

OPTIMIZACIÓN DE LA FRECUENCIA DE LIMPIEZA INTERNA DE OLEODUCTOS

Pellasio, Maximiliano, OLDELVAL S.A, maximiliano.pellasio@oldelval.com

Pereira, Joaquin, OLDELVAL S.A, joaquin.pereira@oldelval.com

Marco del trabajo: Mecanismo de daño, control y mitigación

Sinopsis

En ductos de transporte de hidrocarburos líquidos históricamente la corrosión externa ha ocupado un rol principal, siendo la amenaza predominante (especialmente en ductos de antigüedad considerable). Sin embargo, la corrosión interna, aún en productos en especificación no debe menospreciarse. Una de las estrategias más difundidas para mitigar de este mecanismo de daño es la limpieza mecánica mediante scrapers. Sin embargo, no es sencillo definir esta frecuencia, ya que debemos de responder a preguntas como ¿cuáles son los factores que determinan dicha frecuencia? ¿es variable esta determinación o constante? ¿cada cuanto debo revisarla?, entre otras.

Con el fin de asegurar la integridad del activo, se analizó la información operativa, los resultados de inspecciones internas, registros de residuos sólidos recolectados y se ensayaron muestras sólidas en el laboratorio. Estos resultados permitieron establecer un límite de frecuencia mínima requerida para asegurar la integridad del ducto, discriminando en 3 categorías de prioridad, con frecuencias diferenciadas.

Este trabajo representa un estudio con información de ductos con más de 6 décadas de operación y que, aún hoy en día, conservan las condiciones adecuadas para su utilización. Además, podría ser aplicado por muchos otros operadores de oleoductos como base para poder entender mejor la problemática y poder optimizar sus procedimientos de limpieza interna.

Introducción

La industria del petróleo y el gas está en constante crecimiento en todo el mundo y ha evolucionado significativamente en las últimas dos décadas. En Argentina, así como en varios países del mundo, el crudo y el gas son transportados desde los yacimientos hacia plantas de tratamiento; y de allí hasta refinerías y ciudades.

Existen múltiples opciones para el propósito anterior, como transporte por barco, tren, entre otras. De ellas, la opción que destaca, son los ductos; siendo que proporcionan un excelente balance entre seguridad y costo.

No obstante, estos activos se encuentran sujetos a distintos mecanismos de daño a lo largo de su uso, lo cual implica que la integridad de este disminuye a medida que el tiempo avanza. Algunas de las amenazas que pueden generar lo anterior son la corrosión, las fuerzas naturales, daños efectuados por terceros, entre otras. En la Figura 1 se puede observar las estadísticas de incidentes acumulados desde 1993 hasta el año 2023 según el Registro de Incidentes de Ductos en Argentina (RIDA).[1]



Figura 1. Distribución de Incidentes acumulados según el 2do informe RIDA.

En cierta manera, lo anteriormente estipulado implica que los ductos tienen una vida útil, por lo que se vuelve indispensable la gestión de la integridad por parte de las operadoras que permita extender la vida remanente de las tuberías lo máximo posible (así como mitigar las eventuales consecuencias de una falla).

De los datos anteriores podemos observar que en términos generales la corrosión externa es la principal causa de falla. No obstante, cada una de estas amenazas deben de ser controladas y mitigadas, como es el caso particular de la corrosión interna.

En OLDELVAL S.A. esta última amenaza no había sido históricamente considerada como crítica, principalmente por dos razones:

- 1) El historial de fallas en ductos de transporte desde 1998 hasta la actualidad ha sido de 2 pinchaduras en 28 años.
- 2) Si se considera el historial de intervenciones de OLDELVAL S.A. desde 1998 a la fecha, la corrosión interna representa un 5% del total de indicaciones, y de estas, solo una minoría resultan representativas.

A pesar de lo anteriormente mencionado, aún en ductos de transporte de productos en especificación, esta amenaza está presente; siendo que un bajo corte de agua no es condición necesaria y suficiente de la no existencia de corrosión interna.

Dentro del plan de gestión de la integridad de la empresa, se realizan inspecciones internas inteligentes (In Line Inspection - ILI), lo cual permite monitorear el crecimiento de los defectos activos por corrosión. Un panorama de los resultados para las últimas campañas se presenta en la figura 2. Adicionalmente, al comparar los resultados con las excavaciones históricas (Figura 3) se observa una tendencia similar.

