

EVALUACIÓN DE REVESTIMIENTO EN CAÑERÍAS ESTIBADAS

Moneta, Andrea, GIE Group, moneta@giegroup.net; Pellasio, Maximiliano, GIE Group, pellasio@giegroup.net

Sinopsis

Aunque las cañerías son fabricadas para prestar servicio enterradas, un gran porcentaje de ellas muchas veces permanece en estiba por largos períodos de tiempo. El diseño no contempla la exposición atmosférica en forma prolongada. Es frecuente que esta estiba se realice sin contar con un adecuado procedimiento, y más grave aún, sin un plan de mantenimiento ni una posterior evaluación de aptitud para el servicio.

En este trabajo se pondrá foco exclusivamente en el caso del revestimiento extruido tricapa (PET). A pesar de todos los controles PQT/PPT (Procedure Qualification Test/Pre-Production Test) que se realizan en fábrica, se viene registrando desde hace tiempo una severa problemática a nivel mundial caracterizada por la falta de adherencia. La gravedad reside en el apantallamiento de la protección catódica que esto produce en este tipo de revestimientos, permitiendo el avance de procesos corrosivos difíciles de detectar por medios eléctricos.

Lo mencionado anteriormente se agrava por el uso de cañerías que han estado estibadas por períodos prolongados sin el adecuado mantenimiento y con un faltante normativo respecto de los ensayos que deberían realizarse antes de su puesta en servicio. Es frecuente que se utilicen los mismos requerimientos utilizados en fábrica. Si bien esta es una práctica que pretende ser conservadora, lo cierto es que no todos los ensayos realizados en la planta de aplicación serían apropiados para la evaluación de aptitud luego de largos períodos en estiba.

En el presente trabajo se mostrará el caso de cañerías largamente estibadas a la espera de ser utilizadas en proyectos de construcción de nuevos ductos; donde se realizó un diagnóstico conceptual de aptitud para el servicio, que incluyó la determinación de ensayos de evaluación del estado de un revestimiento tricapa que permaneció casi 7 años a la intemperie. Se mostrarán los resultados de los estudios que contribuyeron al lanzamiento de un proyecto de escala nacional que tenía por objetivo mitigar la crisis energética local, minimizando postergaciones e inversiones extras en la compra de nuevas cañerías y, a su vez, frente a la urgencia, evitando usar directamente esta estiba sin una evaluación previa.

Introducción

La necesidad del proyecto surgió a raíz de la necesidad de realizar el diagnóstico de aptitud para el servicio de una estiba de más de 10.000 caños revestidos con polietileno extruido tricapa (esto equivale aproximadamente a 120 km) que estuvieron 7 años en puerto, a la espera de ser utilizados en proyectos de construcción de nuevos gasoductos.

Este proyecto de escala nacional tenía por objetivo mitigar la crisis energética local por lo que en el mismo se involucraron variados actores incluyendo organismos nacionales.



Figura 1.a - 1.b: Vista aérea de los sitios de estiba.

Debido a la imposibilidad física y económica de realizar inspecciones en la totalidad de los caños, durante la etapa contractual se realizó un análisis estadístico que permitió determinar el grado de certeza para diferentes tamaños de muestra. Finalmente, en base a los tiempos disponibles y un nivel de confianza se acordó realizar ensayos al 2,5 % de las cañerías estibadas.

Estiba 1	e (error)	% Muestra
40	15,50%	0,50%
80	10,90%	1,00%
200	6,80%	2,50%
400	4,80%	5,00%
800	3,30%	10,00%

Tabla 1. Niveles de Certeza.

Sobre un nivel de confianza del 95%, la tabla anterior muestra el error para cada tamaño de muestra. Siendo que se tomaron muestras sesgadas, en realidad la certeza del estudio resultaría mayor. Se seleccionaron mayoritariamente muestras de revestimiento en zonas más expuestas a radiación UV (zona superior de la estiba) y las evaluaciones de corrosión se realizaron en las zonas más expuestas a la amenaza (hora 6, en contacto con la humedad).

Las cañerías para estudio fueron seleccionadas considerando los posibles puntos verificables tal como el estado del revestimiento (adherencia y estado físico químico), condiciones geométricas (ovalización y biseles) y estado de corrosión. La inspección se estructuró para poder verificar los requerimientos normativos API 5L PSL2 [1] y CAN /CSA Z245 [2].

