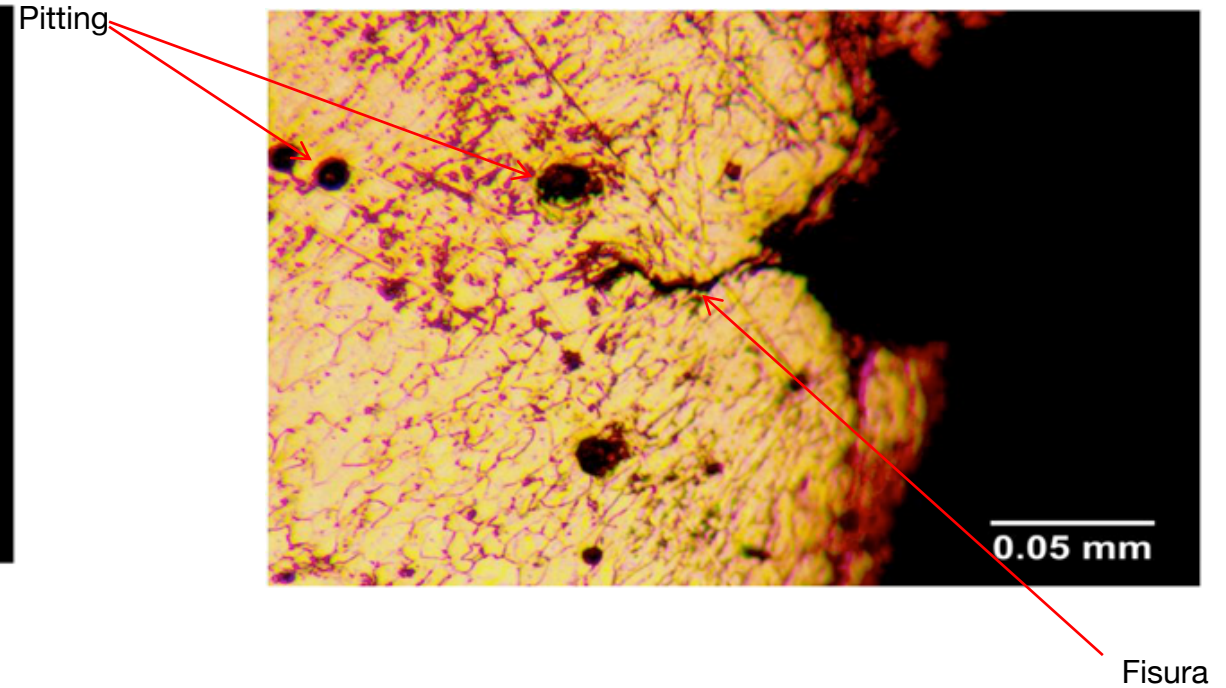
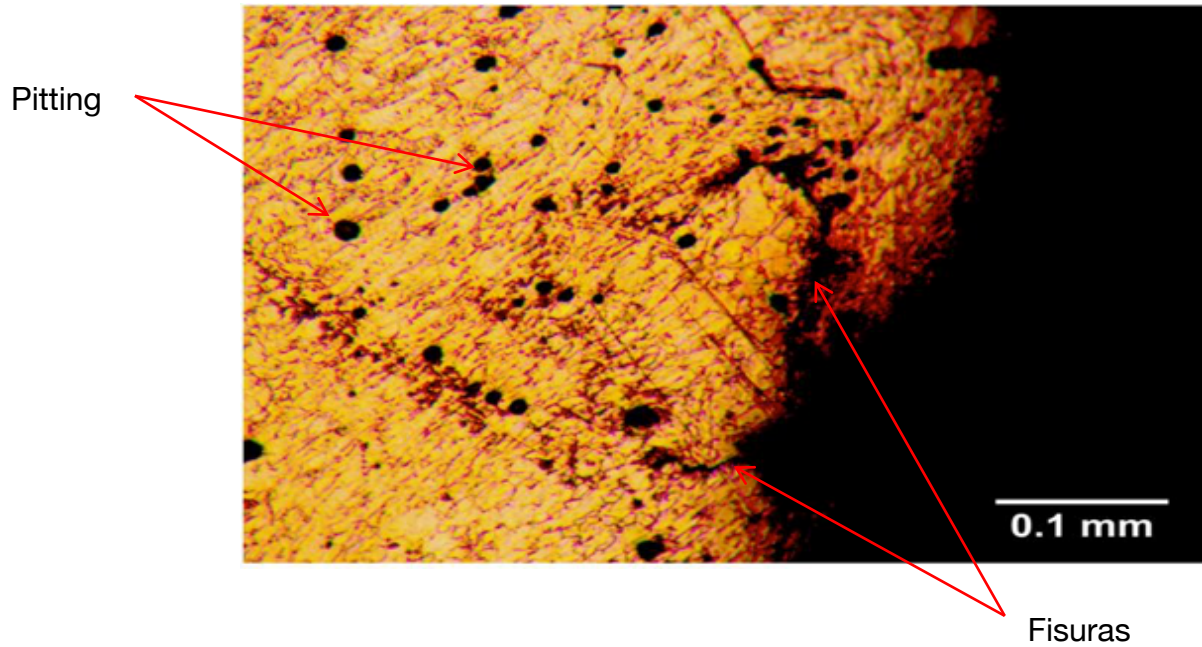
En la figura se observa las muestras que se obtuvieron de los recipientes de entrada y salida de las etapas de compresión. En las purgas de las etapas intermedias no se obtuvo líquido que pueda juntarse a modo de muestra para análisis