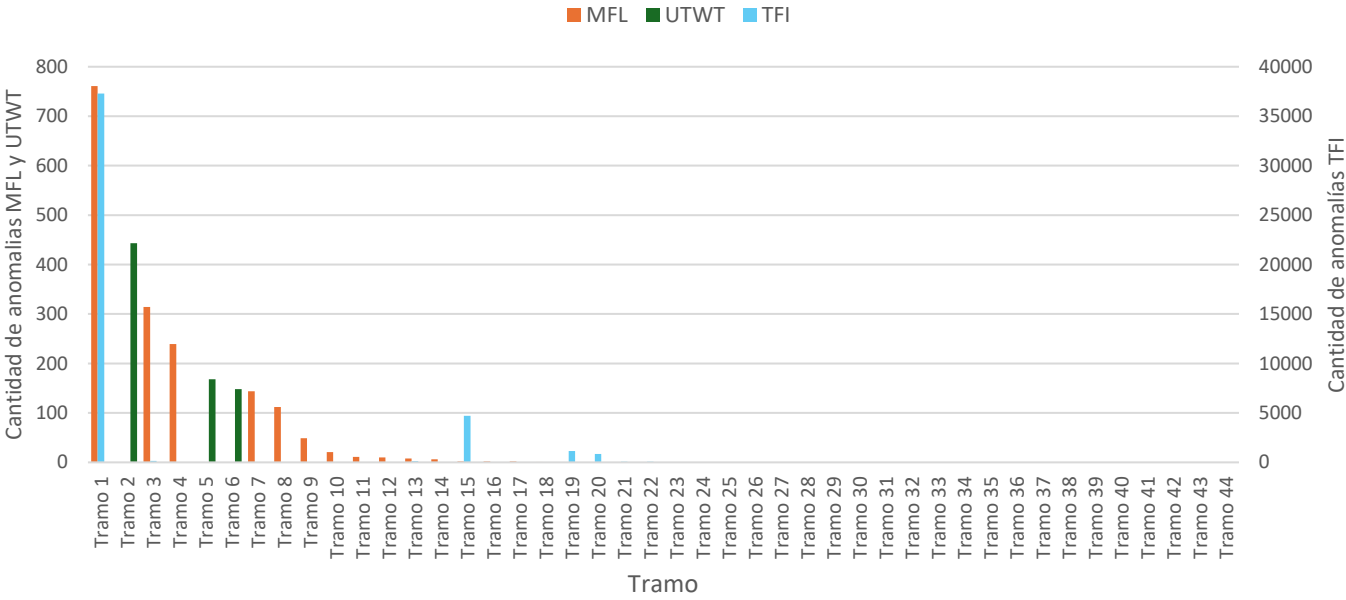


Figura 2. Conteo de indicaciones de pérdida de metal internas según última ILI para cada tramo.

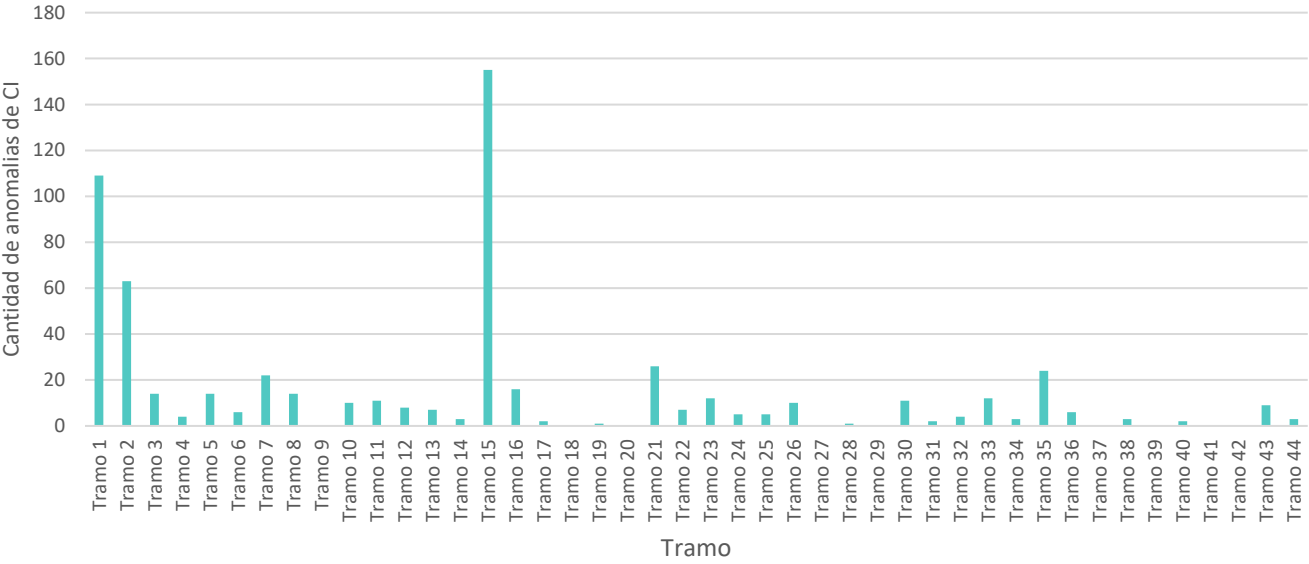


Figura 3. Cantidad de anomalías internas relevadas mediante inspecciones directas.

De lo anterior, se observa que la posible existencia de la amenaza de corrosión interna se encuentra focalizada sobre ciertos tramos de ductos, mientras que en el resto del sistema no se encuentran indicios de daño, a priori, por dicho mecanismo.

Las herramientas de inspección interna también permiten obtener información adicional. En la figura 4, se presentan los resultados para las indicaciones de pérdida de metal internas para el

Tramo 1. Si bien los resultados se presentan solo para dicho tramo, se ha encontrado que los resultados de otras ILI han sido similares.

Se destaca que las indicaciones se presentan sobre la media caña inferior, particularmente sobre la hora 06:00. Esto es un punto que suele ser coherente al analizar la amenaza de corrosión interna, siendo que el agua (electrolito) tiende a depositarse y/o acumularse en dicha zona por su gravedad específica.

