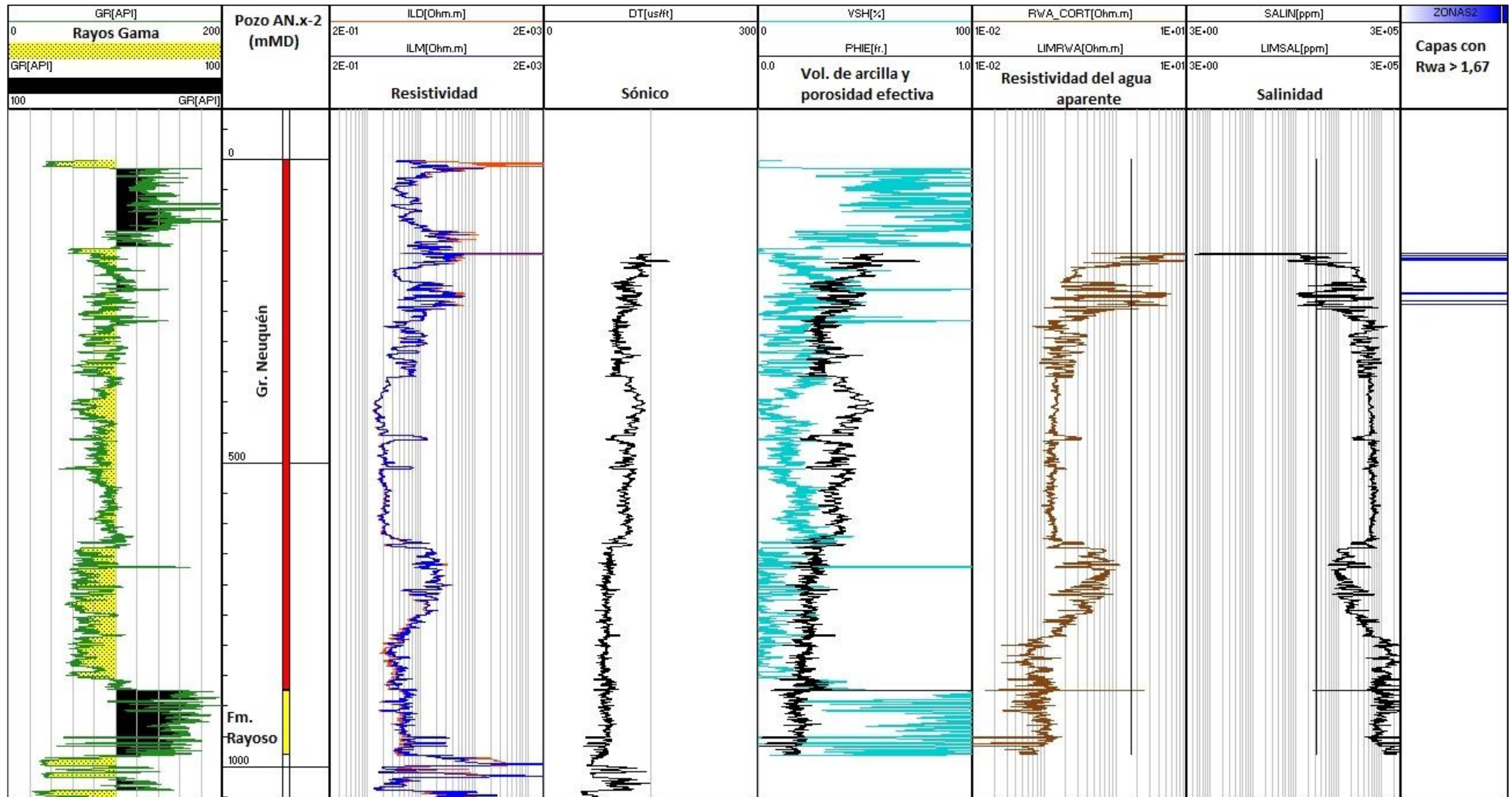
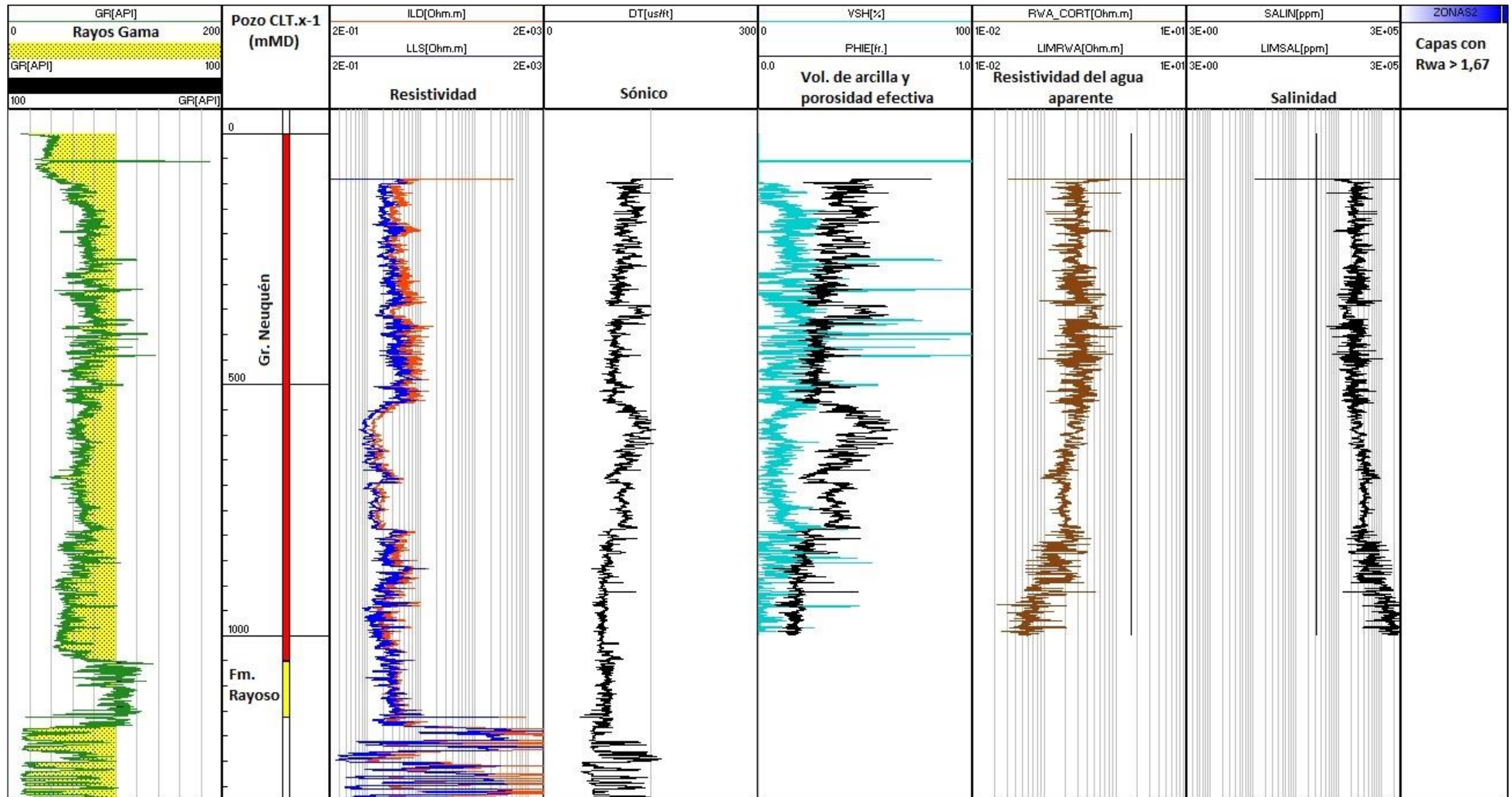