Desarrollo

Previo al estudio de las propiedades del revestimiento, para cada uno de los caños seleccionados se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Inspección visual de las condiciones generales de estiba.
- Inspección del cuerpo de los caños: corrosión y geometría

- Inspección del estado del revestimiento

Durante la **inspección visual de la estiba** se tuvieron los siguientes hallazgos:

- Todos los tubos se encontraban sin protección UV.
- El 98% de los tubos ensayados contaban con ambos cubre biseles.
- Sólo el 1.5% de los biseles se encontraron con daños.
- No se observó corrosión que no fuera superficial en los biseles ni en el interior de las cañerías.
- No se observó revestimiento degradado o roto que hubiera permitido corrosión superficial en el cuerpo del caño.
- En la zona de cutback, sólo se observó corrosión superficial.
- Se encontró un único tubo con abolladuras, representando el 0.5% de los tubos relevados.
- El 85% de los tubos se encontró sin apoyos separadores con respecto a otras hiladas de caños, pero no se observaron daños ocasionados por esta situación. No obstante, al tratarse de un polietileno de alta densidad, se recomendó una inspección tubo por tubo al momento de destinarlo a obra, para verificar que no se observen alteraciones en los puntos de apoyo.

En la **inspección de corrosión y geométrica** se verificaron los espesores de los caños, su longitud y su diámetro para identificar posibles ovalizaciones. Asimismo, se verificó homogeneidad en las mediciones de espesores.

Para la evaluación de la corrosión, se removió el óxido con herramientas livianas en los sitios que se consideraron más susceptibles a pérdida de metal por esta causa (principalmente a hora 6 donde se depositó agua y suciedad); y se realizaron mediciones de espesor con ultrasonido.



Figura 2. Evaluación de la corrosión

Sólo se encontró corrosión superficial, concluyendo que no fue necesario realizar análisis de morfología ni dimensionamiento de la corrosión. Se recomendó realizar una limpieza interna para eliminar la herrumbre superficial previo a la utilización de la cañería.

La **inspección del estado del revestimiento** inició con el ensayo de medición de dureza. Las cañerías se encontraban revestidas con polietileno extruido tricapa aplicado bajo norma

CAN/CSA-Z245. Estudios de los procesos de degradación en polietileno y resultados reportados a nivel académico [3] permiten suponer que la degradación alteraría esta propiedad.

Se tomaron cinco medidas de dureza Shore D para verificar la resistencia a la indentación del recubrimiento utilizando un durómetro digital.



Figura 3a – 3b. Medición de Dureza.

El revestimiento de los tubos medidos cumplió con los requisitos de dureza exigidos por la norma CAN/CSA-Z245 (mín. 60 Shore) en el 79% de los casos. Sobre 19 valores totales medidos, 4 dieron entre 58 y 59 Shore, por lo que la desviación del requisito fue mínima, especialmente si consideramos que esta medición se ve muy influenciada por las condiciones de temperatura.

Por otro lado, la evaluación del revestimiento también incluyó estudios físico-químicos para lo cual se recolectaron muestras lo más representativas posibles de todas las condiciones de estiba a las que se encontraban expuestos los tubos (exposición solar total, parcial y nula en zona húmeda). La extracción resultó extremadamente dificultosa siendo que el revestimiento presentaba una adherencia excelente (el tiempo demandado para obtener cada muestra osciló entre 20 y 40 minutos). La operatoria consistió en:

- Marcado de la superficie a extraer (15cm x 12 cm).
- Corte del revestimiento en todo el perímetro marcado.
- Extracción mediante formón y maza.
- Codificación y preservación de la muestra individualmente.
- Reparación del recubrimiento mediante parches termocontraíbles compatibles.



Figura 4a – 4b – 4c - 4d - 4e. Extracción de muestras de recubrimiento.



Figura 5a – 5b – 5c – 5d – 5e. Recomposición del recubrimiento.

Se evaluó la adherencia del esquema de recubrimiento mediante el ensayo de resistencia al pelado (Peel Adhesion) con la técnica de la masa suspendida. Para su ejecución se respetó el procedimiento según norma DIN 30670 [4].

Para un revestimiento tricapa nuevo, el criterio de aceptación indica que para una masa de 7 Kg el tiempo sin despegue debe ser mayor a 15 segundos y sobre la zona expuesta debe quedar el adhesivo del revestimiento (no debe visualizarse la superficie metálica).



Figura 6a - 6b – 6c. Ensayo de adherencia del recubrimiento.

Tanto durante el proceso de extracción de muestras como en los ensayos realizados, el revestimiento exhibió una adherencia excelente. En zona del cuerpo de los caños el 100% de las muestras tuvo resultados satisfactorios. Para confirmar lo que suele ser una problemática esperable, se realizaron algunos ensayos en zona de cutback. Sólo 2 de ellos fallaron (se observaba despegue en el extremo del tubo). En base a esto se realizó la recomendación de remover en la zona de cutback el revestimiento despegado al momento de la instalación en zanja (no más de 20 cm en general).