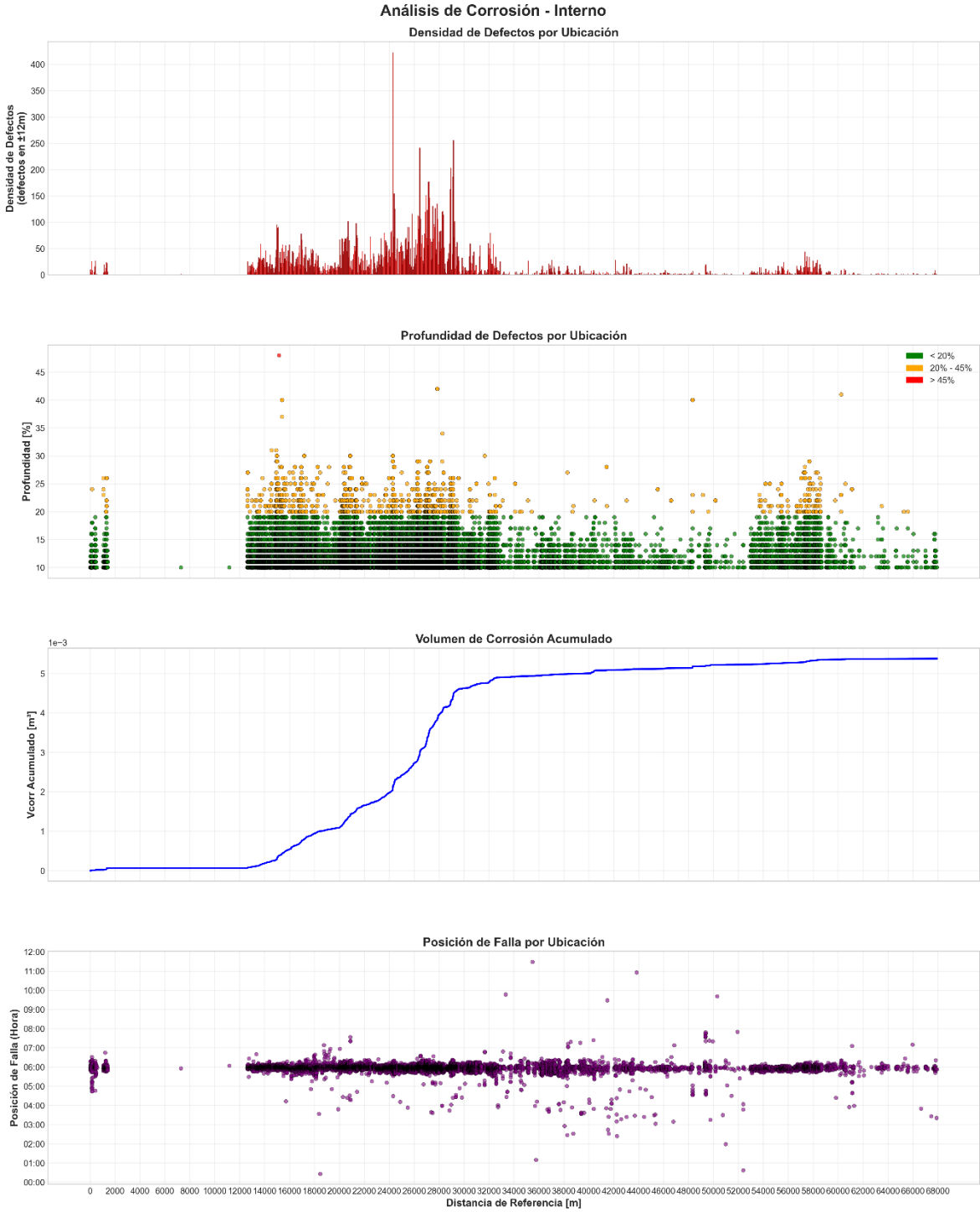


Figura 4. Profundidad de indicaciones, volumen corroído (m^3), posición horaria para el Tramo 1 (TFI).

Con la finalidad de mitigar el eventual daño por corrosión interna, los estándares internacionales, tales como NACE SP0106 establecen como medidas mitigativas las siguientes [2]:

- Aplicación de químicos (inhibidores de corrosión, biocidas, secuestrantes de oxígeno, etc.).
- Limpieza mecánica.
- Colocación de un revestimiento interno.

Los revestimientos internos son una alternativa que conlleva ciertas limitantes. En primer lugar, dificultan (o incluso impiden) el monitoreo ILI. A su vez, dependiendo del revestimiento interno, existen modos de fallas en los cuales se puede generar el colapso de este, induciendo una amenaza adicional.

Respecto a la alternativa de químicos, en la actualidad, solo se realiza para casos particulares en OLDELVAL S.A. Instalar un sistema de inyección de químicos implica una inversión económica significativa, sumada a los estudios previos necesarios para asegurar que los productos sean de utilidad y compatibles. Si bien es una alternativa que no se descarta, conlleva ciertas desventajas económicas, logísticas y prácticas frente a la limpieza mecánica.

En lo que respecta a esta última alternativa, es la que se aplica en todos los ductos en estudio. La configuración del scraper típicamente resulta de tipo disco sello, disco guía y cepillo, tal como se aprecia en la figura 5. Es el objetivo de este trabajo indicar la metodología establecida por OLDELVAL S.A. para definir una frecuencia óptima de limpieza mecánica desde el punto de vista de la integridad.



Figura 5. Configuración del scraper de limpieza actual.

Desarrollo

Para iniciar, los ductos en estudio mantenían todos como mínimo una determinación de una limpieza mecánica mensual. Siendo que cada tramo operado por OLDELVAL S.A. no se encuentra bajo las mismas condiciones de diseño, constructivas y operativas era esperable poder redefinir esto estableciendo criticidades para cada uno. Dentro del marco de este trabajo, un ducto más “crítico” se define a aquel que requiere de mayor frecuencia de limpieza.

Lo anterior implica que el sistema debe ser segmentado en partes que se comporten de forma similar frente a las condiciones anteriores. En esta primera segmentación se ha decidido tomar como base una delimitación según los puntos en donde se rebombea el crudo.

Por esto, se definieron 8 segmentos distintos (a partir de ahora llamados “corrientes”) que serán analizados de forma independiente. Dichas corrientes se representan esquemáticamente en la figura 6 y se detallan en la tabla 1.

Corriente N°	Tramos N°
1	2, 6, 14, 28, 34, 39 y 41
2	4, 5, 35 y 38
3	36
4	1, 13 y 20
5	15 y 24
6	29 y 30
7	3, 7, 8, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 40, 42, 43 y 44
8	9

Tabla 1. Segmentación del sistema.