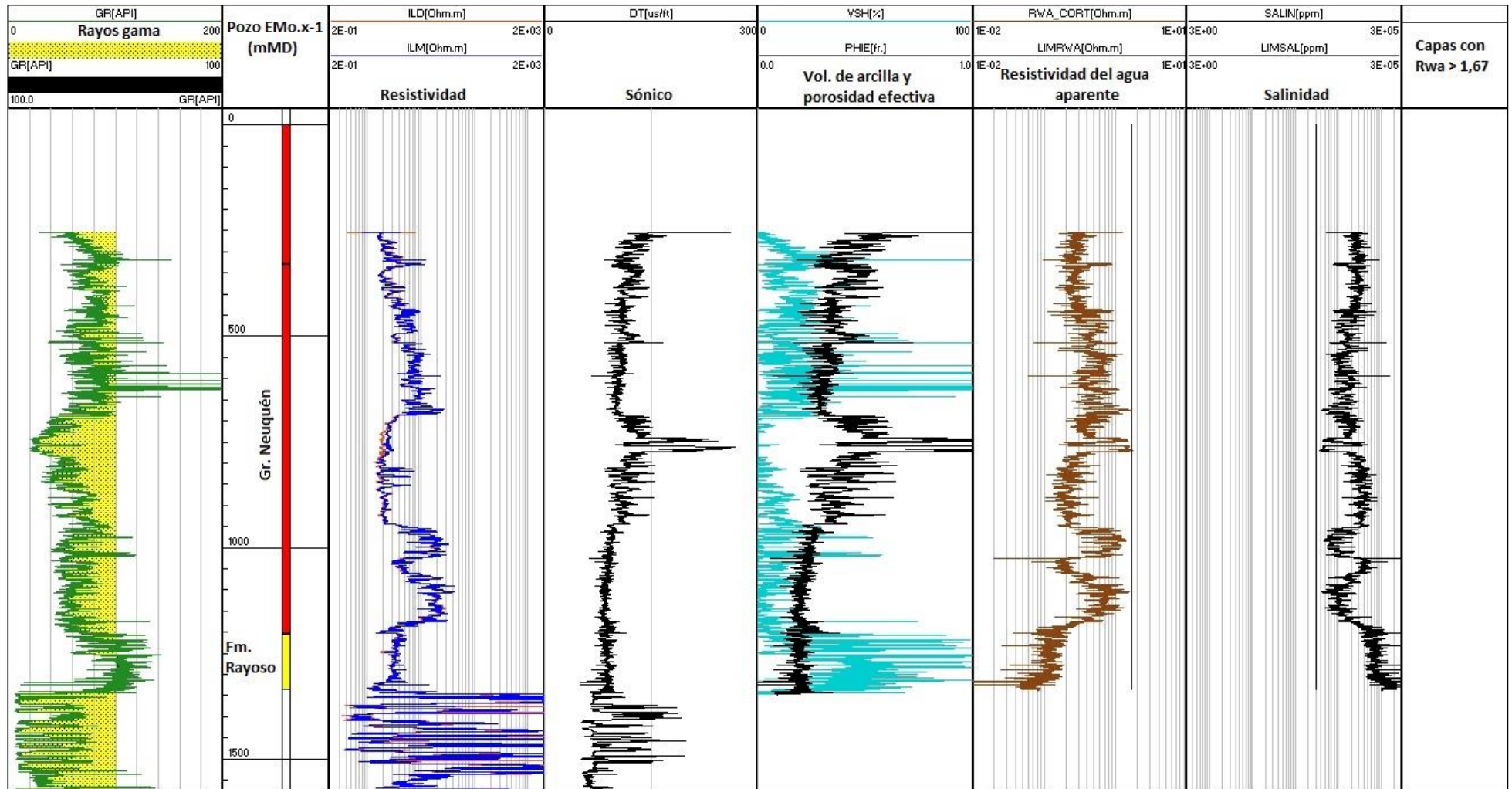
CN VII/A

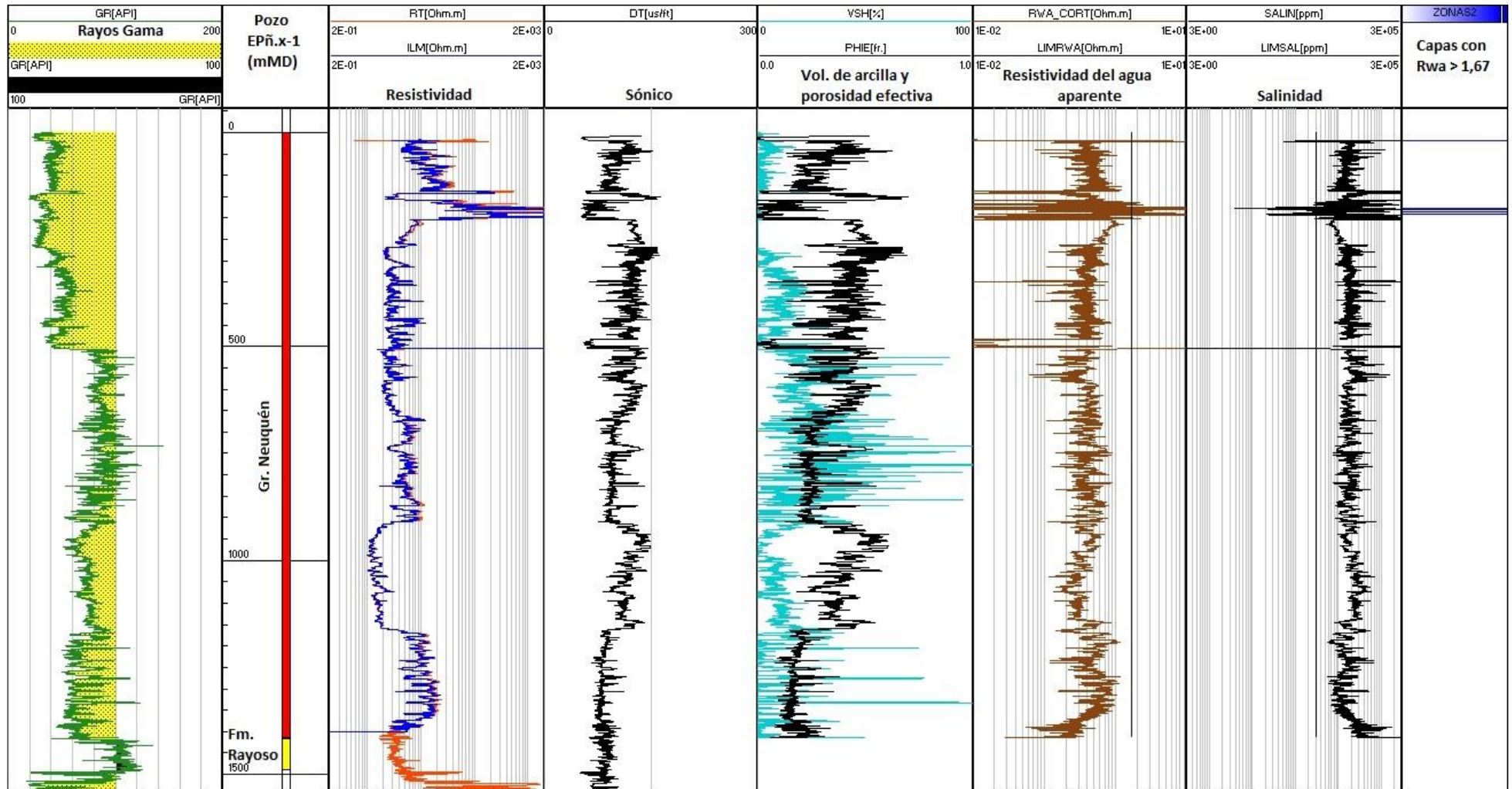


Hidroar S.A.
SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS Y AMBIENTALES