Inspección visual y metalográfica

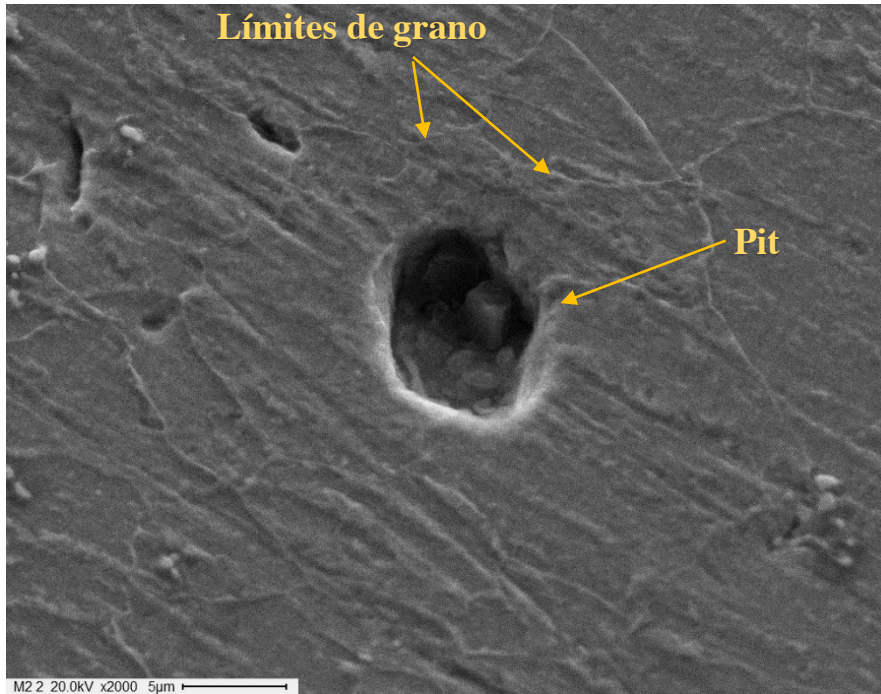


Sección transversal de un tubo del aerofriador. (a) se aprecia diferencias de espesor, (b) detalle de dos secciones, pulidas y atacadas, picado en superficie interna de la pared