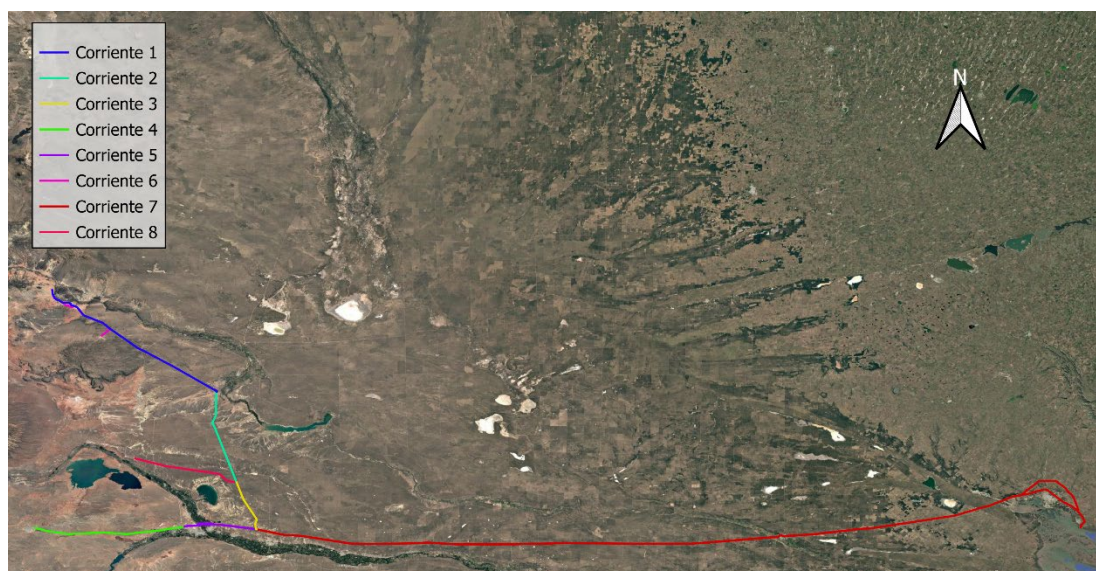


Figura 6. Definición de corrientes del sistema de oleoductos de OLDELVAL.

Una vez el sistema se subdividió en unidades distintas, se procedió al análisis independiente de cada una. Si bien existe bibliografía amplia sobre las variables que influyen al mecanismo de corrosión interna, hay poca información disponible sobre cómo se puede definir una frecuencia de limpieza mecánica.

La corrosión interna en activos lineales se genera en las zonas donde se vuelve posible la acumulación de agua libre. Dicha acumulación depende de múltiples factores, tales como la velocidad de flujo, la altimetría del ducto y el nivel de limpieza de la cañería.

La experiencia de la industria establece que con velocidades de flujo mayores 1 m/s en sistemas monofásicos que posean un contenido de agua menor al 20%, la acumulación de agua es poco probable [3]. En régimen de operación, la evaluación de corrosión interna es compleja, siendo que depende de propiedades como el “punto de inversión de emulsión” o la “humectabilidad” del fluido transportado.

La composición química de la fase acuosa (contenido de sales inorgánicas, gases disueltos, etc.) es otro indicador de la potencial corrosividad. Sin embargo, actualmente y debido al corte de agua del fluido, no ha sido posible realizar dicho muestreo.

Por otro lado, existe el efecto del contenido de parafinas. Las parafinas son una mezcla de hidrocarburos alifáticos y aromáticos, resinas, asfaltos y naftenos. Este parámetro presenta una dualidad, siendo que la tendencia a parafinar del crudo genera una capa protectora sobre la pared del ducto, pero de quedar agua atrapada, se generan celdas locales de corrosión. En términos generales y a modo esquemático, la tendencia de inhibición del crudo se presenta en la figura 7.

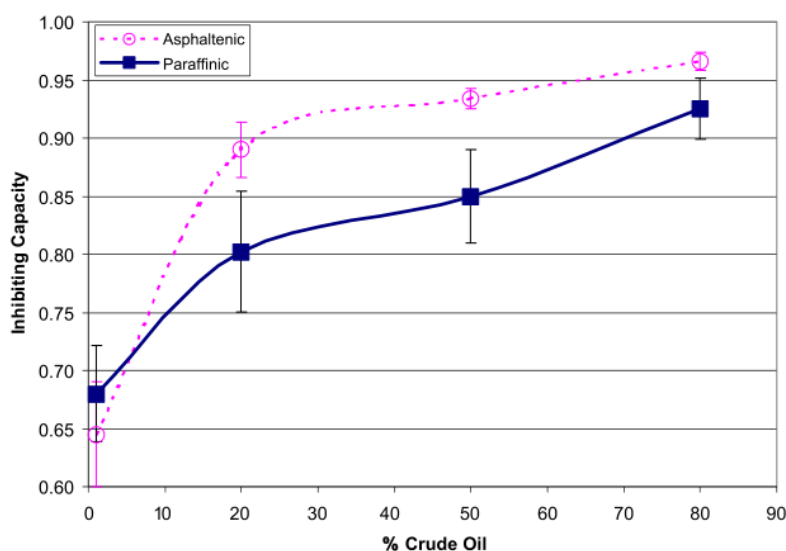


Figura 7. Tendencia inhibidora del crudo según composición parafínica y/o asfáltica. [3]

Otro punto relevante al analizar la amenaza de corrosión interna es la corrosión inducida microbiológicamente (MIC). Dicho mecanismo es resultado de la presencia y actividad de microorganismos que pueden generarla (principalmente bacterias). En la industria del Oil & Gas, las bacterias que han demostrado ser más conflictivas son las APB (Acid Producing Bacteria) y las SRB (Sulfate Reducing Bacteria).[4]

Los microorganismos responsables del MIC se encuentran típicamente en las biopelículas en las superficies metálicas, por lo que son las más relevantes. Las bacterias que se encuentran adheridas a las superficies se denominan sésiles, mientras que las que se encuentran en el seno del fluido son llamadas planctónicas. Para este mecanismo de daño, una variable de especial importancia es la velocidad de flujo y el régimen de operación (intermitente/continuo). En condiciones de bajas velocidades de flujo (o fluido estanco), se facilita la deposición y formación de las biopelículas sobre las superficies metálicas.

En este contexto, el equipo de OLDELVAL S.A. planteó un esquema secuencial de trabajo que sería idéntico para cada corriente. Dicho esquema se presenta en la Figura 8 y busca cuantificar las variables que permitirían delinear un esquema de priorización.

