

Monitoreo de Corrosión en Pozos: Sistema Móvil

¹A.Blanco, ²J.Barrueta, ³F.Iuliano, ⁴V.Emiliani, ⁵M.Bragagnolo ⁶A.Novelli

¹ PAE L.L.C. — Mendoza 51 — Neuquen. — Argentina — ABlancoMartinez@pan-energy.com

² PAE L.L.C. — CABA — Bs. As. — Argentina — jbarruetabrito@pan-energy.com

³ PAE L.L.C. — CABA — Bs. As. — Argentina — fiulianoferrero@pan-energy.com

⁴ PAE L.L.C. — CABA — Bs. As. — Argentina — vlemiliani@pan-energy.com

⁵ PAE L.L.C. — CABA — Bs. As. — Argentina — mbragagnolo@pan-energy.com

⁶ Sintec S.A. - Colón 3083 8º Piso - Mar del Plata — Bs. As. — Argentina — anovelli@sintecsa.com.ar

1. Sinopsis

El presente trabajo se desarrolló en las siguientes áreas operadas por PAE: Aguada Pichana Oeste, Aguada de Castro en pozos productoras de Shale Gas, y en el área Coirón Amargo Sureste, con foco exclusivo en pozos productores de Shale Oil.

Al momento de implementar el sistema no se disponía de registros provenientes de mediciones de velocidad de corrosión en los pozos mencionados, sino que se aproximaba su comportamiento mediante una combinación de simulación y monitoreo de parámetros fisicoquímicos-gaseosos, para inferir indirectamente la incidencia de potenciales mecanismos de daño.

Para abordar este gap de incidencia clave en la integridad de instalaciones de pozos no convencionales, se implementó un programa de monitoreo soportado en tecnología móvil, que simultáneamente permite medir velocidad de corrosión instantánea in situ y aproximar mecanismo dominante, bajo las condiciones equivalentes a la que está sometida la instalación.

El sistema de monitoreo combina una interfaz que permite acoplarse físicamente en BDP con un potenciostato portátil que habilita la medición instantánea de variables electroquímicas (velocidad de corrosión y condición superficial). Las mediciones electroquímicas se llevan cabo con sensores de 3 y 5 electrodos, sometidos a condiciones locales (P, T y fluido), sobre los que se llevan a cabo ensayos no destructivos (resistencia de polarización lineal e impedancia electroquímica), cuyo output permite determinar tasa instantánea de pérdida de metal, variables de control del proceso corrosivo y mecanismo probable (gases agresivos – bacterias).

Los objetivos clave del programa WIMS (PAE), vinculados al monitoreo de corrosión de pozos no convencionales, son los siguientes:

1. Determinación de la dinámica de pérdida de metal y aproximación de mecanismos corrosivos causales, como soporte para la estrategia de mitigación en curso.
2. Evaluación de la performance de sistemas de mitigación en servicio (inhibidor de corrosión, secuestrante de O₂ y bactericida), por medición directa de su impacto en tasa instantánea de corrosión libre.

Como instancia inicial del programa se realizó una primera campaña de monitoreo en pozos de Aguada Pichana, Aguada de Castro Sur y Coirón Amargo, en un total de 10 unidades. Como resultado inicial se cuantificaron velocidades de corrosión y se determinaron mecanismos activos, cuyo aporte clave al sistema WIMS se resume en los siguientes puntos:

1. Confiabilidad de las técnicas: en todos los casos se observó correspondencia entre ambas técnicas EIS (espectroscopia de impedancia electroquímica) y RP (resistencia de polarización), lo que efectivamente permite validar los resultados obtenidos.
2. Caracterización: ambas técnicas permitieron identificar y discriminar los sistemas más agresivos, aun cuando en esta primera muestra se verifica que, a nivel general, prácticamente la totalidad de los pozos ensayados presentan tasas dentro del rango alto.
3. Cuantificación: los resultados de ensayo proporcionaron el dato instantáneo de velocidad de corrosión en todos los casos, por lo que se pudo retroalimentar el predictivo de vida remanente de cada pozo analizado.

Adicionalmente se verificó la incidencia y potencial ajuste del tratamiento químico en dos pozos del sistema APO, lo cual abrió la oportunidad latente de optimizar la inyección.

Palabras clave: Corrosión – Gestión - Monitoreo – Tratamiento – Predictivo – CMAS - No Convencional - Convencional

2. Introducción

El Programa de Monitoreo WIMS involucra la medición, registro, procesamiento y realimentación de todos los parámetros directamente relacionados con la corrosión interna que afectan la integridad de barreras de pozos en servicio. Los mecanismos corrosivos contemplados en este programa incluyen:

- Corrosión inducida por gases agresivos (oxígeno, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno).
- Corrosión microbiológica.

Esta iniciativa se fundamenta en el uso de técnicas electroquímicas¹, utilizando un equipo que permite medir bajo condiciones equivalentes a las que está sometido el tubular de producción y las instalaciones de boca de pozo (esquema en Figura 1). Las mediciones electroquímicas²⁻³ se llevan a cabo en sensores (celdas de 3 y 5 electrodos - Figura 2), sometidos a las condiciones locales (presión – temperatura – fluido), por medio de ensayos no destructivos que proporcionan parámetros directamente relacionados con el proceso corrosivo: potencial electroquímico, corriente de corrosión y otros representativos del comportamiento superficial (doble capa). Las técnicas electroquímicas presentan las siguientes ventajas comparativas con respecto a cualquier otra utilizada en la industria:

- Permiten la determinación de velocidades de corrosión instantánea y el análisis de mecanismos corrosivos.
- Habilitan la evaluación de la performance de sistemas de mitigación en servicio (inhibidores de corrosión, secuestrantes químicos, bactericidas).
- Facilitan el estudio y la evaluación de películas superficiales (óxidos protectores, inhibidores filmicos, películas orgánicas).

La selección y diseño del sistema integrado de monitoreo conlleva una serie de ventajas operativas, técnicas y económicas que se resumen en la Figura 3.

En el presente trabajo se ilustran resultados y conclusiones que surgieron de la campaña piloto de monitoreo móvil, implementada por PAE sobre pozos no convencionales de importancia crítica para la Unidad de Gestión PAE Neuquén, bajo condiciones de proceso normales y bajo tratamiento químico. En esta instancia se analizaron los siguientes aspectos clave de la tecnología de medición y de las herramientas de análisis-procesamiento de registros:

- Confiabilidad-reproductibilidad-prestación-versatilidad, como parámetros básicos de performance operativa para el abordaje futuro de campañas de alcance variable.
- Alcance técnico relativo a la caracterización de mecanismos y evaluación de la incidencia del tratamiento químico.
- Potencialidad como input para los programas predictivos vinculados a WIMS, incluyendo aptitud y vida remanente de barreras de pozo bajo condiciones de servicio demandantes, en términos de susceptibilidad y evolución de daño.

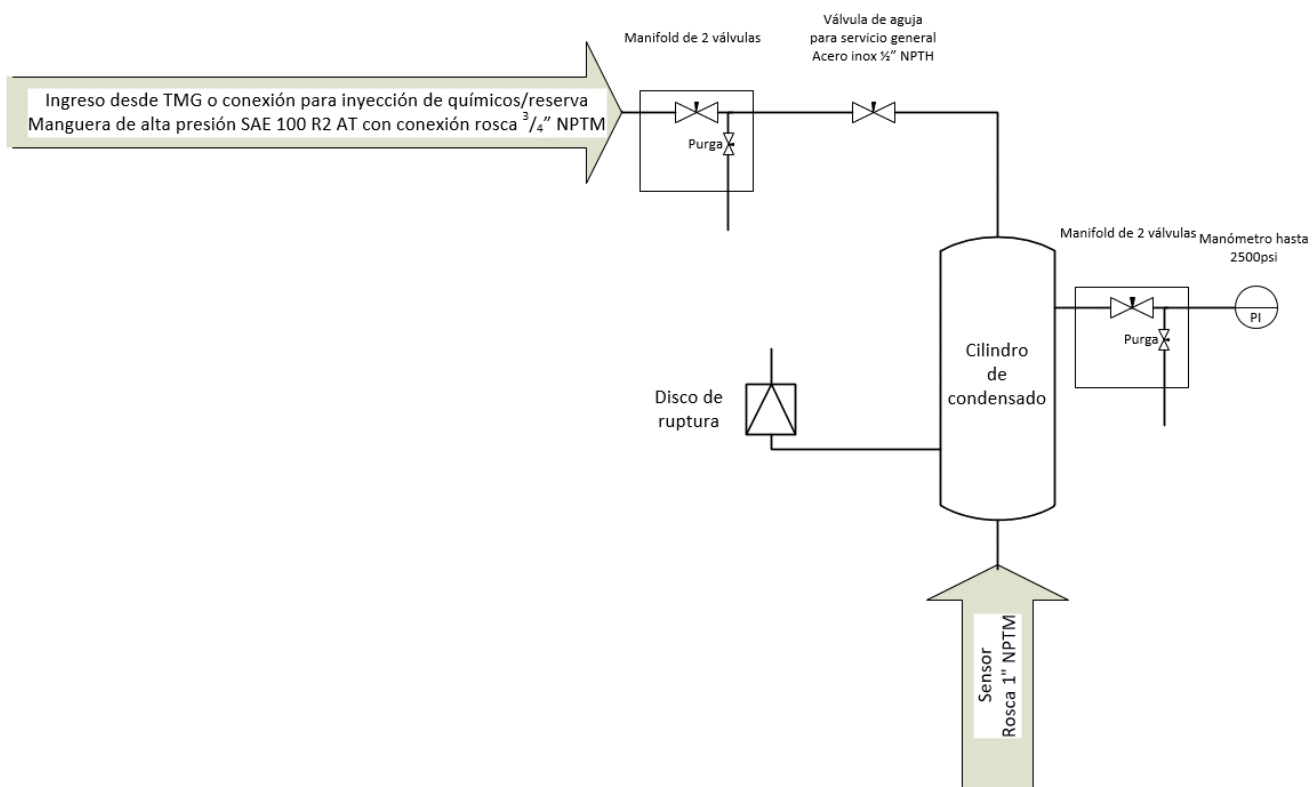


Figura 1: Esquema del sistema de monitoreo en boca de pozo.