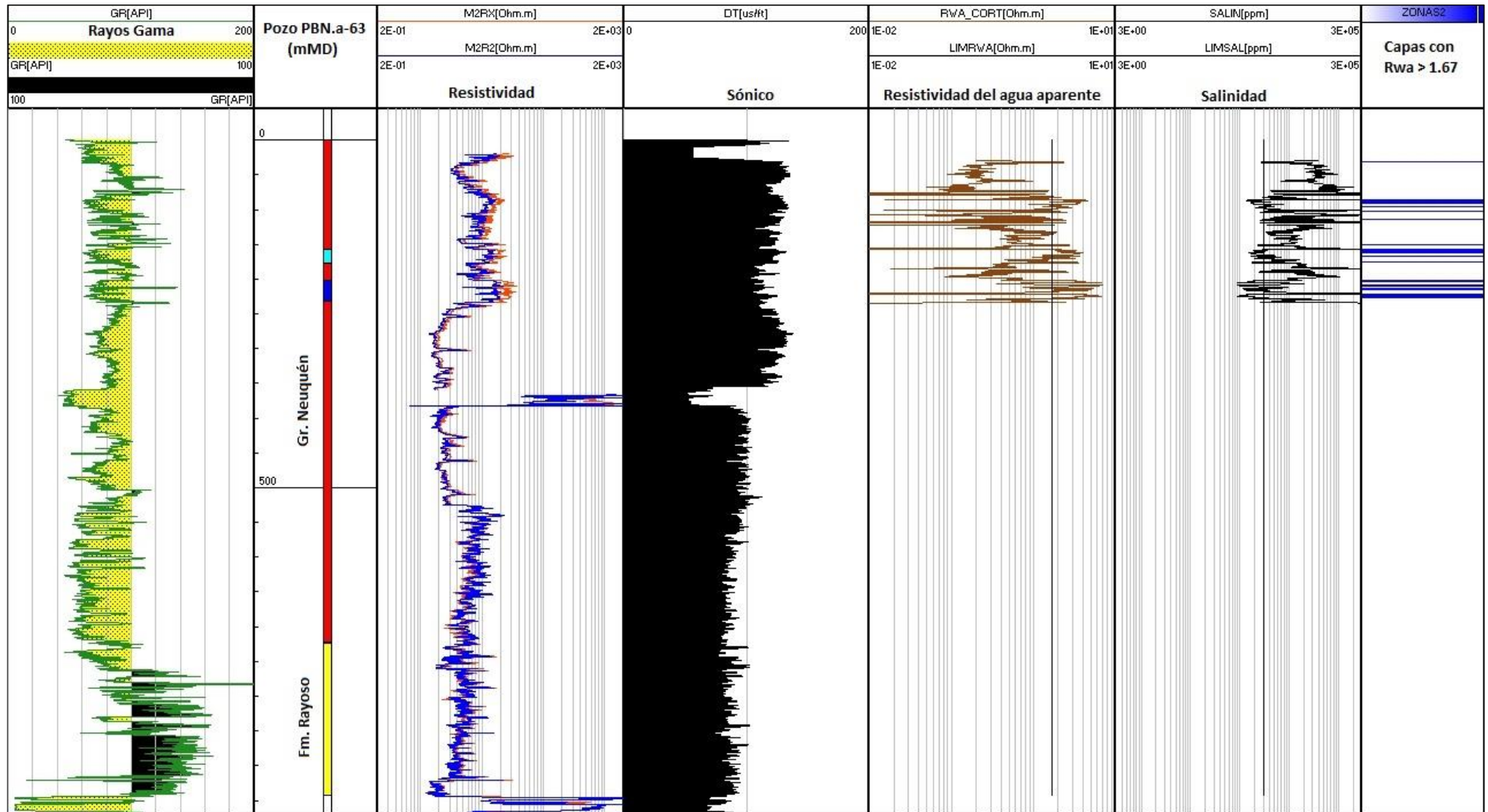


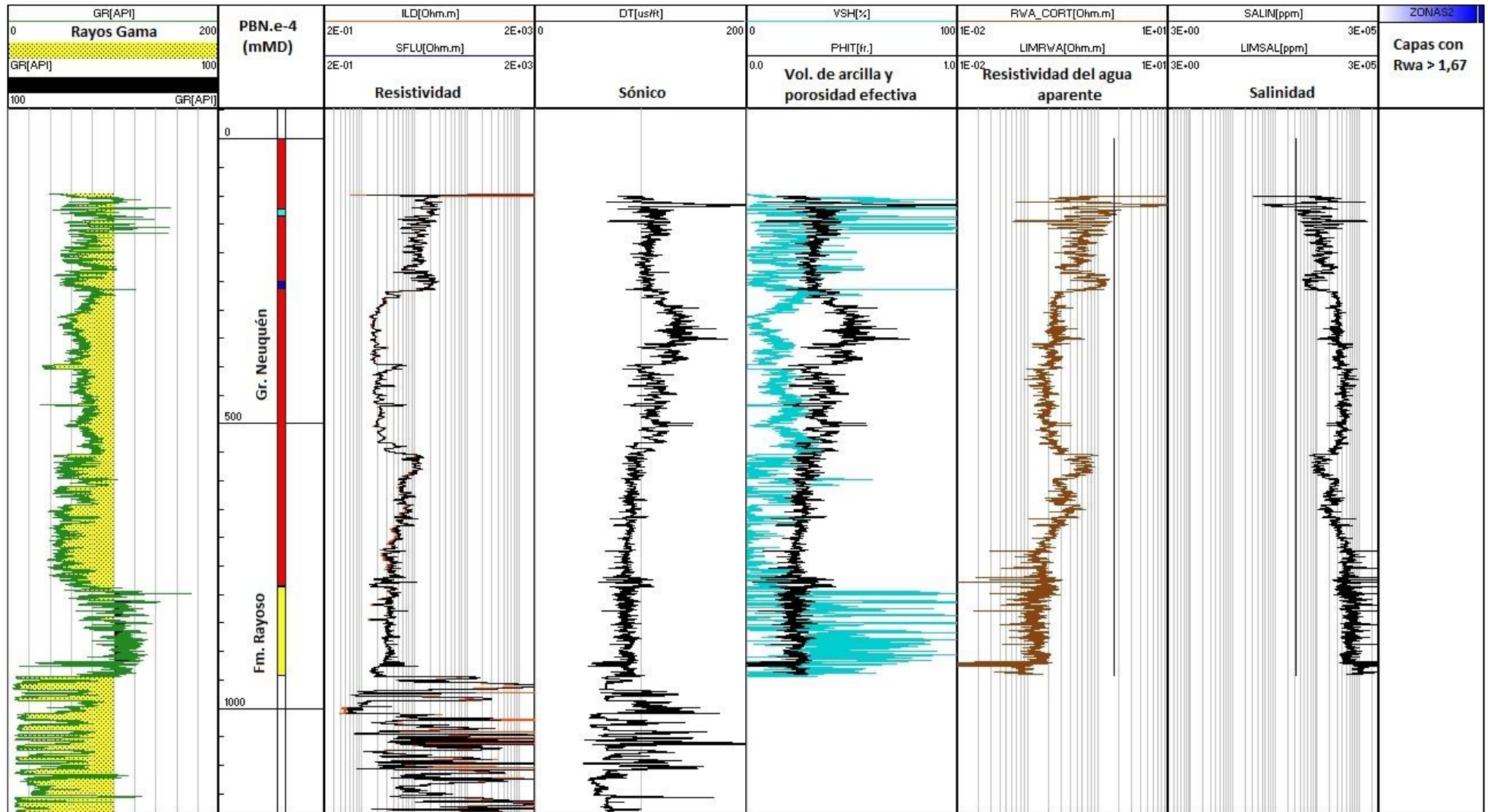