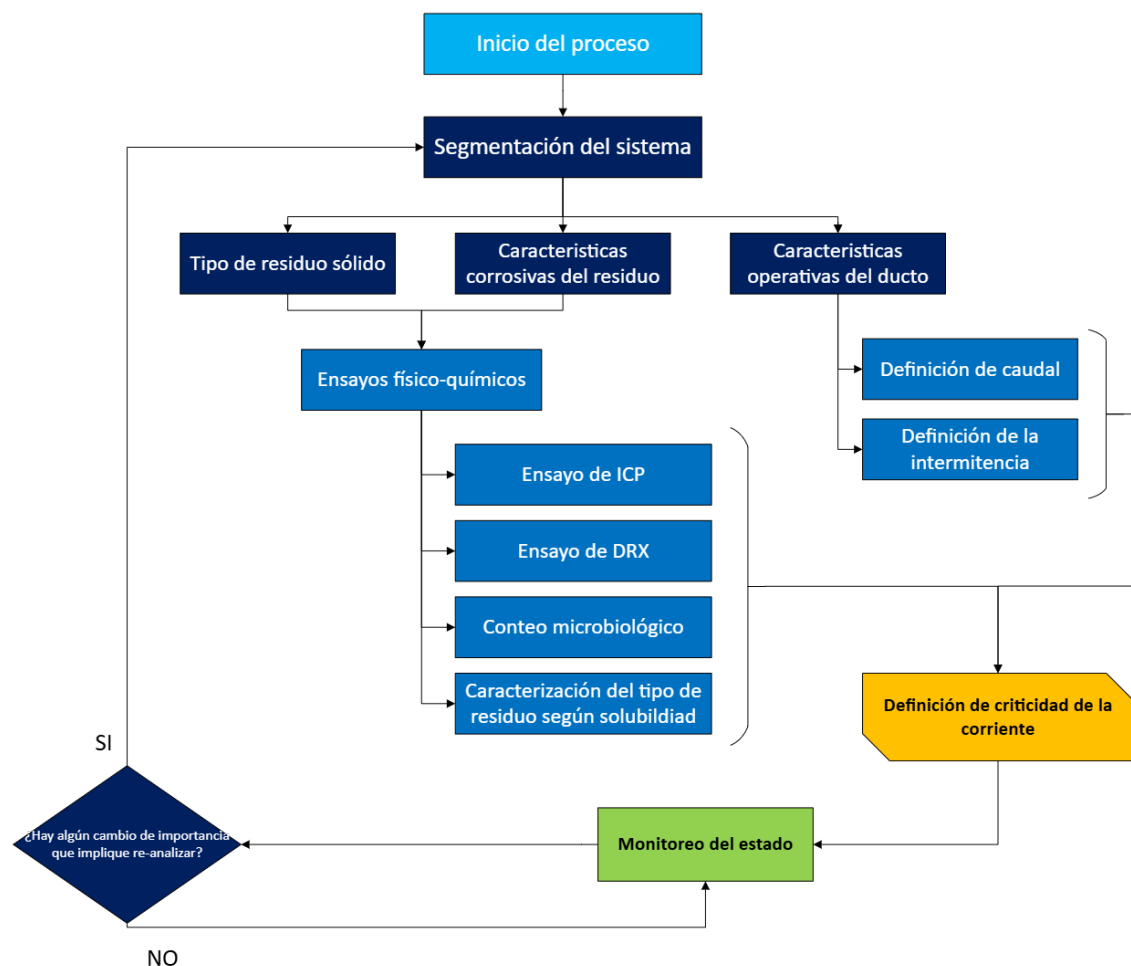


Figura 8. Diagrama de trabajo para la definición de la criticidad de las corrientes.

Los ensayos que se definieron como críticos para caracterizar los residuos y las variables de interés fueron:

- Porcentaje de solubles en solvente (Parafinas).
- Porcentaje de Insolubles en solventes.
- Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado (ICP).
- Difracción de rayos X de insolubles en solvente.
- Cuento bacteriológico por dilución seriada.

Los estudios de ICP y DRX se plantearon para permitir identificar la presencia de productos y/ fases que brindarían información complementaria para estudiar la corrosión interna.

El conteo microbiológico por dilución seriada, si bien tiene sus limitaciones (los medios de cultivo permiten el crecimiento de entre un 1 y 10% de la población de bacterias), se establece como un primer ensayo para establecer un primer ranking de criticidad.

Adicionalmente se realizaron otros ensayos sobre las muestras para conocer algunas propiedades adicionales:

- Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) de insolubles en solvente.
- Humedad.
- Punto de fusión.
- Punto de solidificación.
- Destilación simulada.

Los resultados de los ensayos se presentan en la tabla 2 a 4.

Corriente	Contenido de parafinas (%)	Solubles en agua (%)	Solubles en ácidos (%)	Insolubles (%)
Corriente 1	79.71	1.01	12.62	6.66
Corriente 2	99	0.05	0.5	0.45
Corriente 3	Sin residuos en la limpieza			
Corriente 4	98.93	0.1	0.6	0.37
Corriente 5	84.96	2.02	9.5	3.52
Corriente 6	99.78	0.05	0.1	0.07
Corriente 7	99.35	0.1	0.15	0.4
Corriente 8	92.8	0.2	6.3	0.7

Tabla 2. Resultados de los parámetros generales de las muestras sólidas.