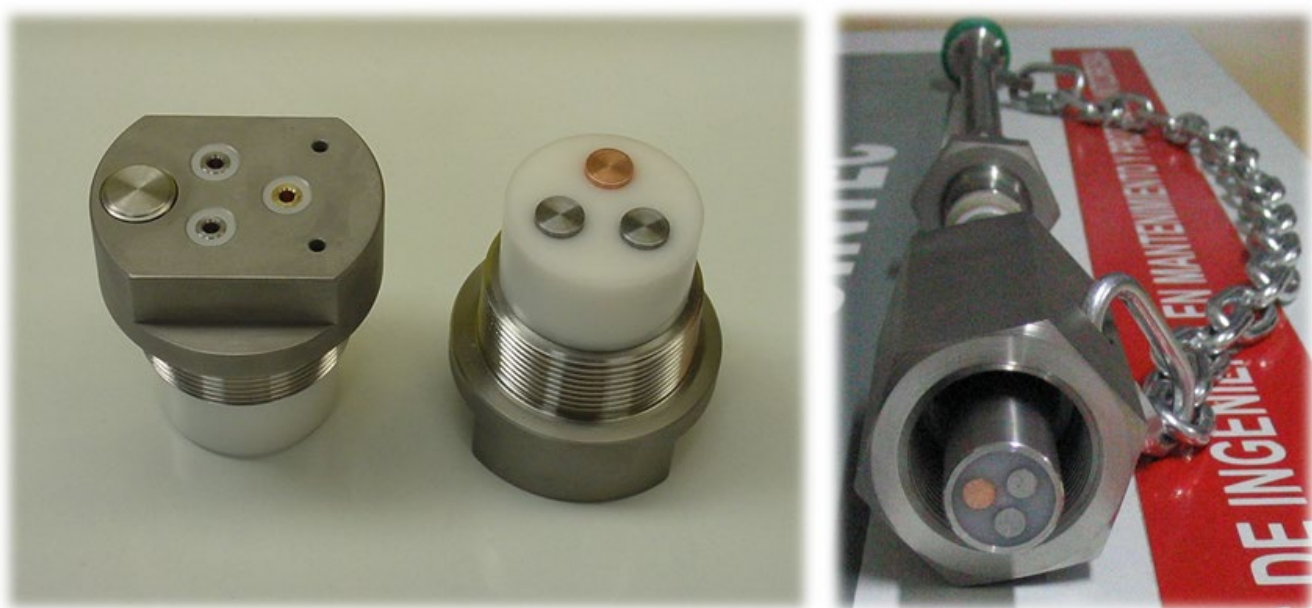


Figura 2: Sensores electroquímicos utilizados en el sistema de monitoreo en boca de pozo.

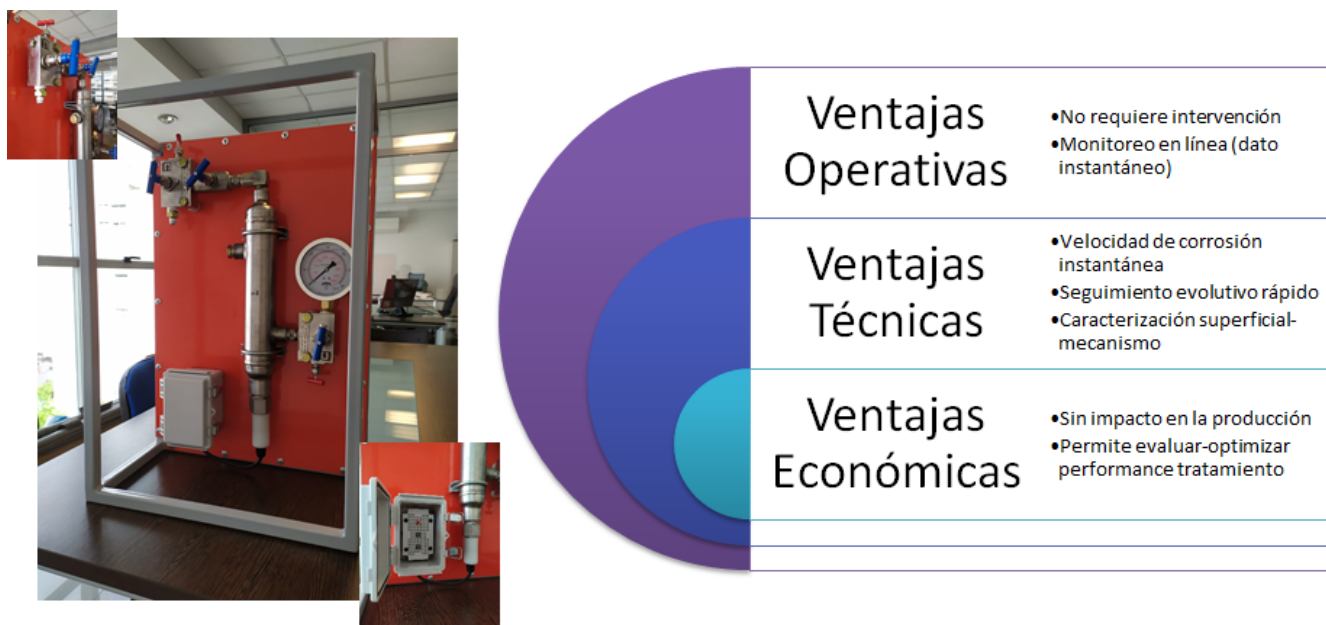


Figura 3: Ventajas comparativas del sistema integrado de monitoreo.

3. Desarrollo

3.1. Ensayos

3.1.1. Alcance e Implementación

La primera campaña de monitoreo se llevó a cabo sobre pozos actualmente operativos en Aguada Pichana Oeste (APO), ACAS (Aguada de Castro Sur) y Coirón Amargo Sureste (CASE), mediante ensayos de resistencia de polarización e impedancia electroquímica en un total de 10 (diez) puntos de monitoreo, incluyendo (Tabla 3):

- APO (5 pozos): APO-101 (boca de pozo y colector), APO-126 (colector), APO-128 (colector), APO-206 (colector) y APO-208 (colector). En el caso del APO-101 se realizaron dos ensayos en el colector: el primero bajo dosis de 8^l/d de inhibidor de corrosión y el segundo, medido 36 horas más tarde, sin tratamiento químico. Las mediciones en el APO-208 también se realizaron con variación en la dosificación, inicialmente con 24^l/d y luego con 12^l/d. Los pozos restantes se midieron en una sola instancia y solamente el APO-206 tenía dosificación de inhibidor de corrosión.
- ACAS (3 pozos): ACAS-101, ACAS-106 y APO.s-2 (pozo sumidero).
- CASE (1 pozo): CASE-501 (pozo con bombeo mecánico).

Tabla 1: Listado de pozos monitoreados.

Pozo	Zona de Ensayo	Fecha-s	Presión (kg/cm ²)	TQ	Dosis
ACAS-101	BP previo Choke	3/10/2023	76		
ACAS-106	BP previo Choke	3/10/2023	85		
Pozo Sumidero ACAS	Línea a pozo - salida bomba.	3/10/2023	56	NO	
APO.x-101	BP previo Choke e ingreso colector PAD	2/10/2023 - 5/10/2023	47	SI/NO	8l/d (Colector)
APO-126	Llegada colector PAD	5/10/2023	80	NO	
APO-128	Llegada colector PAD	5/10/2023	82	NO	

APO-206	Llegada colector PAD	5/10/2023	80	SI	No indicada.
APO-208	Llegada colector PAD	2/10/2023 - 4/10/2023	82	SI	24l/d y 12l/d
CASE-501	BP previo Choke Pozo con AIB 30ppm de H2S	4/10/2023	6	NO	

La instalación del sistema integrado de monitoreo se llevó a cabo en superficie, utilizando un dispositivo móvil acoplado a la instalación a través de conexión flexible de alta presión (Figura 4). La interface electroquímica fue conectada a posterior al sistema presurizado, conforme se ilustra en la Figura 5.



Figura 4: Conexión del sistema integrado de monitoreo en colector de PAD y boca de pozo.

3.1.2. Interface Electroquímica

El equipo utilizado para las mediciones es una interface GAMRY INSTRUMENTS REFERENCE 600, con dos módulos:

- Potenciostato portátil: para ensayos de corriente continua, bajo control potenciostático o galvanostático.
- Impedancia: para ensayos de respuesta en frecuencia bajo señal sinusoidal.

3.1.3. Modelos de Ajuste (Impedancia Electroquímica)

Para aproximar el comportamiento de la interfaz electroquímica se utilizaron dos modelos alternativos, aplicables conforme resultados de los ensayos de impedancia, a saber:

- Modelo básico de Randles⁴ con CPE¹, en reemplazo de la capacitancia básica de doble capa (Figura 6), como representativo del proceso controlado por activación (ramas anódica y catódica).
- Modelo modificado de Randles con CPE y componente de Warburg⁵ en rama catódica (Figura 7), para reproducir proceso bajo control difusivo.

¹ Constant Phase Element (Elemento de Fase Constante).

- Modelo con comportamiento inductivo (Figura 8), correspondiente a sistemas electroquímicos donde iones o moléculas son absorbidas en la interfase de la doble capa electroquímica.



Figura 5: Conexión del sistema integrado a la interface electroquímica de medición.

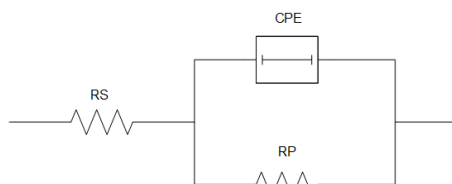


Figura 6: Modelo básico de Randles.

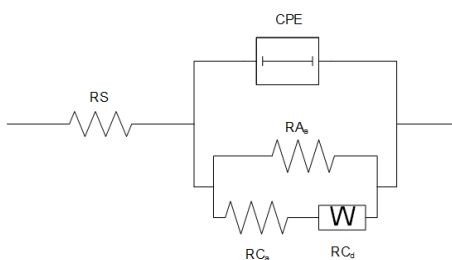


Figura 7: Modelo de Randles bajo comportamiento difusivo.

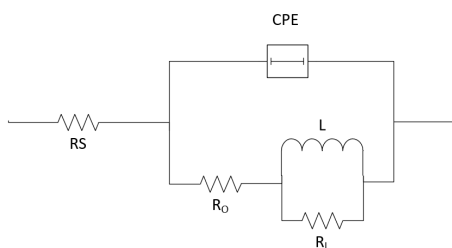


Figura 8: Modelo con comportamiento inductivo.

3.2. Resultados

3.2.1. Corriente Continua

Las Figuras 9 a 11 muestran las curvas correspondientes a los ensayos de resistencia de polarización, efectuados en los 10 (diez) puntos monitoreados, a partir de las cuales se infiere lo siguiente:

- **Confiabilidad:** todas las curvas exhiben comportamiento lineal en la región anódica, sin indicios de ruido ni de incidencia de la componente capacitiva.
- **Correlación (Figuras 12 y 13):** se verifica comportamiento cuasi-lineal entre corriente y potencial de corrosión, con tendencia opuesta (los pozos de fluido más agresivo muestran mayor velocidad de corrosión en dirección anódica). Particularmente en pozo sumidero de ACAS y CASE-501.