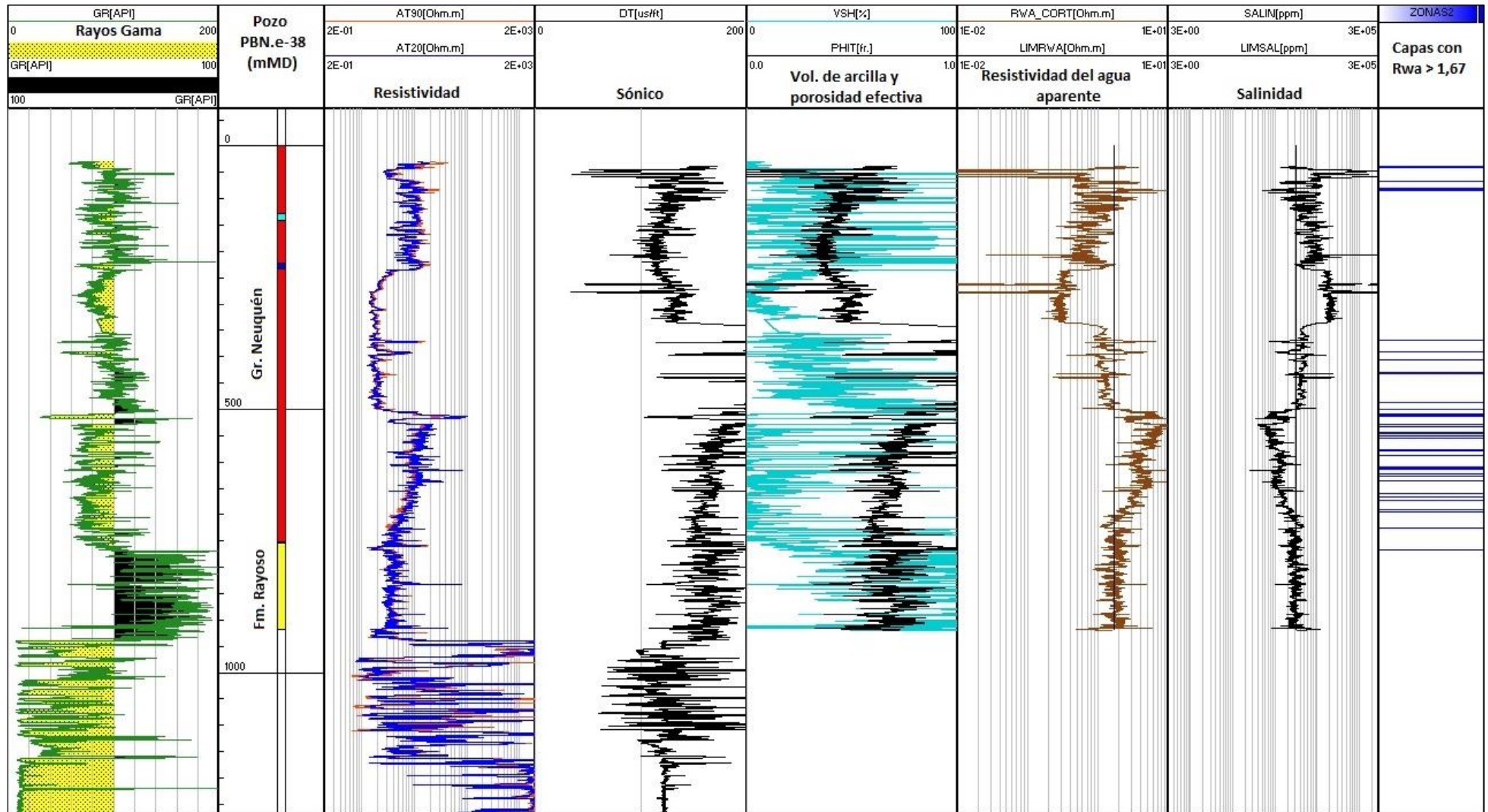
Paso de las Bardas Norte