Muestra	Compuesto (% de la muestra)																				
	Si	Al	Fe	K	Cl	Na	Ca	Mg	S	P	Ti	Mn	Cu	Ni	V	Mo	Sr	Pb	Zn	La	Ba
Corriente 1	5.0	4.0	27.3	0.1	5.9	1.0	1.2	4.4	11.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.7
Corriente 2	15.0	5.0	53.0	0	0	0	5.0	0	10	0	0	12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corriente 3	Sin residuos en la limpieza																				
Corriente 4	28.0	0	35.5	4.7	0	0	0	0	0	0	0	3.7	0	0	0	0	0	0	0	14.0	14.0
Corriente 5	3.7	1.1	30.9	1.5	6.8	6.6	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.0	0.3	0.4	0.0	19.1
Corriente 6	22.7	0	45.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corriente 7	33.8	0	0	23.1	15.4	9.2	12.3	0	0	0	0	0	6.2	0	0	0	0	0	0	0	0
Corriente 8	11.8	0	35.6	7.6	7.8	8.6	16.9	6.9	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7

Tabla 3. Resultados relativos de ICP-OES en muestras sólidas

Muestra	Cuarzo (%) - SiO ₂	Halita (%) - NaCl	Magnetita (%) - Fe ₃ O ₄	Grafito (%) - C	Barita (BaSO ₄)	Amorfo (%)
Corriente 1	No se pudo determinar por una cantidad de muestra pequeña					
Corriente 2	0	0	5.5	0	0	94.5
Corriente 3	Sin residuo en la limpieza					
Corriente 4	0	0	17.6	35.4	47	0

Muestra	Cuarzo (%) - SiO ₂	Halita (%) - NaCl	Magnetita (%) - Fe ₃ O ₄	Grafito (%) - C	Barita (BaSO ₄)	Amorfo (%)
Corriente 5	No se pudo determinar por una cantidad de muestra pequeña					
Corriente 6	No se pudo determinar por una cantidad de muestra pequeña					
Corriente 7	13.5	1.5	35.6	0	0	49.4
Corriente 8	14.55	0.85	25.2	0	0	59.4

Tabla 4. Resultados de DRX sobre insolubles en solvente.

Respecto a las variables operativas, el equipo de OLDELVAL S.A. estudió 3 parámetros clave:

- 1) Corte de agua.
- 2) Velocidad lineal de flujo.
- 3) Intermitencia de flujo.

Se procedió a recolectar la información de los controles periódicos que se realizan en los cargaderos y puntos de recepción de crudo. La información se recolectó tanto para el año 2024, como para el año 2025. Se presenta un resumen en la tabla 5.

Punto de toma de muestra	Promedio (%WS)	Mínimo (%WS)	Máximo (%WS)
Corriente 1, 2 y 6	0.058	0.022	0.150
Corriente 3	0.171	0.002	0.548
Corriente 4 y 5	0.126	0.034	0.352
Corriente 7	0.155	0.083	0.278
Corriente 8	0.097	0.002	0.353

Tabla 5. Resumen del corte de agua de las corrientes.

Para el caso de las velocidades de flujo, se decidió modelar estadísticamente la distribución de velocidades de flujo, de forma de determinar parámetros representativos. A modo de ejemplo, se representan en la Figura 9 la distribución de velocidades de la corriente 1 y 2, pero la misma metodología fue realizada para el resto de las corrientes.

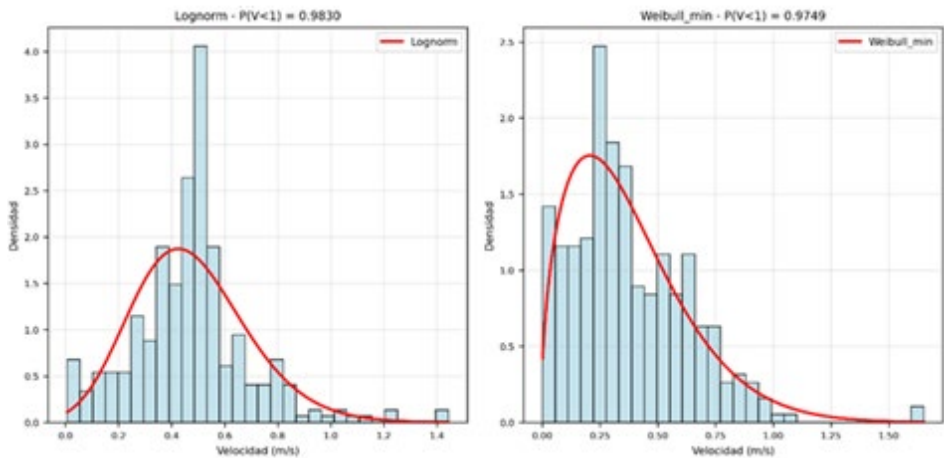


Figura 9. Histograma y ajuste estadístico de velocidades para el periodo 2024-2025 - Corriente 1 (izquierda) y 2 (derecha).

Con el fin de sintetizar la información y presentarla de forma más clara, se presenta un resumen de indicadores de importancia para cada corriente en la tabla 6.

Corriente	Bacterias SRB (UFC/mL)	Bacterias APB (UFC/mL)	Media de la distribución de velocidad (m/s)	Porcentaje de tiempo $v < 1$ m/s	Porcentaje de tiempo sin flujo	% Parafinas de muestra sólida
Corriente 1	1E+05	1E+05	0.41	98%	36.38%	79.71%
Corriente 2	0	1E+02	0.23	97%	73%	99%
Corriente 3	Sin residuos	Sin residuos	2.1	0%	0.68%	Sin residuos
Corriente 4	1E+03	1E+02	0.25	100%	7%	99%
Corriente 5	1E+03	1E+03	0.45	100%	0.2%	85%
Corriente 6	0	1E+03	0.05	100%	53%	99%
Corriente 7	1E+02	1E+02	1.9	0%	1.2%	99%
Corriente 8	1E+02	1E+02	0.63	100%	0.87%	93%

Tabla 6. Resumen de indicadores.

Una vez se recolectó toda la información de cada corriente, el equipo de integridad decidió establecer 3 niveles de criticidad. La clasificación de las corrientes según su frecuencia se realizó basada en los resultados del análisis precedente.

Los niveles de criticidad resultaron:

- 1) **CRITICIDAD ALTA:** Son aquellas corrientes para las cuales se establece una frecuencia de limpieza cada 2 semanas.
- 2) **CRITICIDAD MODERADA:** Son aquellas corrientes para las cuales se establece una frecuencia de limpieza cada 4 semanas.
- 3) **CRITICIDAD LEVE:** Son aquellas corrientes para las cuales se establece una frecuencia de limpieza cada 8 semanas.