Las gráficas de las Figuras 14 y 15 muestran el comparativo en velocidad de corrosión para los pozos ACAS, CASE y APO, respectivamente, versus límites establecidos por NACE, cuyos resultados indican lo siguiente:

- ACAS: el comportamiento es variable en el rango alto-severo (ACAS-101 verifica el comportamiento más agresivo). La singularidad se da en el sumidero, cuyas tasas son superiores a $0,7 \text{ mm.año}^{-1}$, con una diferencia relativa en un factor que oscila entre 3,9 y 5,2, respecto al ACAS-101.
- APO: los pozos monitoreados presentan velocidades de corrosión situadas en el rango $0.05\text{-}0.30 \text{ mm.año}^{-1}$. Las tasas máximas se registran en los pozos APO-128, APO-126 y APO-101, en orden decreciente. Las mediciones con diferentes dosis de tratamiento químico indican lo siguiente:
 - APO-101: la dosis actual de 8l/d reduce la tasa de corrosión libre en un factor de 2.
 - APO-208: con la dosis actual se logra un decremento de un orden de magnitud en la velocidad de corrosión, respecto de la dosis reducida al 50% (12l/d).
- CASE-501: las velocidades de corrosión para este pozo son las que presentan mínima desviación entre técnicas de medición y se sitúan en el rango elevado $[0,22\text{-}0,24] \text{ mm.año}^{-1}$.

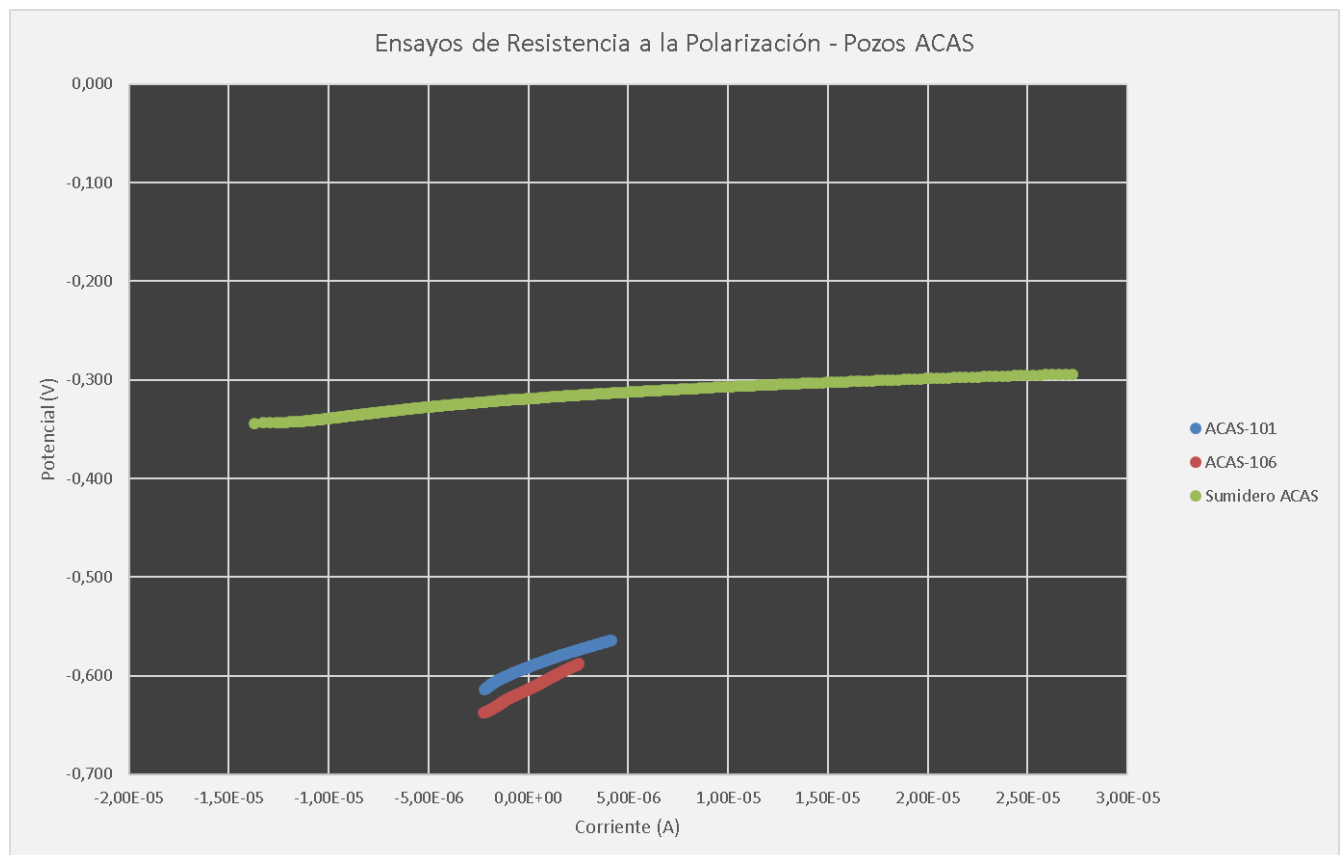


Figura 9: Curvas correspondientes a ensayos RP efectuados en pozos ACAS.

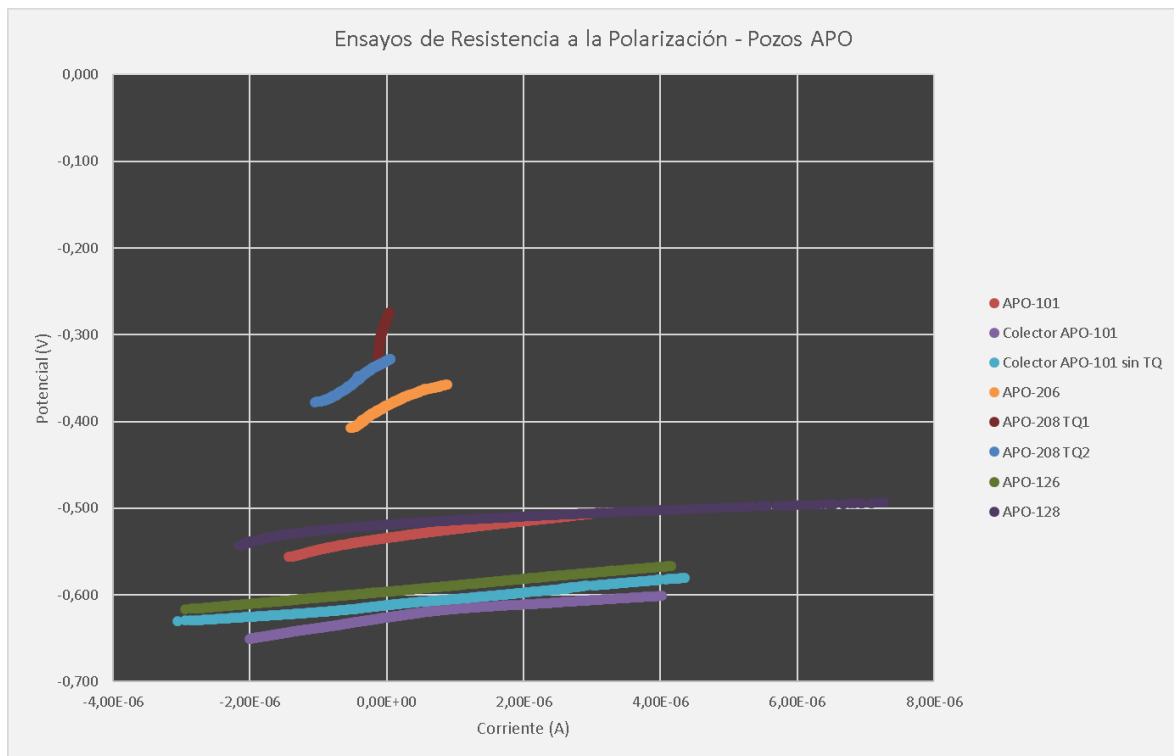


Figura 10: Curvas correspondientes a ensayos RP efectuados en pozos APO.

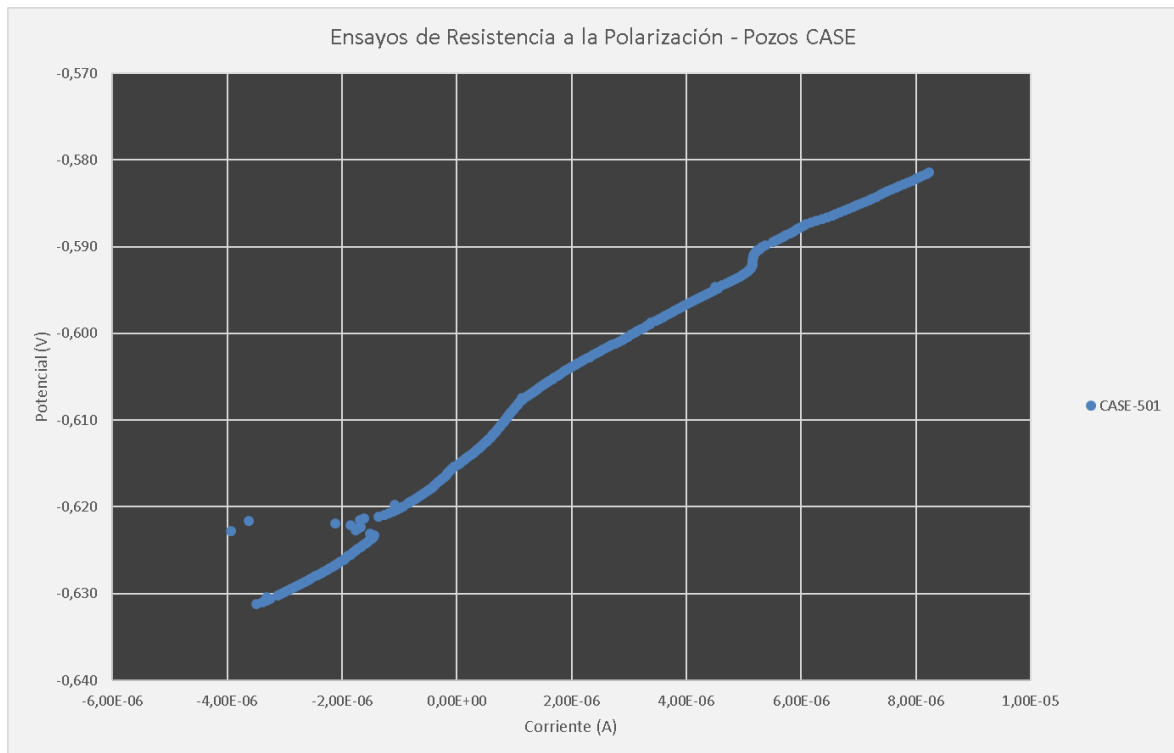


Figura 11: Curvas correspondientes a ensayos RP efectuados en el pozo CASE-501.