Cortes transversales, microestructura ferrítico perlítica, y pitting y fisuras en superficie interna del tubo

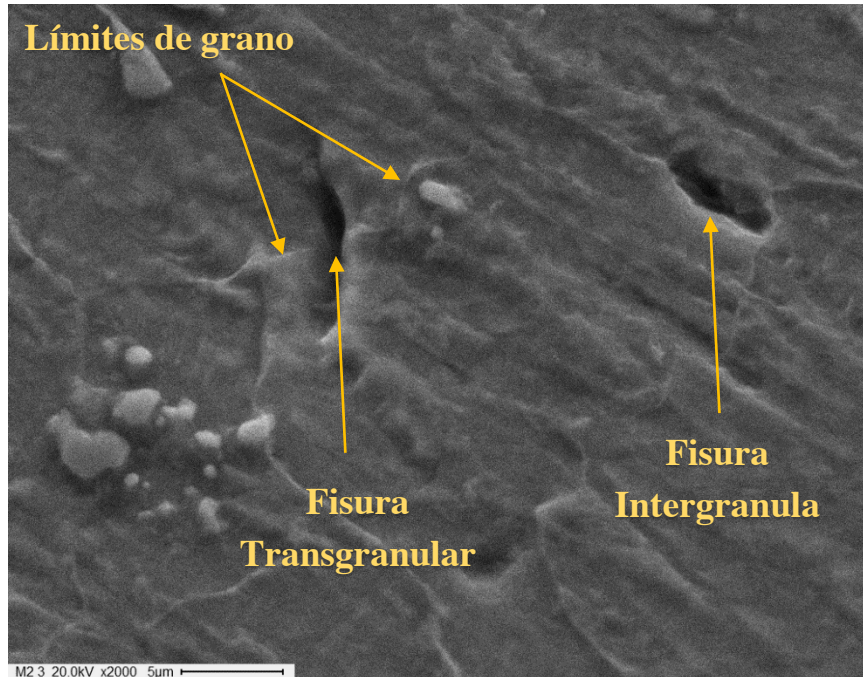
Análisis por SEM-EDS



kV : 20.00 Tilt: 0.00 Take-off:16.50 AmpT : 6.40
Detector Type: SDD Apollo X Resolution:126.55 Lsec 41

EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C K	8.48	23.97	0.0167	1.1375	0.1730	1.0005
O K	11.24	23.85	0.0371	1.1181	0.2948	1.0029
AlK	3.99	5.03	0.0097	1.0399	0.2328	1.0007
SiK	1.03	1.24	0.0034	1.0699	0.3070	1.0010
S K	0.35	0.37	0.0020	1.0690	0.5253	1.0033
FeK	74.92	45.55	0.7206	0.9542	1.0080	1.0000
Total	100.00	100.00				



kV : 20.00 Tilt: 0.00 Take-off:16.50 AmpT : 6.40
Detector Type: SDD Apollo X Resolution:126.55 Lsec 41

EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C K	8.48	23.97	0.0167	1.1375	0.1730	1.0005
O K	11.24	23.85	0.0371	1.1181	0.2948	1.0029
AlK	3.99	5.03	0.0097	1.0399	0.2328	1.0007
SiK	1.03	1.24	0.0034	1.0699	0.3070	1.0010
S K	0.35	0.37	0.0020	1.0690	0.5253	1.0033
FeK	74.92	45.55	0.7206	0.9542	1.0080	1.0000
Total	100.00	100.00				