CORRIENTE 1: Esta corriente presenta un escenario de riesgo elevado debido a la convergencia de factores hidráulicos y biológicos. Se registraron múltiples indicaciones de pérdida de metal interna, lo cual es técnicamente consistente con un régimen de flujo intermitente (36% del tiempo) y velocidades inferiores a 1 m/s, condiciones que favorecen la sedimentación de sólidos y la acumulación de agua.

El factor agravante es el conteo microbiano sésil, que alcanza niveles críticos (10^5 UFC/mL). La presencia simultánea de azufre y hierro en los ensayos de ICP, analizada junto a la microbiología, permite inferir una posible actividad biogénica activa (SRB) y procesos de corrosión localizada.

Por ello se clasifica a esta corriente como de **CRITICIDAD ALTA**.

CORRIENTE 2: A pesar de no presentar conteos bacterianos elevados en las muestras analizadas, esta corriente posee factores operativos que aumentan la susceptibilidad a procesos de corrosión interna, tales como una intermitencia del 73% en los últimos años y velocidades de flujo bajas.

Aunque el ICP detectó sulfuro y hierro de forma independiente, la ausencia de mackinawita en el DRX sugiere la presencia de sulfuros de hierro amorfos o la degradación de estos productos por exposición al oxígeno durante el muestreo y transporte. La detección de magnetita podría confirmar procesos de oxidación en curso.

Dado que los tramos 4 y 5 ya reportan pérdidas de metal internas, se define clasificar a esta corriente como de CRITICIDAD ALTA.

CORRIENTE 3: En este segmento no se logró la recuperación de residuos durante las tareas de limpieza, lo cual podría interpretarse como un signo positivo. Este hallazgo es coherente con los parámetros hidráulicos reportados, donde las velocidades de flujo son elevadas (media de 2.1 m/s y mínima de 1.1 m/s).

No obstante, ante la ausencia de muestras sólidas para ensayos fisicoquímicos que descarten totalmente la amenaza, se ha definido una CRITICIDAD MODERADA, sujeta a la incorporación de nuevos datos de inspección.

CORRIENTE 4: Este tramo combina factores de flujo desfavorables (bajas velocidades) con una población bacteriana en niveles moderados (10^3 UFC/mL).

Si bien los ensayos fisicoquímicos no identificaron sulfuros típicos de SRB, la detección de magnetita podría evidenciar la degradación del acero. Un hallazgo de interés es la presencia de Bario en el ICP, el cual es un elemento ajeno al acero que podría confirmar el arrastre del compuesto desde el agua de formación desde los yacimientos.

Asimismo, el hallazgo de grafito en el DRX es inesperado y deberá ser estudiado para averiguar su procedencia.

El historial de intervenciones por corrosión interna y los reportes de la última inspección ILI permiten definir a la corriente como de CRITICIDAD ALTA.

CORRIENTE 5: La situación de la Corriente 5 refleja los riesgos de la Corriente 4, con una población bacteriana moderada y velocidades de flujo bajas.

Nuevamente, la detección de Bario podría venir desde el agua de formación de los yacimientos. Los resultados de la última inspección ILI muestran indicaciones de corrosión interna que, sumadas al historial de intervenciones por esta misma amenaza, obligan a mantener una clasificación de CRITICIDAD ALTA para prevenir un eventual avance.

CORRIENTE 6: A pesar de la ausencia de un conteo bacteriano significativo, la Corriente 6 presenta un riesgo elevado derivado de su régimen operativo intermitente, permaneciendo fuera de servicio el 53% del tiempo.

Esta condición de estancamiento, sumada a las bajas velocidades de flujo, facilita el desarrollo de celdas de corrosión internas.

Aunque el ICP no detectó sulfuros en esta instancia, la falta de operatividad continua y la posibilidad de acumulación de sedimentos no removidos mantienen la incertidumbre sobre la progresión del mecanismo. Por lo anterior se define esta corriente como de CRITICIDAD ALTA.

CORRIENTE 7: Siendo el segmento más extenso del sistema (23 tramos), presenta condiciones operativas favorables. Los caudales elevados garantizan velocidades de flujo altas para minimizar la acumulación de agua y sedimentos. Los conteos de bacterias sésiles son relativamente bajos (10^2 UFC/mL) y las inspecciones internas no muestran pérdidas de metal significativas.

La detección de magnetita, en ausencia de sulfuros o carbonatos, generan que se proponga un esquema de monitoreo preventivo para asegurar que las condiciones operacionales se mantengan constantes, pero definiendo a la corriente como de CRITICIDAD LEVE.

CORRIENTE 8: En esta corriente, aunque las velocidades de flujo son reducidas, no se han detectado conteos bacterianos elevados. Los análisis de ICP y DRX descartaron la presencia de sulfuros o carbonatos de hierro.

La existencia de magnetita es el único indicador de un eventual proceso corrosivo, pero al no contar con el respaldo de otros agentes, se categoriza como de CRITICIDAD MODERADA.

En resumen, el sistema quedaría gráficamente definido tal como se aprecia en la Figura 10.