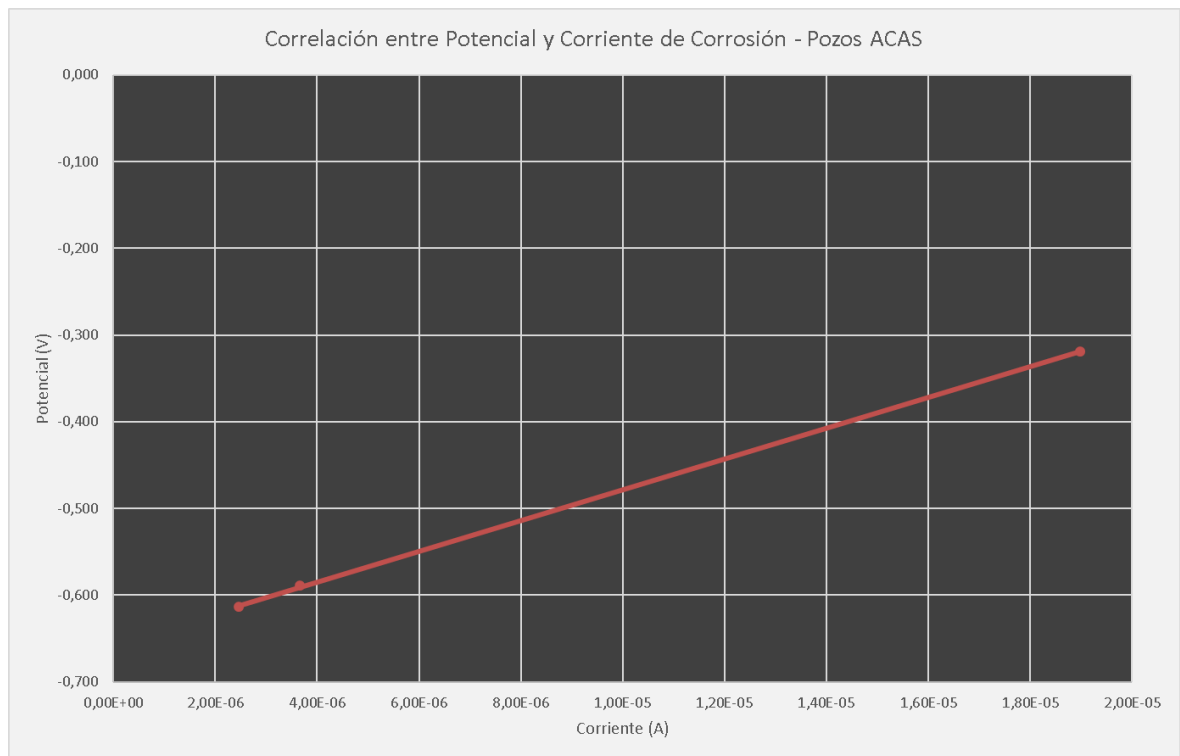


Figura 12: Correlación entre potencial y corriente de corrosión, pozos ACAS.

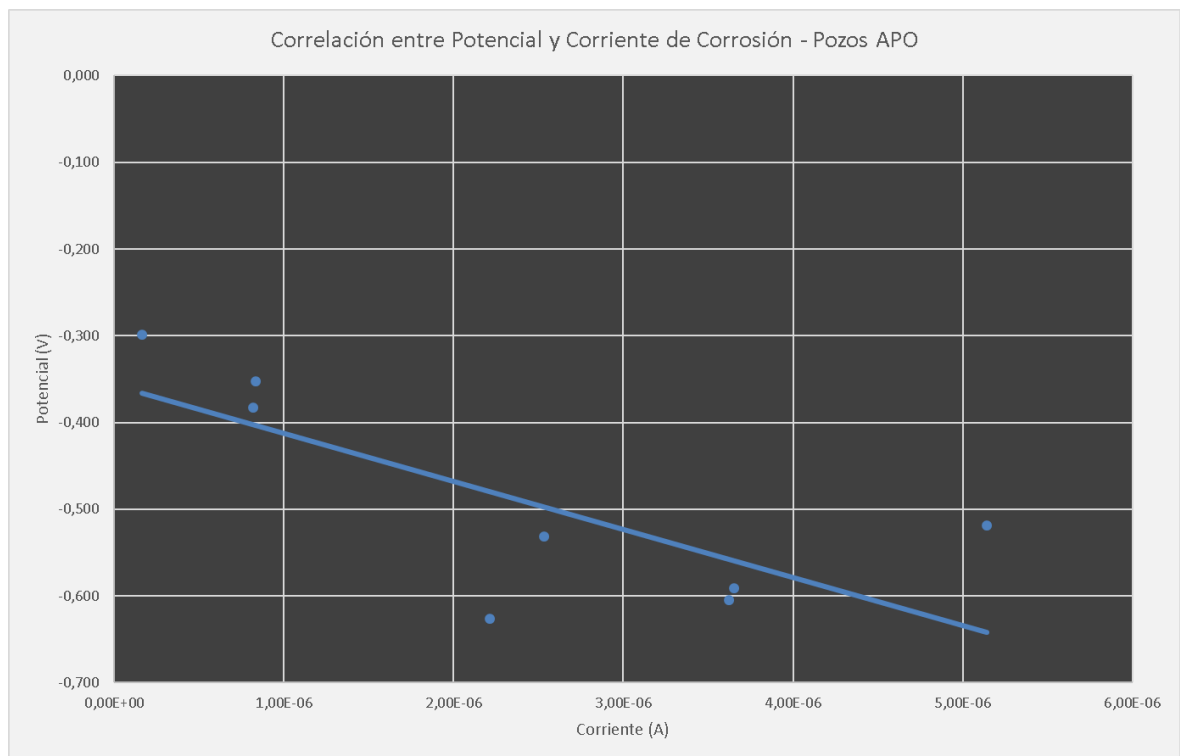


Figura 13: Correlación entre potencial y corriente de corrosión, pozos APO.

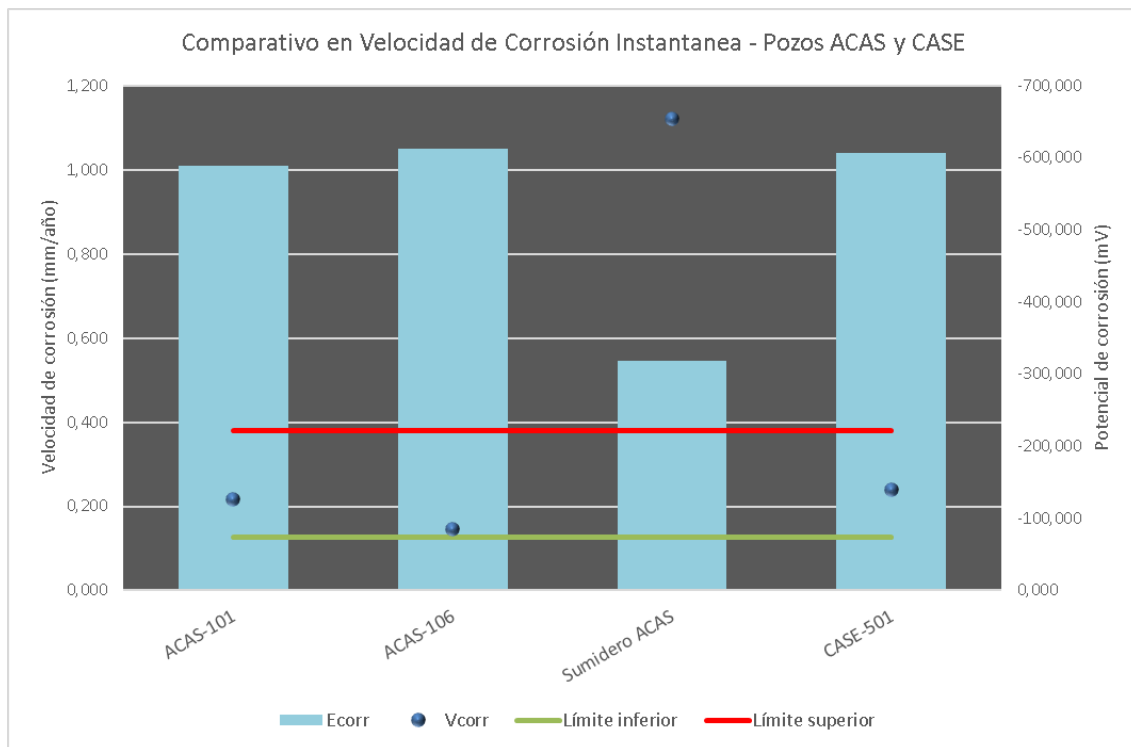


Figura 14: Velocidad de corrosión versus límites NACE, pozos ACAS y CASE.

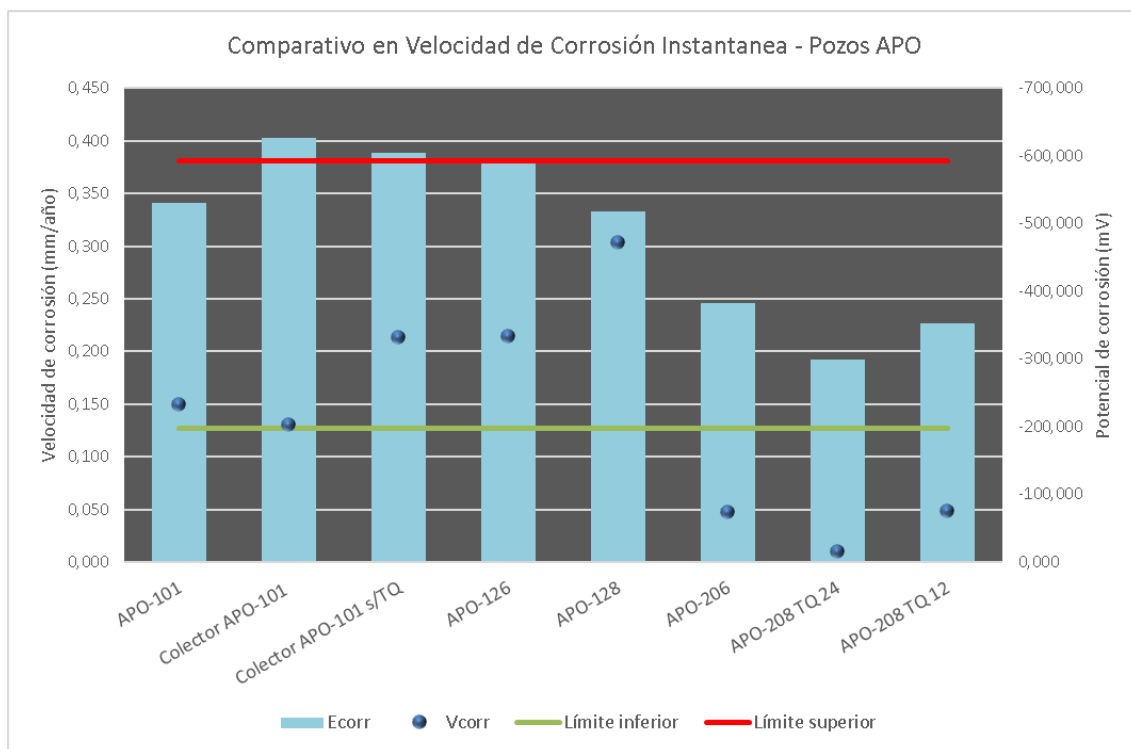


Figura 15: Velocidad de corrosión versus límites NACE, pozos APO.