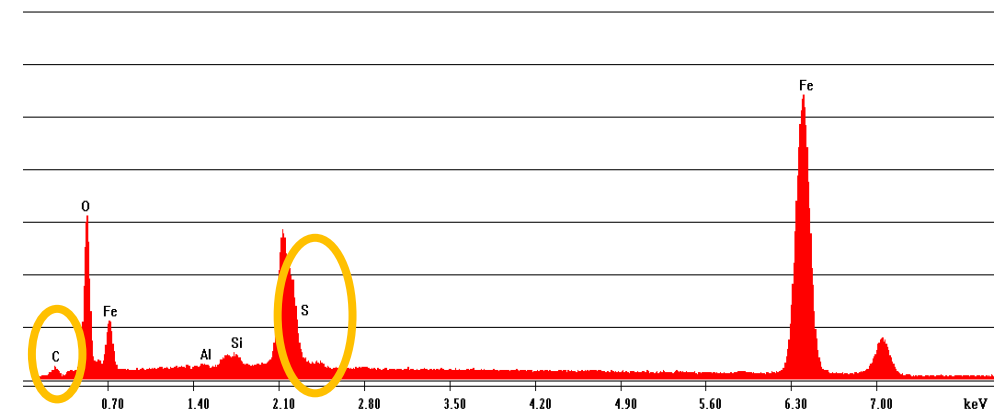
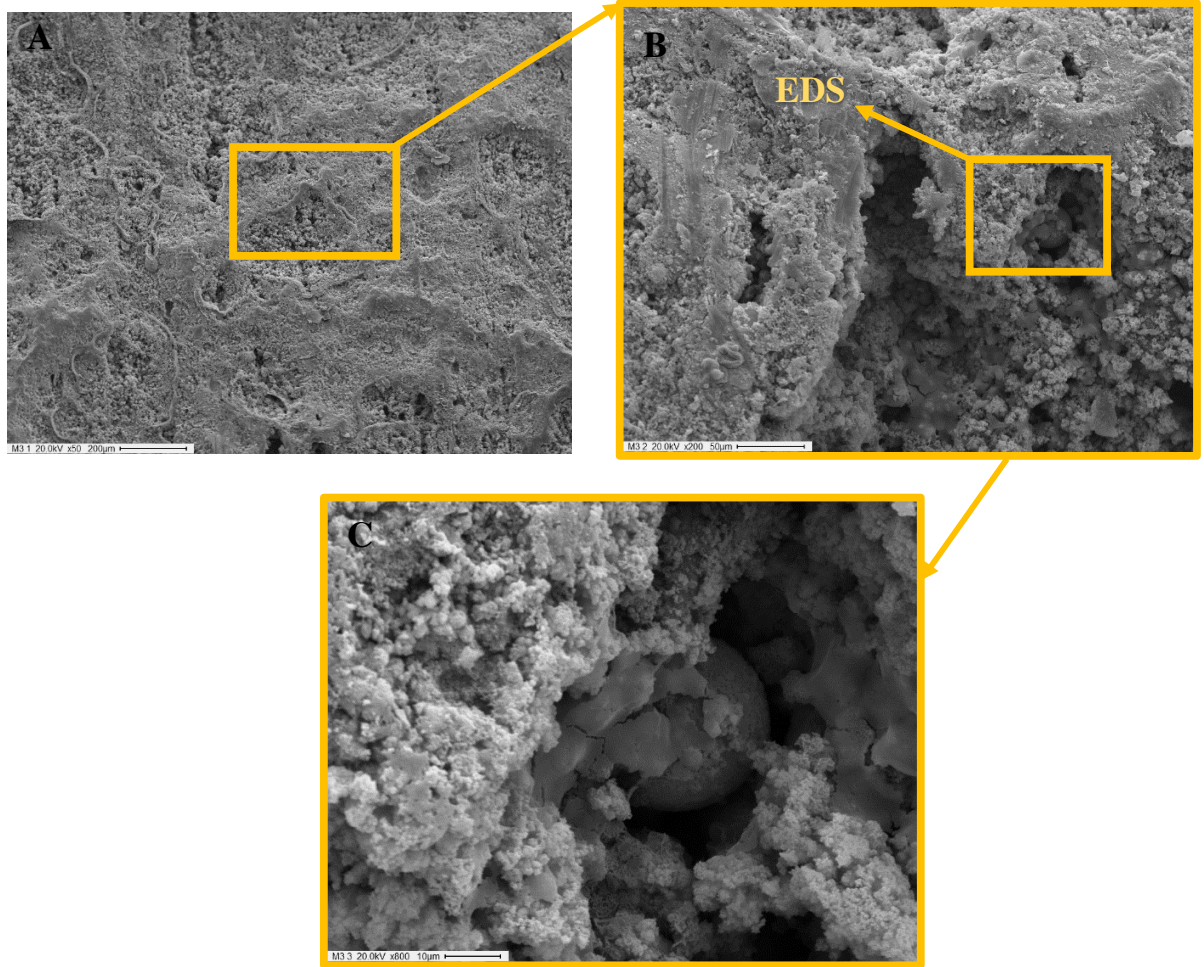