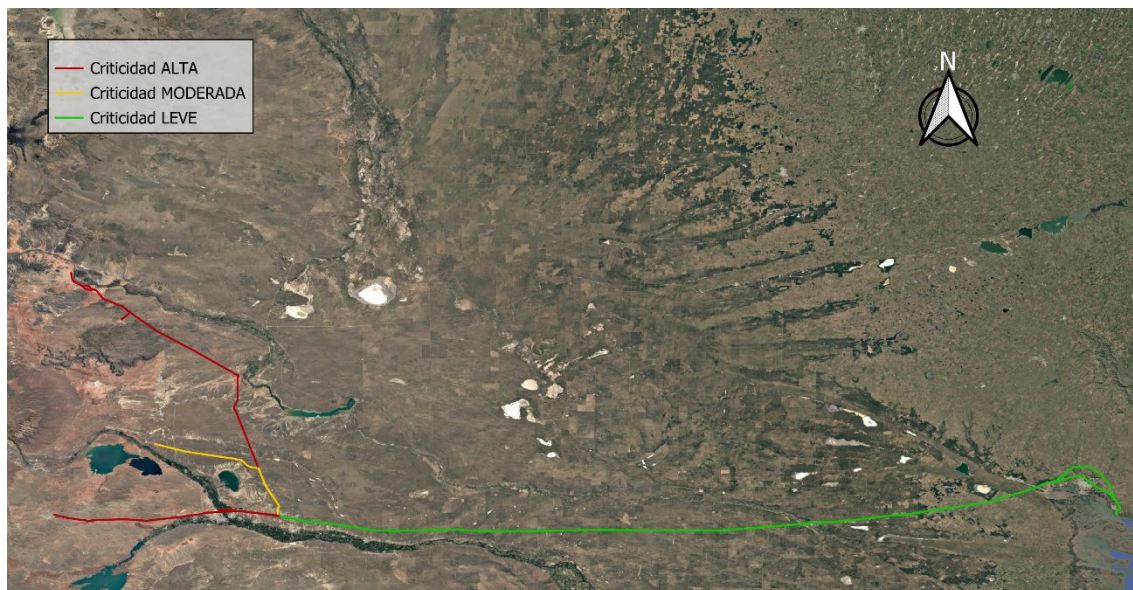


Figura 10. Representación de criticidad sobre el sistema.

Trabajo futuro

En base a estas nuevas frecuencias se plantea el monitoreo cuatrimestral mediante una metodología análoga aquí presentada para realizar correcciones según sea necesario. Esto también permitirá la realización de líneas base (“Baselines”) para definir KPI específicos respecto al riesgo de corrosión microbiológica.

En paralelo se plantea realizar una ingeniería con expertos en scrapers de limpieza para optimizar el diseño y la configuración de los mismos, de forma de asegurar una eficiencia idónea durante las corridas.

Adicionalmente, se realizarán modelados hidrodinámicos basados en la norma NACE SP0208 para definir los puntos más críticos de la traza. En los sitios críticos que se definan, se instalarán instrumentos de monitoreo de corrosión interna mediante un medidor de ultrasonido fijo. Esto permitirá evaluar el potencial avance de la amenaza.

Conclusión

El análisis integral de las variables operativas, los registros históricos de inspecciones internas, los estudios físico-químicos y microbiológicos, así como la caracterización de los residuos sólidos provenientes de las limpiezas, permitió establecer una diferenciación robusta de los niveles de criticidad asociados a la corrosión interna en los ductos analizados. Este enfoque metodológico, de carácter semi-cuantitativo, integró información proveniente de múltiples fuentes para conformar una base sólida y técnicamente consistente para la toma de decisiones en materia de integridad.

A partir de esta evaluación sistematizada se definió un procedimiento claro y reproducible para la determinación de la frecuencia mínima de limpieza interna, orientado a preservar la integridad de los activos. El esquema resultante permitió clasificar las corrientes en tres categorías de frecuencia; quincenal, mensual y bimensual; cada una respaldada por criterios técnicos verificables y coherentes con el comportamiento hidráulico, microbiológico y operativo de los ductos.

Como resultado de dicha clasificación, se estableció que 23 tramos requieren limpieza cada ocho semanas, 2 tramos deben ser limpiados con frecuencia mensual y 18 tramos demandan una frecuencia quincenal, asignación que posibilita una distribución más eficiente de los recursos hacia los segmentos con mayor nivel de riesgo.

Si bien el proceso demostró ser robusto y consistente, su aplicación requiere revisión periódica, dado que variaciones en las condiciones operativas, microbiológicas o hidráulicas pueden modificar el nivel de criticidad originalmente definido.

En síntesis, los resultados evidencian que una metodología integral, sistemática y sustentada en datos permite definir planes de limpieza orientados a la conservación de la integridad estructural de los ductos y a la optimización de los recursos operativos, fortaleciendo así la gestión del riesgo asociado a la corrosión interna.

Referencias

- [1] 2do informe del “Registro de Incidentes en Ductos de la Argentina”, 2024, Instituto Argentino del petróleo y del gas, disponible en: <https://iapg.org.ar/documentos-iapg/>.
- [2] NACE SP106, “Control of Internal Corrosion in Steel Pipelines and Piping Systems”, 2018.
- [3] “Corrosion Control in the Oil & Gas Industry”, 2013, Papavinasam S, Gulf Professional Publishing.
- [4] NACE International Publication 31205 – 2006: “Selection, application and evaluation of biocides in the Oil & Gas Industry”.

CV autores:

Maximiliano Pellasio:

Ingeniero Químico – Oleoductos del Valle S.A.

Cipolletti, Río Negro | maximiliano.pellasio@oldelval.com

Ingeniero Químico egresado de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Actualmente se desempeña como Referente de Corrosión en Oleoductos del Valle S.A., participando en tareas de monitoreo y mitigación de corrosión externa e interna y evaluaciones de integridad.

Certificado como Cathodic Protection Technician

Miembro de la comisión de integridad y revestimientos anticorrosivos del Instituto Argentino de Petróleo y Gas.

Vicepresidente de la comisión de jóvenes profesionales del IAPG - Seccional Buenos Aires.

Joaquin Pereira:

Ingeniero Mecánico – Oleoductos del Valle S.A.

Cipolletti, Río Negro | joaquin.pereira@oldelval.com

Ingeniero mecánico egresado de la Universidad Nacional de La Plata. Actualmente se desempeña como ingeniero de integridad mecánica en Oleoductos del Valle S.A., participando en tareas de inspección interna de ductos, evaluaciones de integridad, elaboraciones de planes de respuesta, verificaciones de campo y reparaciones de oleoductos.

Certificado por API 570 – Piping inspector