3.2.2. Corriente Alterna

3.2.2.1. Diagramas de Nyquist

Las Figuras 16, 17 y 18 ilustran los diagramas de Nyquist correspondientes a los ensayos de impedancia electroquímica llevados a cabo en los 10 (diez) puntos monitoreados, a partir de los cuales cabe inferir lo siguiente:

- **Control:** con excepción del sumidero ACAS, todos los sistemas monitoreados se encuentran bajo control difusivo. el sumidero ACAS muestra una impedancia sustancialmente inferior a la del resto de los pozos

(5 a 7 veces), además de que la velocidad de corrosión está controlada por activación superficial (elevada concentración de oxidante).

- **Mecanismos:** la corrosión carbónica constituye el factor dominante en productores.
- **Incidencia del Tratamiento:** el impacto más significativo se da en el APO-208, que presenta un segundo bucle en baja frecuencia a las 24 horas de tratamiento, representativo de la componente filmica del producto⁶⁻⁸ (estable). La incidencia a 12 horas es sensiblemente inferior (sin formación de película estable), manifiesta exclusivamente por un incremento en la impedancia global. Un efecto similar se observa en el colector APO-101.

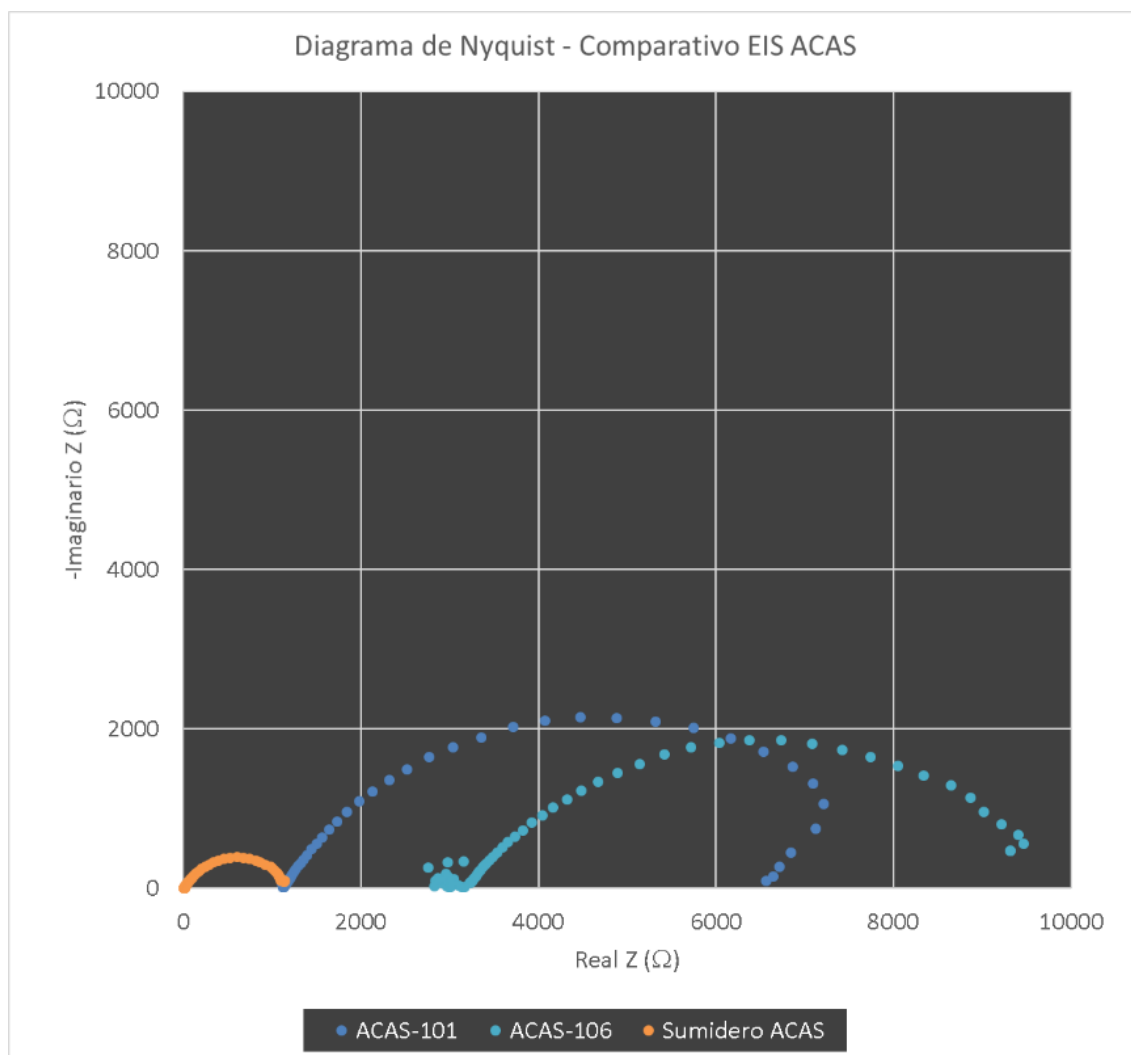


Figura 16: Diagramas de Nyquist, ensayos de impedancia electroquímica en pozos ACAS.

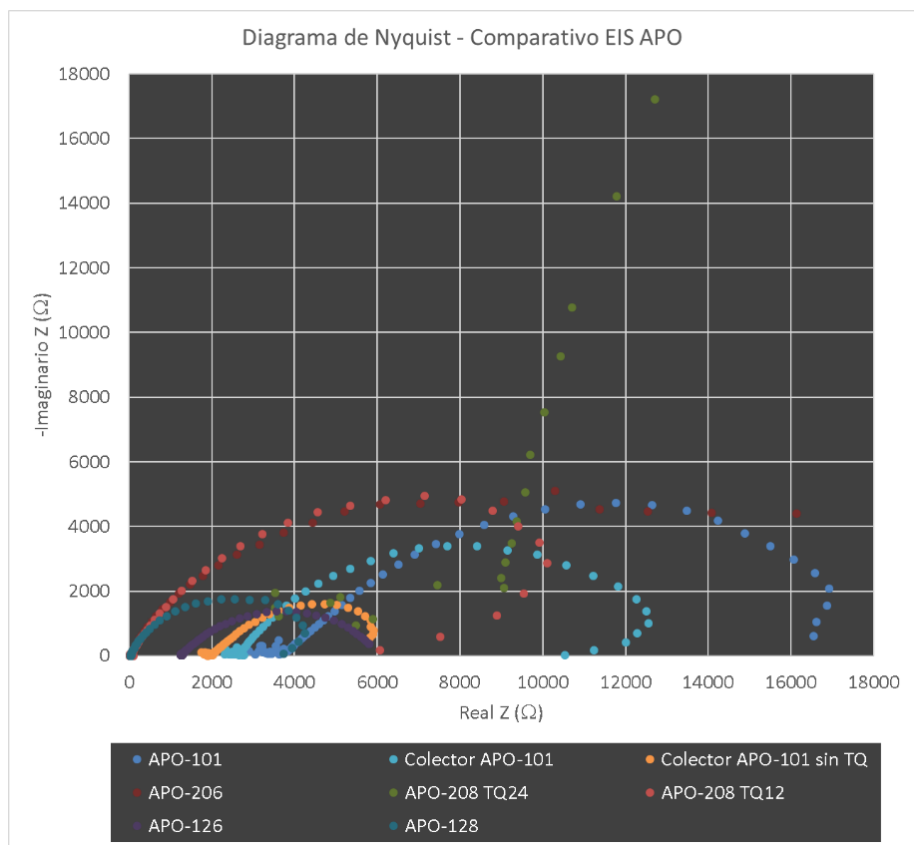


Figura 17: Diagramas de Nyquist, ensayos de impedancia electroquímica en pozos APO.

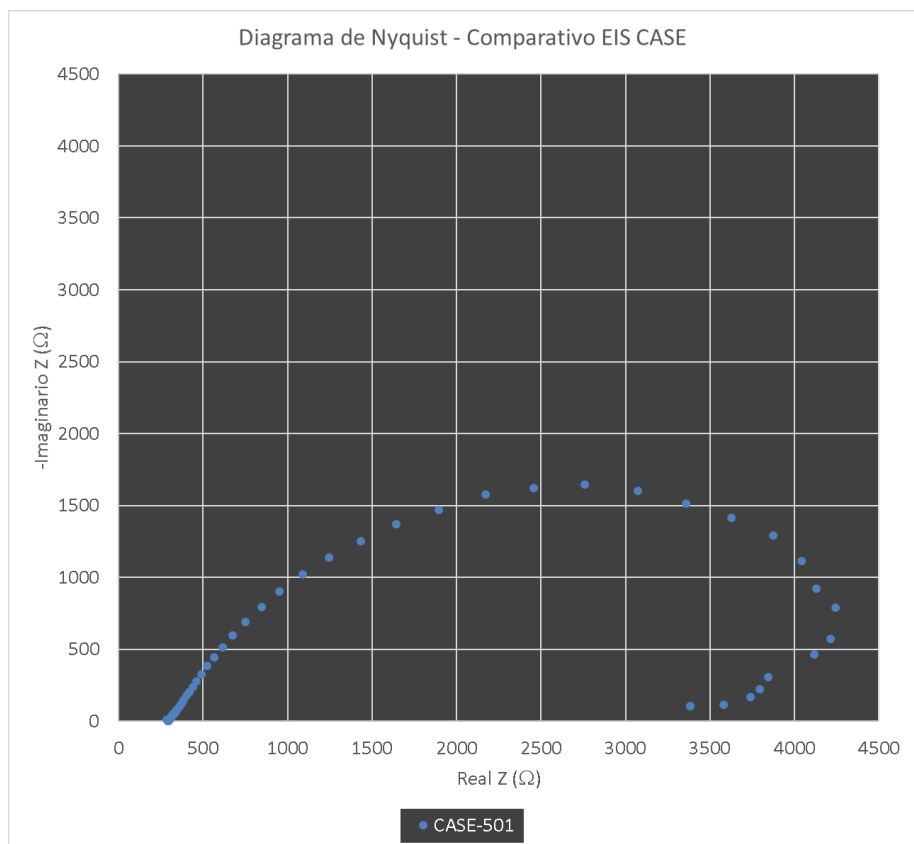


Figura 18: Diagramas de Nyquist, ensayos de impedancia electroquímica en el pozo CASE-501.