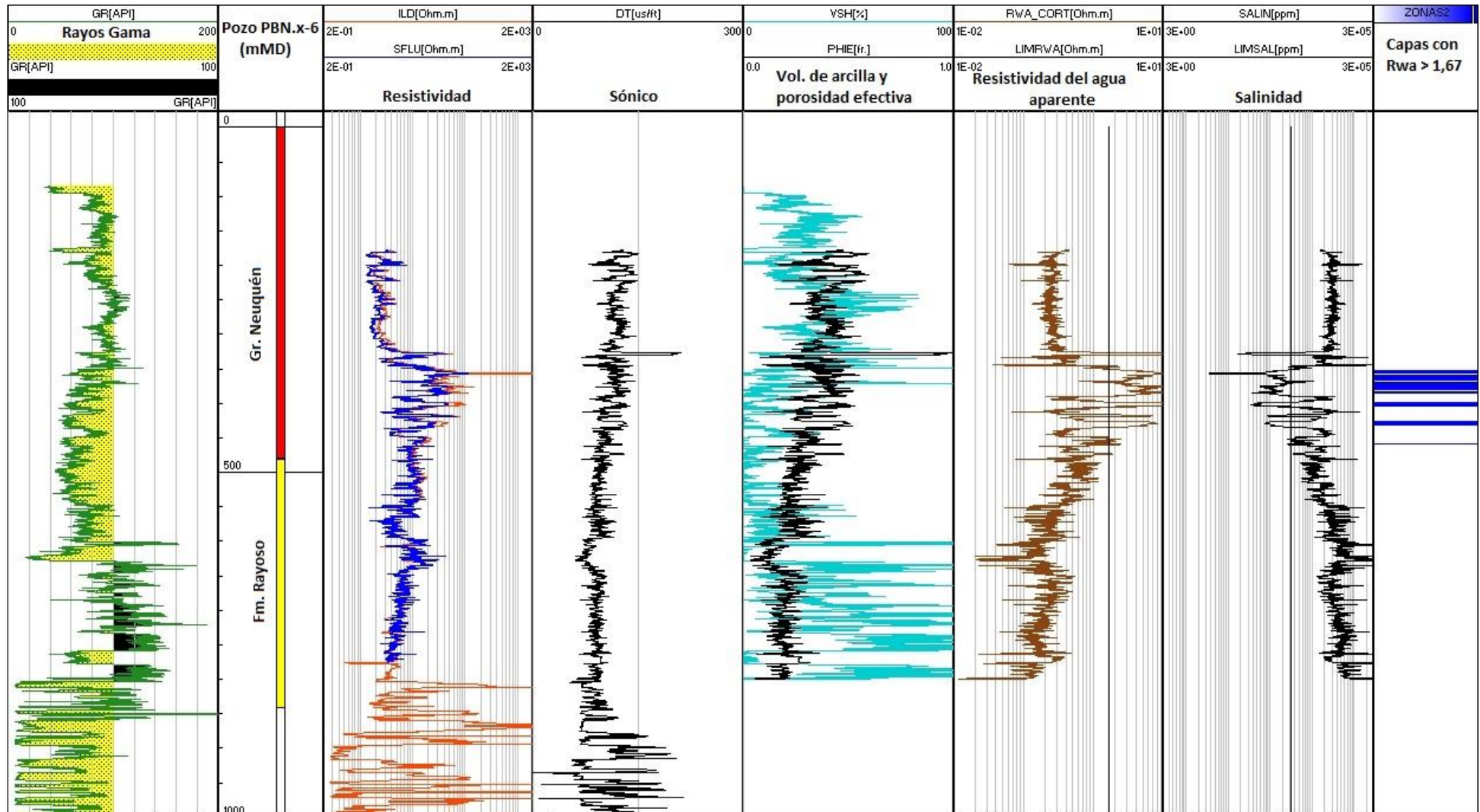


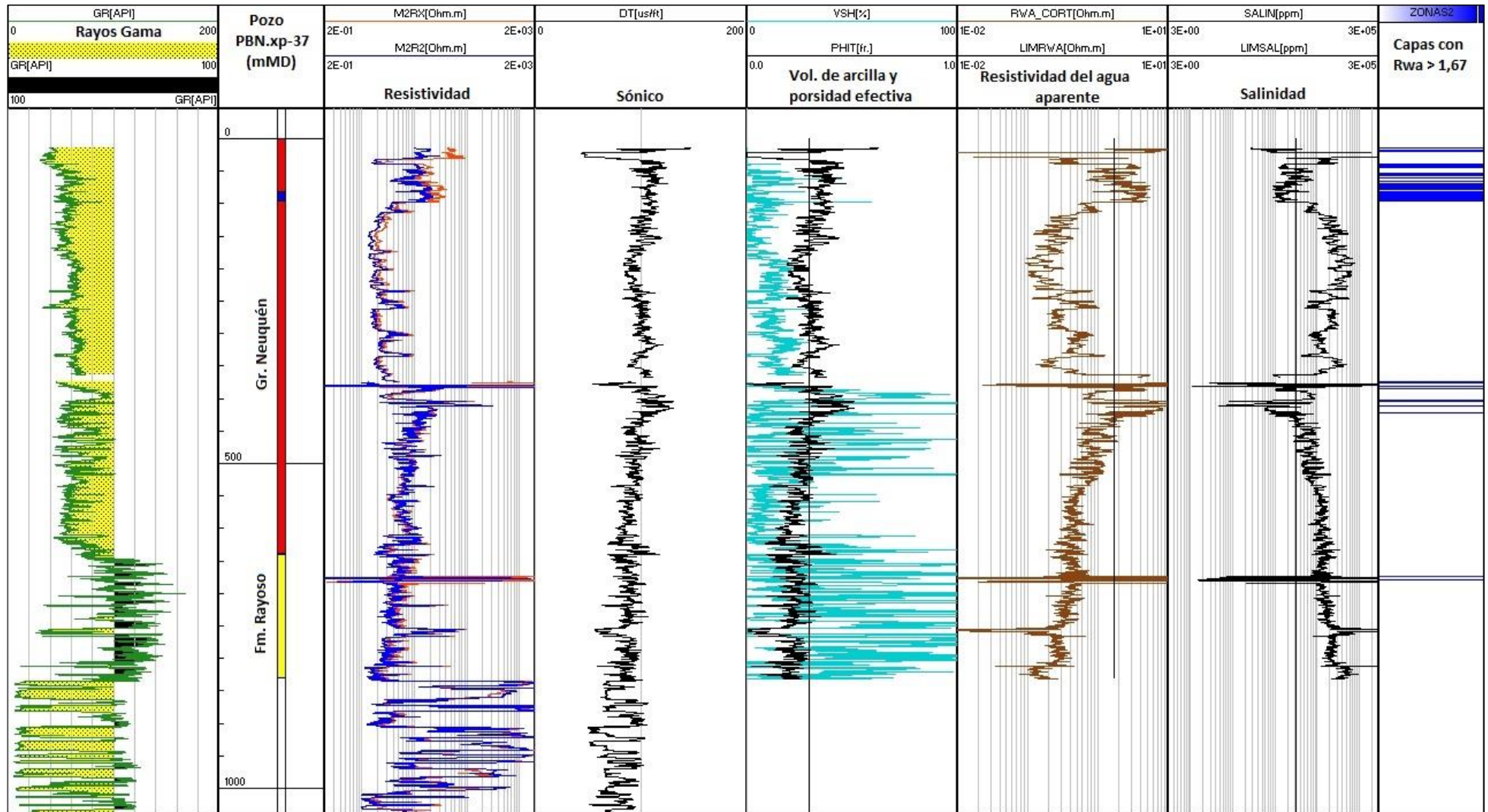
Hidroar S.A.
SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS Y AMBIENTALES