Adicionalmente se verificó que los espesores del revestimiento cumplieran con el mínimo requerido por la normativa:

ID Etiqueta GIE			ID CET	Espesor Items
#	FECHA	COD. MUESTRA	#	mm
01	21/7/22	25863	MAT87-01	3.1
02	21/7/22	23712	MAT87-02	2.8
03	21/7/22	25962	MAT87-03	4.6
04	21/7/22	26242	MAT87-04	3.4
05	21/7/22	24468	MAT87-05	2.8
06	21/7/22	23451	MAT87-06	3.0
07	21/7/22	23855	MAT87-07	5.2
08	21/7/22	22164	MAT87-08	2.8
09	21/7/22	24457	MAT87-09	3.4
10	21/7/22	25773	MAT87-10	3.3
11	21/7/22	24865	MAT87-11	2.5
12	21/7/22	23550	MAT87-12	4.8
13	21/7/22	24949	MAT87-13	3.3
14	21/7/22	22633	MAT87-14	2.4
15	21/7/22	25705	MAT87-15	2.7
16	S/D	49950	MAT87-16	2.4
17	S/D	6629	MAT87-17	2.9
18	S/D	39035	MAT87-18	3.8
19	S/D	41442	MAT87-19	3.6
20	S/D	38899	MAT87-20	3.2

Tabla 2. Distribución de espesores de revestimiento encontrada.

La extracción se realizó según muestra la figura siguiente, donde se puede observar la variedad de posiciones elegidas respecto de las condiciones ambientales y de estiba:



Figura 7. Ubicación de las zonas donde se realizó la extracción de muestras de recubrimiento.

La selección de los ensayos físico-químicos a realizar se encontró condicionada por 3 principales limitaciones: falta de normativa, urgencia por la crisis energética y presupuesto limitado. Como solución se buscaron entonces ensayos utilizados para el polietileno virgen en planta de producción, hallándose los siguientes:

- Comportamiento mecánico en tracción según basado en ISO 527-1 / ISO 527-2.
- Análisis Químico mediante Espectroscopía Infrarroja FTIR (según ISO 10640:2011).
- Reología
- Tiempo de inducción a la oxidación basado en ISO 11357-6 y temperatura de fusión.
- Melt Flow Index (parcial)

La **evaluación del comportamiento mecánico en tracción** es uno de los ensayos más recomendados para estos casos siendo que el polietileno deteriorado presenta una mayor fragilidad y pérdida de elasticidad.

Se realizaron ensayos de tracción uniaxial de probetas obtenidas a partir de las placas recibidas. Los especímenes se cortaron con sacabocado, orientándolos en la dirección longitudinal del ducto. La geometría de las probetas respondió a las dimensiones de la norma ASTM D638 tipo IV [5]. El ensayo se realizó a una velocidad de desplazamiento de 50 mm/min y se ensayaron tres réplicas por cada muestra. En la Figura 8 se muestra, a modo de ejemplo, el material #MAT87-06, el cual presenta claramente una región elástica, fluencia y posterior formación de cuello estable con endurecimiento hasta rotura. Este comportamiento es característico del HDP (High Density Polyethylene).

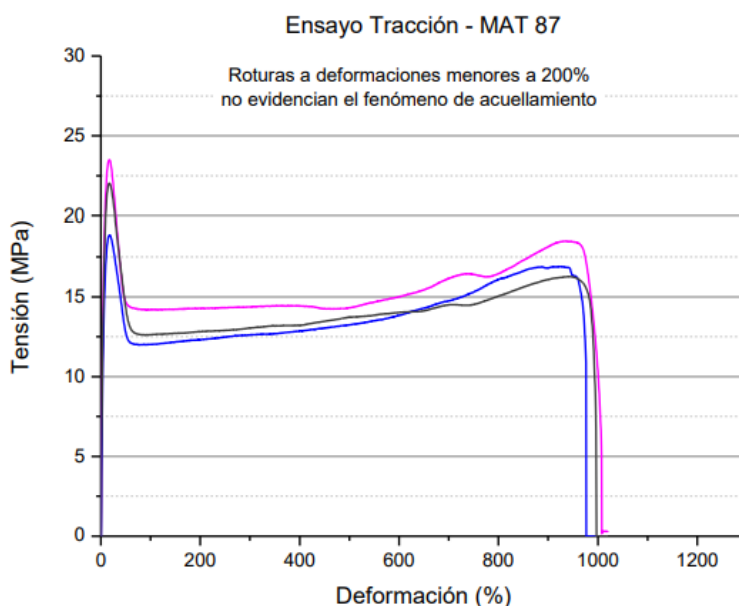


Figura 8. Curvas de tracción de probetas que acuellan.