3.2.2.2. Diagramas de Bode

Representados en las Figuras 19 a 24, que permiten inferir lo siguiente:

- Módulo: muestra dos diferencias claramente distinguibles: a) sumidero ACAS versus productores (1-2 órdenes de magnitud); b) APO-208 (TQ 24) con respecto al resto, cuya diferencia en baja frecuencia alcanza los 2 órdenes de magnitud (formación de película estable).
- Fase: nuevamente muestra dos comportamientos claramente distinguibles: a) en términos de pico inferior, con diferencias superiores a 30° (picos mínimos en sumidero ACAS y en productor APO-206); b) en desplazamiento entre picos, con diferencias máximas equivalentes a 2 órdenes de magnitud (el desplazamiento del máximo hacia frecuencias más altas denota que el sistema es más corrosivo o que el tratamiento es menos efectivo).

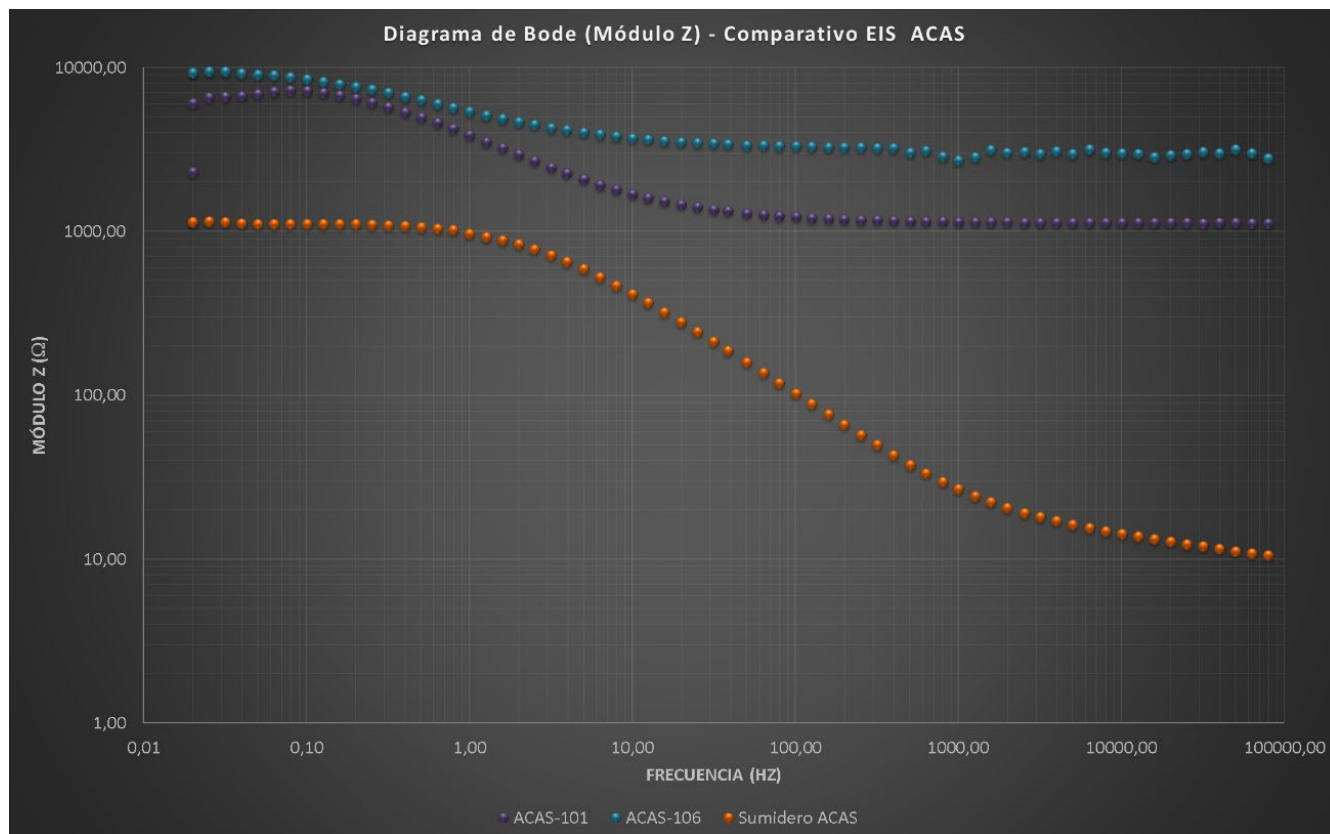


Figura 19: Diagramas de Bode (Módulo), ensayos de impedancia electroquímica en pozos ACAS.

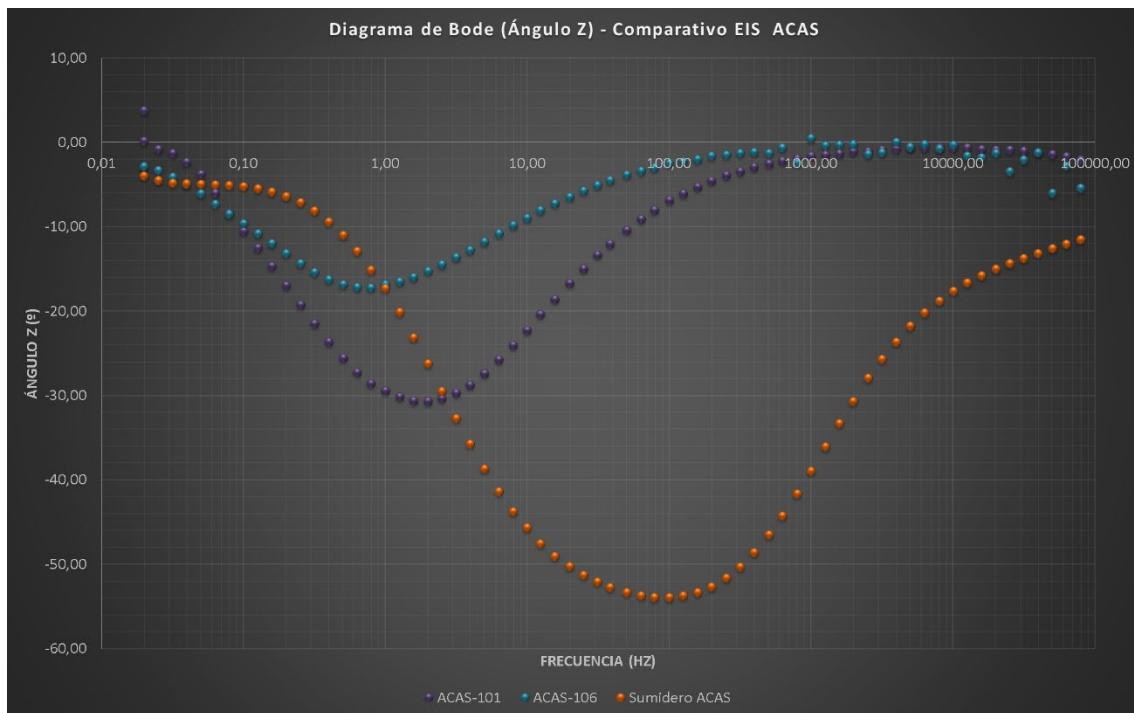


Figura 20: Diagramas de Bode (Ángulo), ensayos de impedancia electroquímica en pozos ACAS.

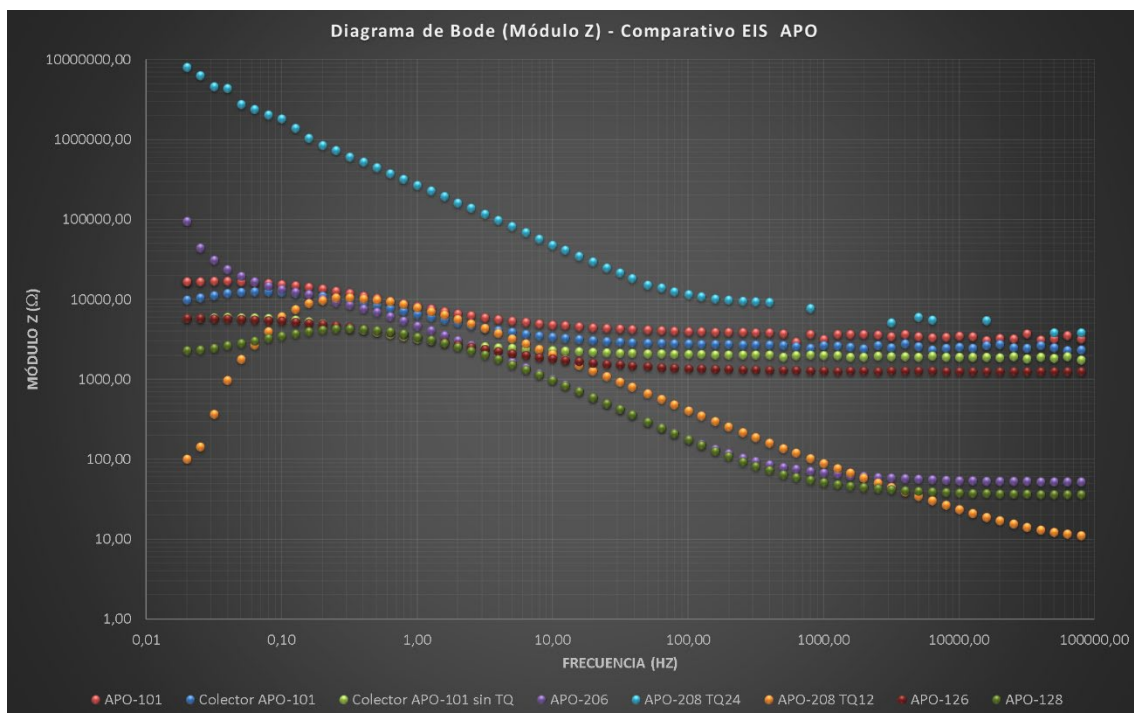


Figura 21: Diagramas de Bode (Módulo), ensayos de impedancia electroquímica en pozos APO.