Diagrama espectral de la zona indicada en la figura. Se observa la presencia de carbono, azufre y oxígeno

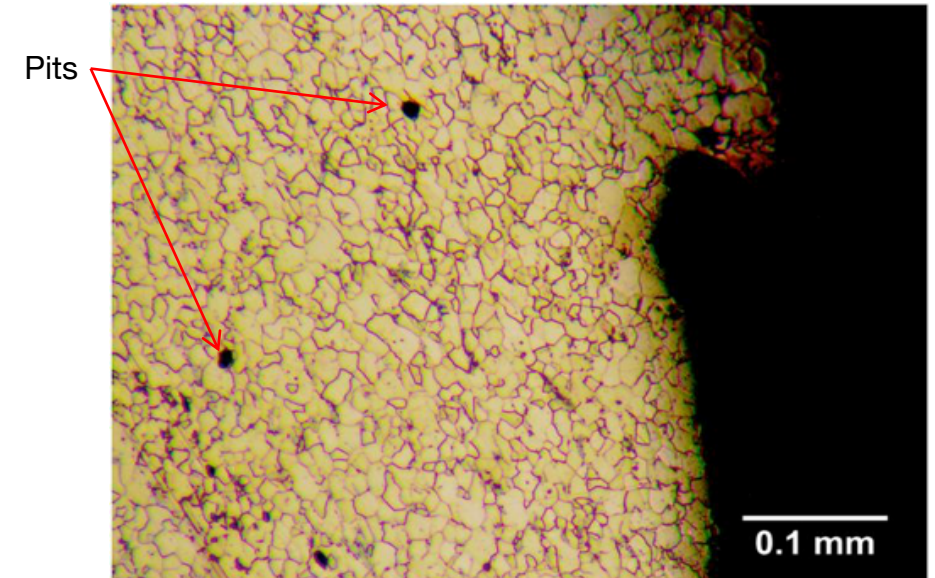
Discusión de los Resultados

Los gases ácidos de dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno, son comunes en la mayoría de los hidrocarburos, son altamente solubles y se disuelven rápidamente en el agua, la cual tiende a bajar su pH de la solución