En la Figura 9 se presentan la tensión de fluencia y la elongación a la rotura en contraste con el valor de calificación respectivo:

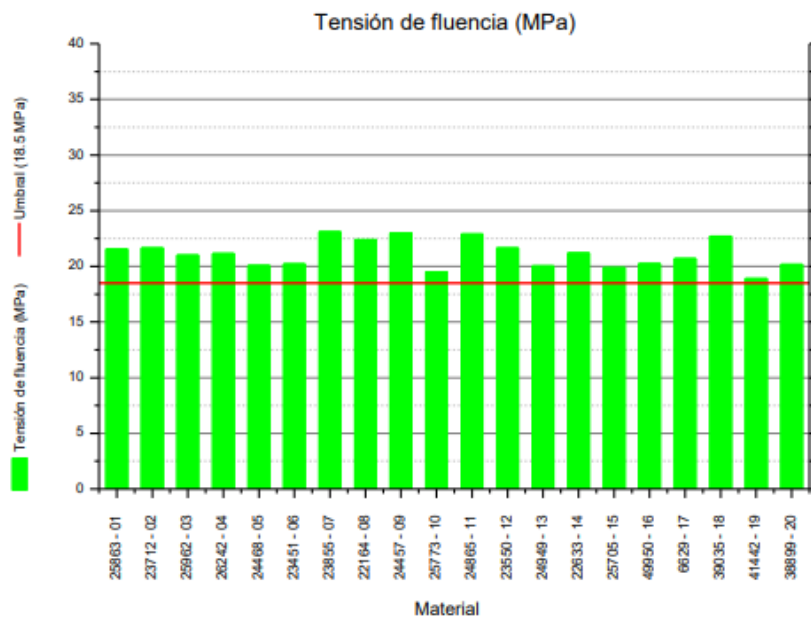


Figura 9. Gráfico de Tensión de Fluencia para algunas muestras

Se observó que todos los materiales presentan una tensión de fluencia mayor a 18,5 MPa requeridos por la norma de aplicación (CAN/CSA-Z245). En contraparte, para el caso de los resultados de deformación a la rotura, se observaron resultados dispares:

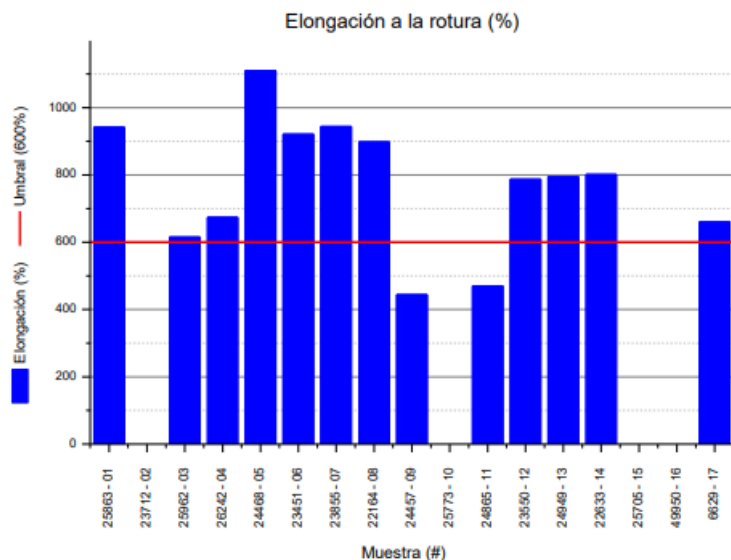


Figura 10. Gráfico de Elongación a la rotura para algunas muestras

La mayoría de las muestras presentaron valores de elongación superiores al 600% de deformación según requiere la mencionada norma, pero se observaron algunas muestras con valores menores y otras muestras cuyos valores fueron inferiores a 200%. Las probetas correspondientes a las muestras que no alcanzaron los valores de especificación presentaban indentaciones y marcas notorias que muy probablemente tuvieron una influencia negativa en el resultado. Para obtener valores más representativos del comportamiento del material sería necesario contar con muestras

sin marcas ni indentaciones, pero esto resulta dificultoso debido a la alta adherencia que presentó el revestimiento.