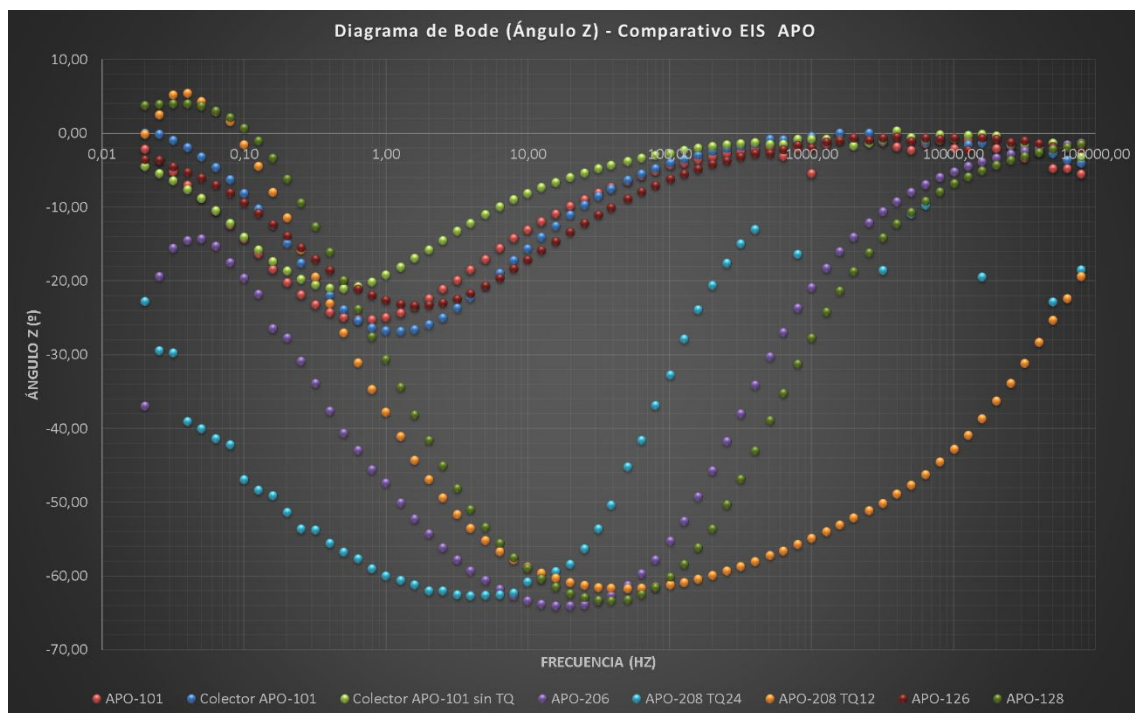


Figura 22: Diagramas de Bode (Ángulo), ensayos de impedancia electroquímica en pozos APO.

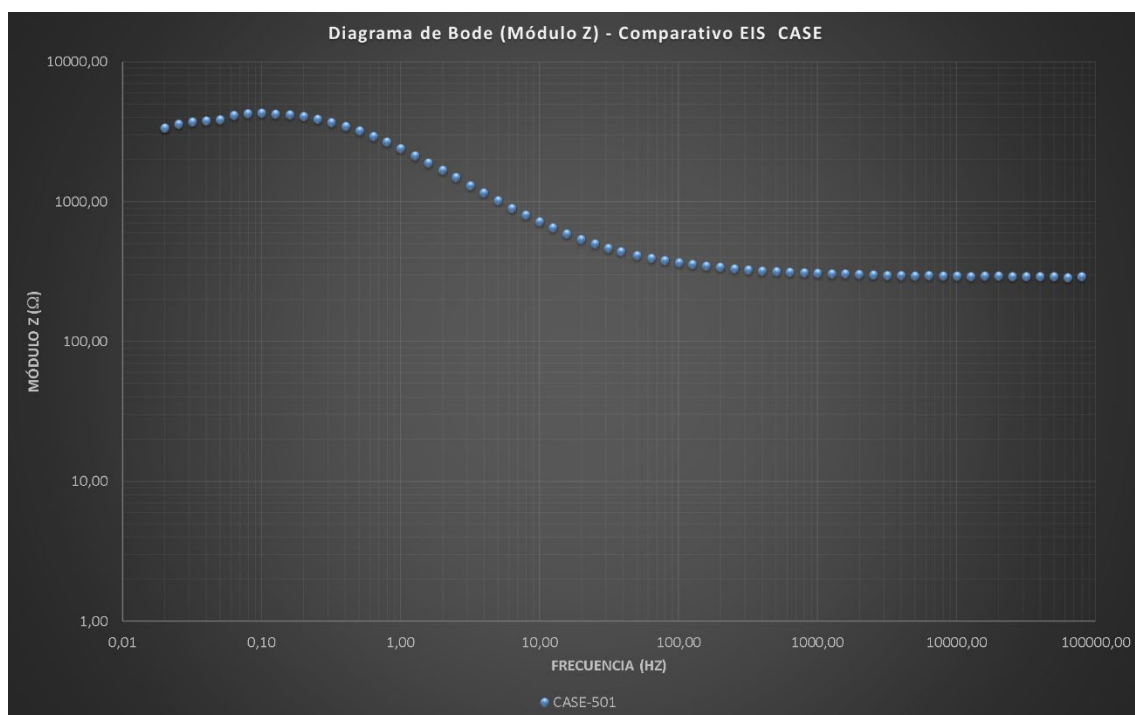


Figura 23: Diagramas de Bode (Módulo), ensayos de impedancia electroquímica en el pozo CASE-501.

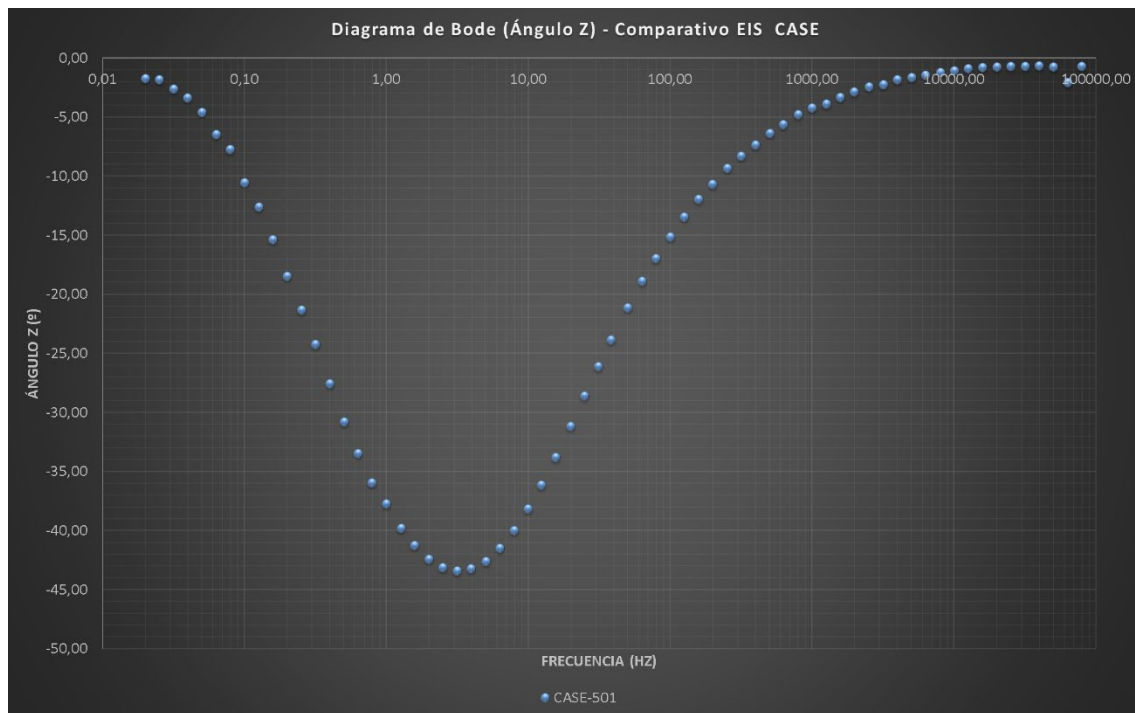


Figura 24: Diagramas de Bode (Ángulo), ensayos de impedancia electroquímica en el pozo CASE-501.

3.2.3. Resumen Global

3.2.3.1. Velocidad de Corrosión

Las Figuras 25 y 26 representan el comparativo global en velocidades de corrosión, obtenidas por mediciones de corriente continua y alterna, que permite identificar lo siguiente:

- **Confiabledad de las Técnicas:** en todos los casos se verifica un elevado nivel de coincidencia entre resultados de ambas técnicas.
- **Caracterización:** ambas técnicas permitieron identificar y discriminar los sistemas más agresivos, a nivel general prácticamente la totalidad de los sistemas presentan tasas dentro del rango alto.
- **Cuantificación:** los resultados de ensayo proporcionaron el dato instantáneo de velocidad de corrosión en todos los casos, lo que permite retroalimentar el predictivo de vida remanente de cada pozo analizado. Se pudo verificar la incidencia y potencial ajuste del tratamiento químico en dos pozos de APO (APO-101 y APO-208), las alternativas de medición bajo diferentes condiciones de dosificación permiten optimizar la inyección.

3.2.3.2. Corolario

- Es muy probable que las velocidades de corrosión en el interior del pozo superen a las medidas en el equipo, habida cuenta de la incidencia de la componente difusiva. La alternativa de medición en lazo abierto para sistemas que así lo permitan se verifica como alternativa de mayor representatividad.
- En el caso de aquellos pozos que exhiben daño por picado (inspecciones), las tasas de corrosión localizada pueden exceder a las medidas.
- La alternativa de medición en sistemas con bajo o nulo contenido de líquido (gasoductos, equipos de plantas de tratamiento de gas) incide no solo en la posibilidad de verificar tasas de corrosión instantáneas sino también en la identificación de mecanismos de daño.
- La técnica de medición permite la optimización del tratamiento químico, por evaluación de impacto en velocidad de corrosión y en formación de película estable de producto.