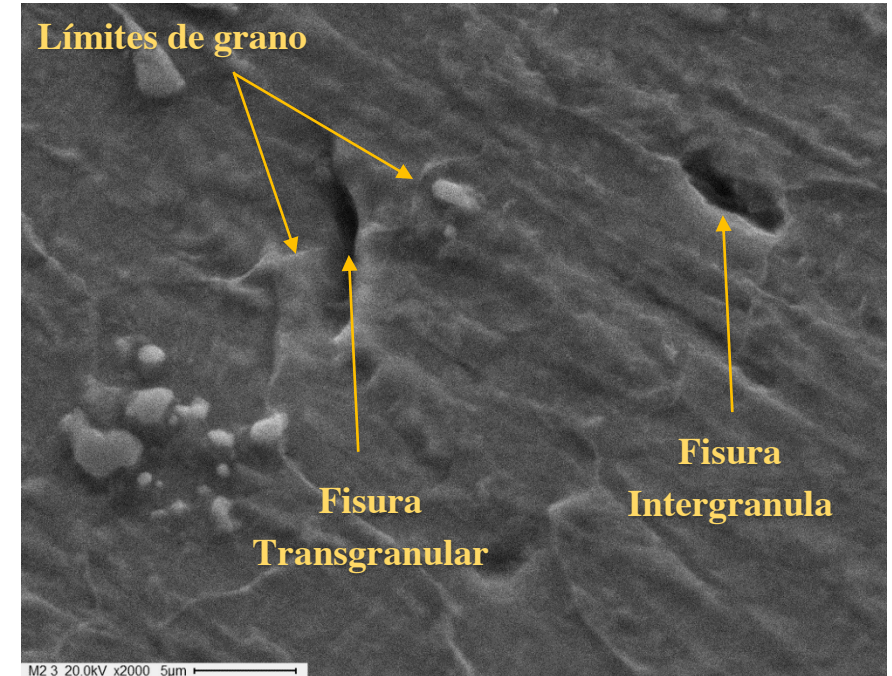
La corrosión en el acero empieza muy agresivamente, pero a menudo reduce su acción, tan pronto como una película superficial protectora o depósito de corrosión se forma sobre la superficie del metal. El CO₂ genera incrustaciones de carbonato de hierro, como un subproducto de su corrosión. Esta incrustación cubre el metal y retarda la tasa de penetración de la corrosión. Sin embargo, si este depósito es removido por la acción del fluido de proceso, la corrosión agresiva local continúa en el área donde se ha removido el depósito, lo cual origina picaduras profundas de corrosión, que suelen identificarse como "cucharadas".

Determinados iones (como los cloruros) tienen la propiedad de romper la película protectora de los metales localmente, exponiendo metal desnudo al medio corrosivo. El Picado ocurre en áreas muy pequeñas de superficie, pero como el ataque es muy rápido puede producir la perforación de la pared metálica

La ubicación de los pits permite confirmar que el problema se relaciona con las paradas durante épocas invernales. Las paradas determinan la formación de condensado de agua en el intercambiador, situándose en las partes más bajas de los tubos, lo que suele generar la perforación preferencial siguiendo una generatriz. El agua retenida se satura en ácido sulfhídrico generando dos procesos corrosivos que actuaron al mismo tiempo: Pitting o Crevice Corrosion y Corrosión por celda aireación diferencial.



La presencia de fisuras asociadas al picado permite incluir un tercer mecanismo, Fisuración Asistida por el Medio. Las fisuras generadas por el sistema CO₂-H₂O en un sistema tensionado, son del tipo transgranular, y las fisuras generadas por el H₂S son del tipo intergranular. Ambos tipo fueron observados en el presente estudio. El Hidrógeno generado por la reacción genera a su vez mecanismos de degradación de las propiedades mecánicas en el acero, a partir de la adsorción y difusión de hidrógeno atómico.



Conclusiones y Recomendaciones

- Se concluye que las fallas incluyen principalmente el fenómeno de corrosión por picado debido a la presencia de CO_2 , H_2S y O_2 húmedos y a la activación de los mecanismos de fisuras originadas tanto por el CO_2 como del H_2S asociadas a tensiones posiblemente generadas por vibraciones (fatiga) o tensiones residuales.
- Se recomienda controlar la atmósfera dentro de los tubos cuando el equipo se encuentre fuera de servicio; analizar la conveniencia técnico económica de realizar estudios de laboratorio de inhibidores de corrosión que mitiguen la corrosión localizada en aceros de bajo carbono en condiciones de operación; y analizar la conveniencia técnico económica de reemplazo de los tubos de acero al carbono por aquellos que contengan un mínimo de 12% Cr (AISI 304 o AISI 316).