La **espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)** es una evaluación cualitativa con aproximación semicuantitativa de las especies químicas presentes. Se eligió este ensayo ya que podría indicar especies faltantes como signo de deterioro del polietileno. La técnica permite identificar enlaces químicos a través de la absorción de energía (infrarroja) característica de los distintos modos de vibración de los enlaces. La energía a la cual se observan estos modos de vibración depende, a su vez, de los grupos que se encuentren en el entorno del enlace. En la Tabla 3 se muestran algunas señales características que pueden encontrarse en muestras de polietileno comercial.

Los ensayos se realizaron mediante espectroscopía infrarroja en modo reflectancia total atenuada (ATR) en el rango $600\text{--}3800\text{ cm}^{-1}$ utilizando un cristal de diamante. Los espectros se obtuvieron a partir del promedio de 8 barridos por cada material.

Energía (cm^{-1})	Enlaces o Grupos Funcionales Asociados
720 y 1460	Señales relacionadas con la cristalinidad de la muestra.
910 – 990	Dobles enlaces $\text{C}=\text{C}$. Grupos vinilo y vinilideno.
1050 - 1200	Aditivos agregados a la formulación.
1180	Ramificaciones.
1270 – 1370	Formación de gel (entrecruzamiento).
1700 – 1780	Ácidos carboxílicos, cetonas y ésteres.
2800 - 3000	Estiramientos del enlace C-H .

Tabla 3. Ejemplo de las señales características de ciertos grupos funcionales.

Los resultados presentaron para todas las muestras los picos característicos del Polietileno, identificable por picos de alta intensidad de las tres regiones de frecuencia siguientes: $3000\text{--}2700\text{ cm}^{-1}$; $1500\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$; y $750\text{--}670\text{ cm}^{-1}$. A continuación se presenta un espectro de ejemplo correspondiente a la muestra MAT87-01.

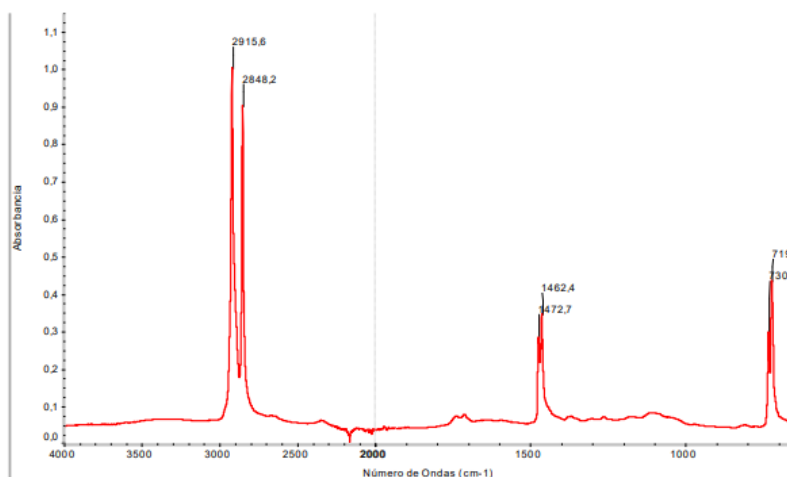


Figura 11. Espectro ATR-FTIR de la superficie externa de la muestra.

Los espectros de todas las muestras presentaron señales que no corresponden a la estructura de la molécula de polietileno en las regiones $1800\text{--}1660\text{ cm}^{-1}$ y $1200\text{--}940\text{ cm}^{-1}$. Estos picos podrían estar relacionados con aditivos necesarios para el procesamiento. Se observaron

diferencias en la intensidad relativa de estos picos entre las distintas muestras, aunque en todos los casos estuvieron presentes. Se muestra a continuación algunos ejemplos.