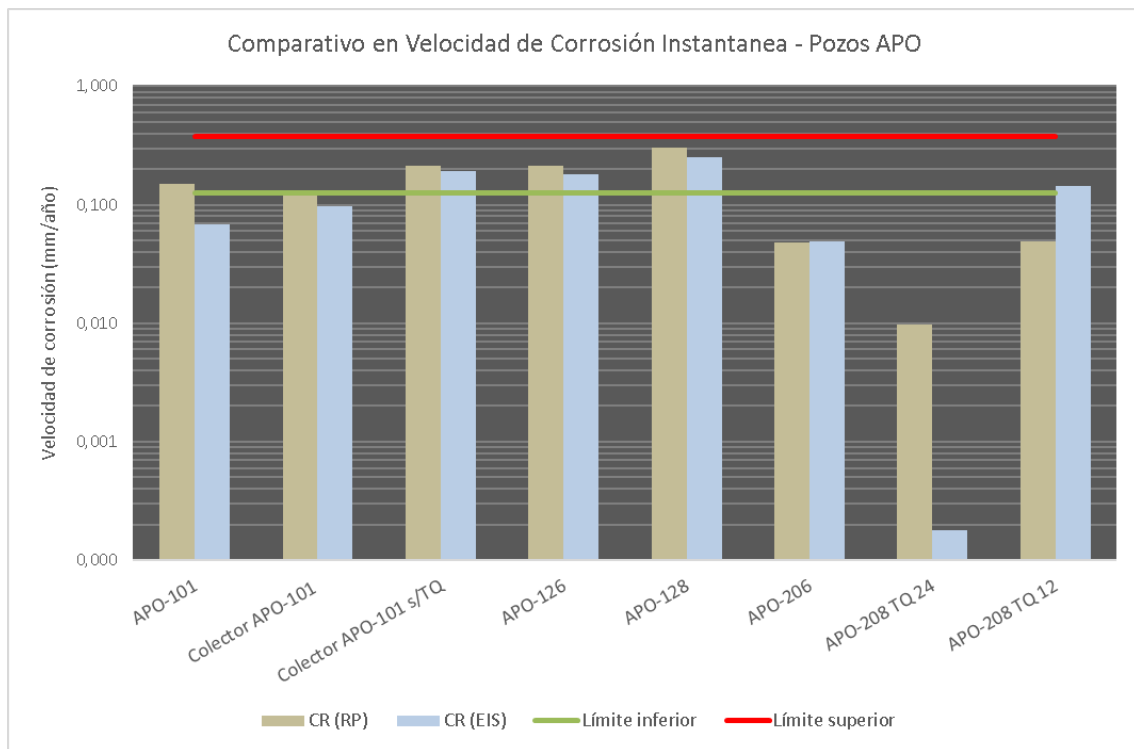


Figura 25: Comparativo global en velocidad de corrosión (RP-EIS), pozos APO.

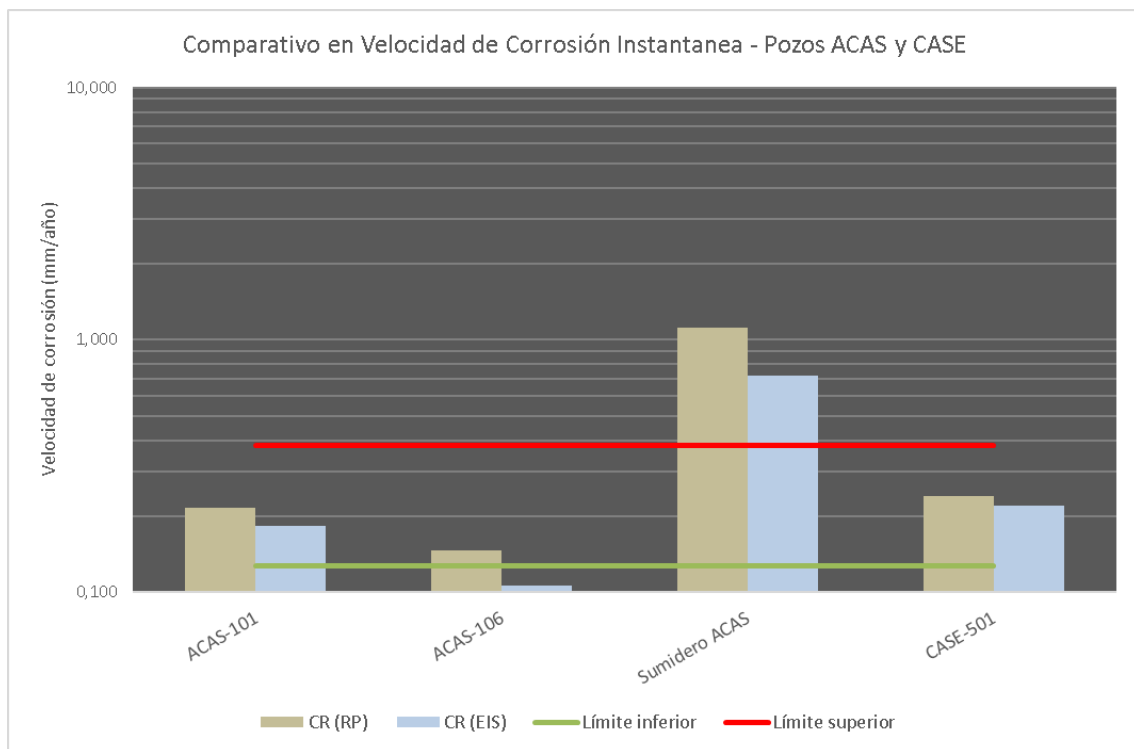


Figura 26: Comparativo global en velocidad de corrosión (RP-EIS), pozos ACAS y CASE.

4. Conclusiones

En función de los resultados obtenidos es posible concluir lo siguiente:

4.1. Resultados

4.1.1. Corriente Continua

- De carácter general: los ensayos mostraron claras diferencias entre pozos del mismo PAD y entre sistemas con distinta metodología de extracción.
- ACAS: se observó variabilidad significativa entre pozo surgentes y el sumidero, en este último caso con velocidades máximas superiores a 0.50 mm año^{-1} . (diferencia relativa en un factor que oscila entre 3,9 y 5,2, respecto al productor más agresivo). Los pozos productores presentan tasas de corrosión en el rango $0.11\text{-}0.22 \text{ mm año}^{-1}$ (ACAS-101).
- APO: los pozos monitoreados presentan velocidades de corrosión situadas en el rango $0.05\text{-}0.30 \text{ mm.año}^{-1}$. Las tasas máximas se registran en los pozos APO-128, APO-126 y APO-101, en orden decreciente. Las mediciones con diferentes dosis de tratamiento químico indican lo siguiente:
 - APO-101: la dosis actual de 8l/d reduce la tasa de corrosión libre en un factor de 2.
 - APO-208: con la dosis actual se logra un decremento de un orden de magnitud en la velocidad de corrosión, respecto de la dosis reducida al 50% (12l/d).
- CASE-501: las velocidades de corrosión para este pozo son las que presentan mínima desviación entre técnicas de medición y se sitúan en el rango elevado $[0,22\text{-}0,24] \text{ mm.año}^{-1}$.

4.1.2. Corriente Alterna

- Control: con excepción del sumidero ACAS, todos los sistemas monitoreados se encuentran bajo control difusional. El sumidero ACAS muestra una impedancia sustancialmente inferior a la del resto de los pozos (5 a 7 veces), además de que la velocidad de corrosión está controlada por activación superficial, lo cual indica que la concentración del oxidante es elevada.
- Mecanismos: en todos los productores, la corrosión carbónica constituye el factor dominante de la componente oxidante.
- Incidencia del Tratamiento: el impacto más significativo se da en el APO-208, en el cual se observa la aparición de un segundo bucle en baja frecuencia a las 24 horas de tratamiento, representativo de la componente filmica del producto (estable). La incidencia a 12 horas es sensiblemente menor (sin formación de película estable), manifiesta exclusivamente por un incremento en la impedancia global. Un efecto similar se observa en el colector APO-101.
- Módulo: muestra dos diferencias claramente distinguibles: a) sumidero ACAS versus productores (1-2 órdenes de magnitud); b) APO-208 (TQ 24) con respecto al resto, cuya diferencia en baja frecuencia alcanza los 2 órdenes de magnitud (formación de película estable).
- Fase: nuevamente muestra dos comportamientos claramente distinguibles: a) en términos de pico inferior, con diferencias superiores a 30° (picos mínimos en sumidero ACAS y en productor APO-206); b) en desplazamiento entre picos, con diferencias máximas equivalentes a 2 órdenes de magnitud (el desplazamiento del máximo hacia frecuencias más altas denota que el sistema es más corrosivo o que el tratamiento es menos efectivo).

4.1.3. Resumen

- Confiabilidad de las Técnicas: en todos los casos se verifica un elevado nivel de coincidencia entre resultados de ambas técnicas
- Caracterización: ambas técnicas permitieron identificar y discriminar los sistemas más agresivos, a nivel general prácticamente la totalidad de los sistemas presentan tasas dentro del rango clasificable como elevado.
- Cuantificación: los resultados de ensayo proporcionaron el dato instantáneo de velocidad de corrosión en todos los casos, lo que habilita futuro predictivo de vida remanente (soportado en ILI) y ajuste del tratamiento químico vigente (dosis-alcance).

5. Bibliografía

1. Lietai, Yang, "Techniques for Corrosion Monitoring", Cambridge – MA - USA, Woodhead Publishing - Elsevier (2021).
2. ASTM G 59 – 97, "Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements, American Society for Testing Materials, 2002.
3. ASTM STP1188-EB, "Electrochemical Impedance: Analysis and Interpretation", American Society for Testing Materials, 1993.
4. A. Ch. And Prodromidis M.I., "Electrochemical Impedance Spectroscopy - A Tutorial", ACS Meas. Sci. Au 2023, 3, 3, 162–193.
5. Taylor S.R. and Gileadi E., "Physical Interpretation of the Warburg Impedance", Corrosion 51 (09), Paper Number: NACE-95090664, September 1995.
6. Zehra S., Aslam R. and Mobin M. "Electrochemical Impedance Spectroscopy: A Useful Tool for monitoring the Performance of Corrosion Inhibitors", pp 91–117, Springer Link, 2022.
7. Tan Y.J., Bailey S. and Kinsella B., "An investigation of the formation and destruction of corrosion inhibitor films using electrochemical impedance spectroscopy (EIS)", Corrosion Science, Volume 38, Issue 9, September 1996, Pages 1545-1561.
8. Danaee I., Bahramipناه N., Moradi S. and Nikmanesh S., "Impedance Spectroscopy Studies on Corrosion Inhibition Behavior of Synthesized N,N'-bis(2,4-dihydroxyhydroxybenzaldehyde)-1,3-Propandiimine for API-5L-X65 Steel in HCl Solution", J. Electrochem. Sci. Technol., 2016, 7(2), 153-160.

6. Currículum Vitae Resumido

Adriana Blanco.

Ingeniera en materiales. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Ingeniera corrosión Pan American Energy.

Jhonattan Barrueta

Ingeniero de corrosión iCOE

Florencia Iuliano

Ingeniera Química. Universidad Tecnológica Nacional.

Ingeniera tratamientos químicos Pan American Energy.

Veronica Emiliani

Ingeniera Química. Universidad Nacional del Comahue.

Coordinadora tratamientos químicos Pan American Energy.

Marcos Bragagnolo

Ingeniero Químico. UBA.

Lider integridad y Tratamientos Quimicos Pan American Energy.