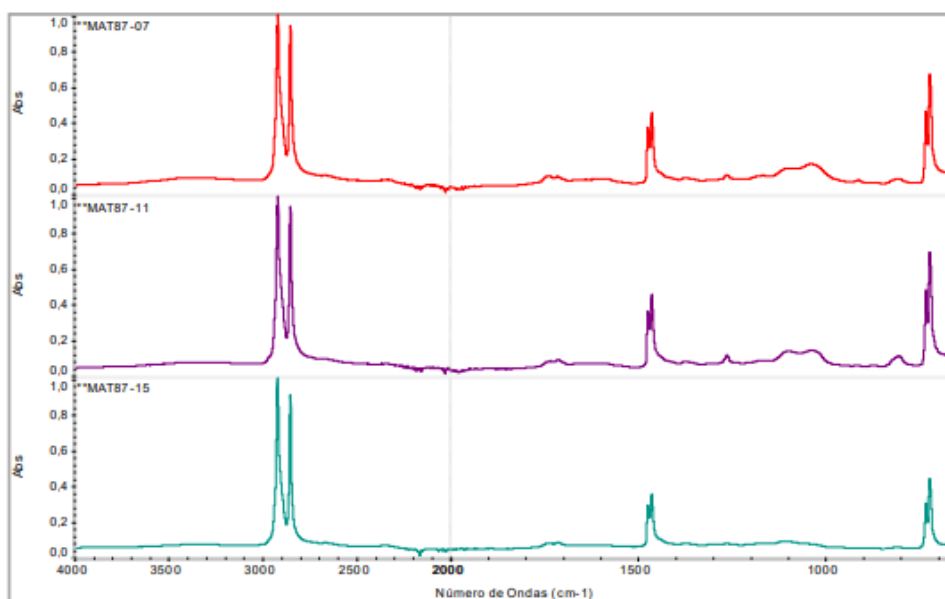


Figura 12. Espectro ATR-FTIR de la superficie externa de distintas muestras.

Los estudios reológicos y el Melt Flow Index permiten la evaluación de aspectos relacionados con la estructura de la red polimérica previendo fenómenos de envejecimiento a futuro. Los ensayos se realizaron en un Reómetro (Anton Paar MCR 301) utilizando la configuración de platos paralelos de diámetro 25 mm. Las muestras se fundieron en cámara térmica convectiva CTD600 en atmósfera de aire a 190°C. Una vez fundidas, se aplastaron desplazando el plato superior hasta obtener una capa homogénea de material de 1 mm de espesor. Como una medida de la repetitividad de las mediciones entre las muestras, se construyeron curvas promedio y un rango de validez a partir de 2 veces la desviación estándar obtenida de la construcción de las curvas promedio.

Los resultados de la reología mostraron una respuesta clásica para un material pseudoplástico en un rango de viscosidad rotacional propios del polietileno de alta densidad (a la temperatura de ensayo).

Dada la importancia tecnológica del parámetro MFI y con el objetivo de hacer una comparativa con lo requerido por la norma canadiense de aplicación, se llevaron a cabo ensayos de Melt Flow Index que cumplieron con el mínimo valor requerido por la norma (0,15 a 0,8 g/10 min).

El **Tiempo de Inducción a la Oxidación** puede dar indicio de la tendencia al deterioro en el polietileno. Los valores del tiempo de inducción a la oxidación se obtienen a partir de un estudio isotérmico a 200 °C, extendido durante 2 horas, realizado en un calorímetro diferencial de barrido (DSC) utilizando oxígeno como gas de barrido. Mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) se obtiene el calor entregado o extraído de la muestra en función, en este caso, del tiempo transcurrido. Si durante el período de estudio la muestra sufre cambios generados por procesos exo o endotérmicos (degradación por oxidación en este caso) los termogramas presentan, para compensar lo generado por la oxidación, un pico asociado con el flujo de calor extraído. El OIT se determina como el tiempo transcurrido desde el inicio del barrido isotérmico hasta el inicio de ese pico exotérmico y depende del contenido de antioxidantes incorporados como aditivos en la

formulación comercial. La variación del OIT podría ser una señal de la pérdida de estos aditivos y del consecuente deterioro del material.

Se determinaron adicionalmente la **Temperatura y el Calor de Fusión** para todas muestras ya que informan sobre la estructura cristalina del material. El polietileno es un material semicristalino. Las cadenas poliméricas tienen la capacidad de organizarse en estructuras cristalinas localmente. Las regiones entre cristales son amorfas (sin estructura). La determinación del punto de fusión (TF) y el calor requerido para fundir las estructuras cristalinas (DHF) da una indicación del tipo de polietileno.

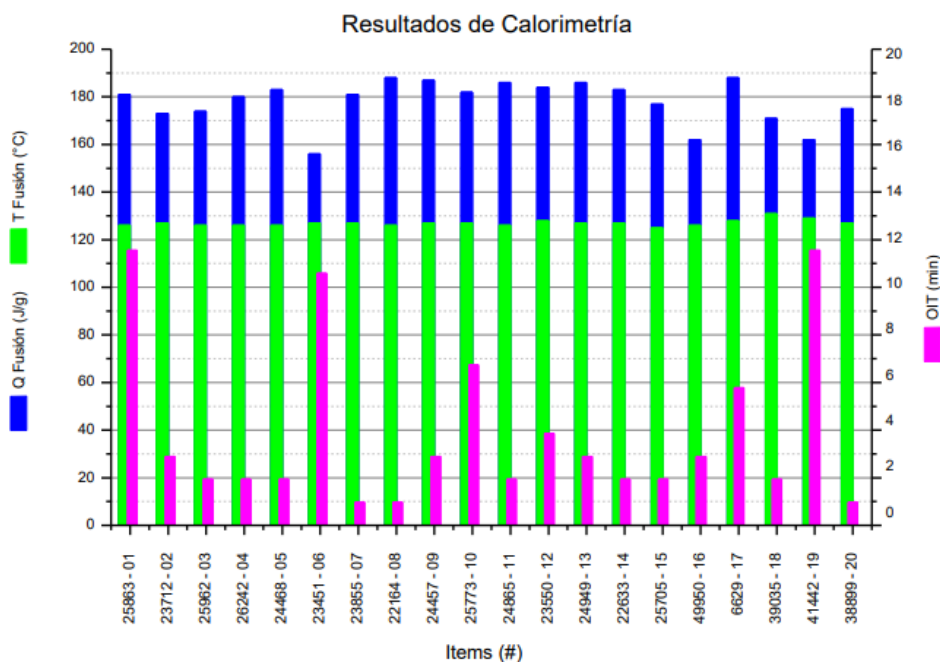


Figura 13. Resultados calorimetría y Tiempo de inducción a la oxidación

Los resultados de temperatura y calor de fusión obtenidos se corresponden con polietileno de media o alta densidad (MDPE o HDPE), resultando otro parámetro que indicó aptitud del revestimiento para el servicio.

En la Figura 13 se observan sólo 3 que cumplieron con el tiempo mínimo de 10 minutos que requiere la norma CAN/CSA-Z245 para el polietileno virgen. Para el caso de un polietileno de media o alta densidad, pueden existir variaciones en la susceptibilidad a la oxidación relacionadas con la existencia de aditivos de procesamiento.

A modo de verificación adicional a las muestras que NO cumplieran con el tiempo mínimo, el ensayo de Melt Flow Index (MFI) es también otro indicador de degradación que menciona la norma dentro de sus requisitos. El ensayo se realizó en un medidor de índice de fluidez INSTRON CEAST MF10 bajo norma ASTM D1238, a una temperatura de 190°C y un peso de pistón de 2,16 kg. El material se ensayó sin tratamiento térmico previo. Se determinó un MFI de 0,583 gr/10 min y 0.6032 g/10 min, que se encuentran **dentro de los valores de especificación para este material** (entre 0,15 y 0,8 gr/10 min para el polietileno virgen de alta densidad). Esto permite concluir que el no cumplimiento del mínimo tiempo de oxidación (OIT) de algunas muestras no estaría asociado a un proceso de degradación sino a la existencia de aditivos de procesamiento posterior, que alteraron esta variable.

Por otro lado, cabe destacar que las condiciones operativas no serían estimulantes para la oxidación, ya que las temperaturas serán menores a 50°C y no estarán expuestas a O₂ directo.

Analizando la documentación entregada por el cliente se verificó que las muestras que NO cumplían con el OIT no correspondían a una sola partida, descartándose algún problema de producción puntual.

Conclusión general sobre los ensayos físico-químicos al revestimiento

No existe en la normativa nacional ni internacional una práctica estandarizada para el mantenimiento de la cañería en stock y sobre los ensayos a realizar luego de una larga estiba para determinar su aptitud para el servicio. Es por ello que se seleccionaron algunos ensayos requeridos por la norma de fabricación del revestimiento, para el polietileno virgen. En la Figura 14 se muestra lo requerido por la norma CAN/CSA-Z245 – Section: External Polyethylene Coating for Pipe donde figuran los ensayos y criterios de aceptación que se desarrollaron en los puntos anteriores.

Table 3
Virgin polyethylene resin requirements
(See Clause 5.5.)

Test	Unit	Acceptance criteria			Test method
		Low density (LD) and linear low density (LLD)	Medium density (MD)	High density (HD)	
Density	g/cm ³	< 0.925	0.925–0.940	> 0.940	ASTM D792 or ASTM D1505
Elongation at break	%	600 minimum	600 minimum	600 minimum	ASTM D638; Type IV sample; crosshead speed 50 mm/min
Flow rate*	g/10 min	LD: 0.15–0.6 LLD: 0.5–2.0	0.1–1.0	0.15–0.80	ASTM D1238; 190 °C/2.16 kg
Hardness	Shore D	45 minimum	50 minimum	60 minimum	ASTM D2240
Heat aging†	MPa, %	At least 65% of original tensile stress at yield; minimum elongation of 150%	At least 65% of original tensile stress at yield; minimum elongation of 150%	At least 65% of original tensile stress at yield; minimum elongation of 150%	Clause 12.6
Tensile stress at yield	MPa	9.7 minimum	12.4 minimum	18.5 minimum	ASTM D638; Type IV sample; crosshead speed 50 mm/min
Oxidative-induction time in oxygen at 220 °C, aluminum pan, no screen	min	10 minimum	10 minimum	10 minimum	ASTM D3895
Brittleness temperature‡	°C	–70 or lower (for F ₂₀)	–70 or lower (for F ₂₀)	–70 or lower (for F ₂₀)	ASTM D746
Environmental stress-cracking resistance condition‡	h	300 minimum (for F50); Condition “C”	300 minimum (for F50); Condition “C”	300 minimum (for F50); Condition “B”	ASTM D1693; 100% Igepal®
Vicat softening point‡	°C	90 minimum	110 minimum	120 minimum	ASTM D1525

Figura 14 - Requerimientos para el polietileno virgen según Norma CAN/CSA-Z245.

Conclusiones

A raíz de todo lo discutido anteriormente se destacan las siguientes conclusiones:

- Si bien las cañerías son fabricadas para prestar servicio enterradas, lo cierto es que un gran porcentaje de ellas muchas veces permanece en estiba por largos períodos de tiempo.
- El diseño no contempla la exposición atmosférica en forma prolongada.
- Esta estiba en muchos casos se realiza en forma espontánea, sin programación y peor aún, sin un plan de mantenimiento ni una posterior evaluación de aptitud para el servicio.
- En función de los resultados obtenidos para todos los ensayos se pudo concluir que el revestimiento de las cañerías estibadas mantenía las propiedades adecuadas para su funcionamiento a las condiciones operativas consideradas para el diseño. No obstante, se recomendó la liberación caño por caño incluyendo limpieza interior, reconstrucción de la trazabilidad e identificación, ensayo de Holiday Detector y reparación de daños visibles de revestimiento.
- Con esta inspección conceptual:
 - Se contribuyó al lanzamiento de un proyecto de escala nacional que tenía por objetivo mitigar la crisis energética local.
 - Se evitaron postergaciones e inversiones extras en la compra de nuevas cañerías por más de MMU\$ 500.
 - Se evitó que frente a la urgencia se usara directamente esta estiba sin una evaluación previa.

Bibliografía

- [1] API 5L:2018 – API Specification 5L 46th Edition
- [2] CAN/CSA-Z245 - External Fusion Bond Epoxy Coating for Steel Pipe / External Polyethylene Coating for Pipe.
- [3] Lina Fadhil Kadhim, 2017, *Mechanical Properties of High Density Polyethylene/Chromium Trioxide under Ultraviolet Rays*, International Journal of Applied Engineering Research, Volume 12, p. 2517-2526.
- [4] DIN 30670 - Polyethylene coatings of steel pipes and fittings - Requirements and testing.
- [5] ASTM D638 – Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.

Bibliografía Adicional

ISO 11357-6 - Plastics. Differential scanning calorimetry (DSC) Determination of oxidation induction time (isothermal OIT) and oxidation induction temperature (dynamic OIT).

ISO 10640:2011 - Plastics — Methodology for assessing polymer photoageing by FTIR and UV/visible spectroscopy.

ISO 527-1 - Plastics. Determination of tensile properties General principles.

ISO 527-2 - Plastics. Determination of tensile properties Test conditions for moulding and extrusion plastics.

Breve CV de los autores

Autor: Andrea Moneta

Título y lugar de estudio: Ingeniera química egresada de la Universidad Tecnológica Nacional.

Trayectoria: 24 años de experiencia en protección anticorrosiva de ductos en la industria de Petróleo y Gas con Certificación NACE /AMPP CP3 (Tecnóloga en Protección Catódica), CIP 2 Inspectora en Revestimientos Nivel 2 y en proceso de certificación CI 2 Senior en Corrosión Interna. Participa activamente de la Comisión de Integridad de Ductos del IAPG y preside la Sub Comisión de Revestimientos de la misma Institución.

Cargo actual en la empresa: Especialista de Corrosión en GIE Group

Co-autor: Pellasio Maximiliano

Título y lugar de estudio: Ingeniero químico egresado de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Trayectoria: 3 años de experiencia en riesgo y corrosión de ductos en la industria de Petróleo y Gas. Cursando actualmente la diplomatura en Gestión de Proyectos. Participa activamente de la Comisión de Jóvenes Profesionales del IAPG y de la Sub Comisión de Revestimientos de la misma Institución.

Cargo actual en la empresa: Ingeniero Jr. de Corrosión e Integridad en GIE Group.