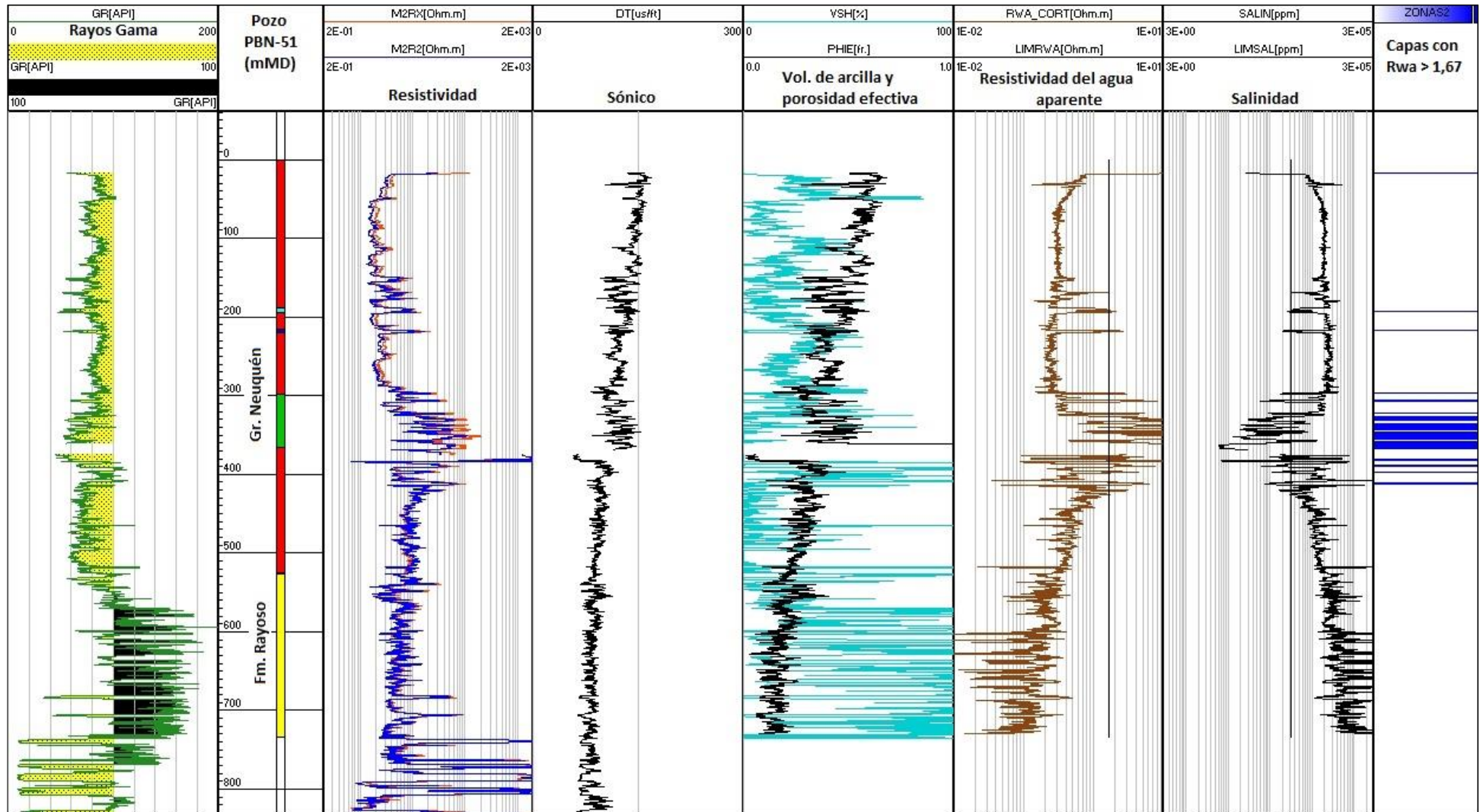










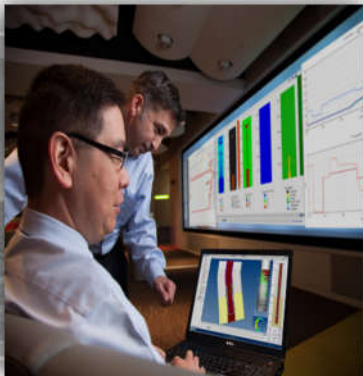


LAB ARC WS

Añelo

Argentina

- Report: Pruebas de Estimulación
- Client: YPF
- Requested by: Federico Cafardi
- Version: 002
- Lab #: 2021-072
- Date: 17-11-2021
- Performed by: Delvin Fuenmayor (DZambrano3@slb.com)



Schlumberger

1.0 Distribución

- Lab WS NQN (user-labNWA@slb.com)
- Florencia Manzano
- Federico Cafardi
- Emanuel Ibarrolaza

| Revisión Historia | | | |
|-------------------|---------|--------------------------------|------------------|
| Date | Versión | Descripción | Autor |
| 15-11-2021 | 1 | Analisis de Agua | Delvin Fuenmayor |
| 15/16-11-2021 | 1 | Hidratacion Dry FR J702 | Delvin Fuenmayor |
| 15/16-11-2021 | 1 | Hidratacion Dry FR J711 | Delvin Fuenmayor |
| 16-11-2021 | 1 | Hidratacion WF 125 – 130 – 140 | Delvin Fuenmayor |
| 17-11-2021 | 2 | Hidratacion Dry FR J702 | Delvin Fuenmayor |
| 17-11-2021 | 2 | Single Particle Fall Rate Test | Delvin Fuenmayor |

2. Introducción

Se solicita al laboratorio WS ARC probar la performance del aditivo Dry FR J702 – J711 – WF 125-30-40, como fluido de transporte del propante que son utilizados actualmente en las estimulaciones Hidraulicas. Para realizar las pruebas se utiliza muestras de agua en diferentes cortes, representativas del cliente YPF.

3. Materiales

- Vasos Metálicos.
- Balanzas.
- pH metro.
- Waring Blender.
- Jeringas
- Erlenmeyer
- Vaso de precipitados
- Mezclado de Cabeza

4. Ensayo Fisicoquimico del Agua

| Determinacion | H ₂ O Rio Neuquen | H ₂ O Rio Colorado | H ₂ O Inyeccion |
|---------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Aspecto | Incoloro | Turbio | Incoloro |
| Densidad | 1.002 Kg/lit | 1.002 Kg/lit | 1.14 Kg/lit |
| Ph | 8.30 | 8.06 | 7.39 |
| Temperatura | 19 °C | 21.5 °C | 21.8 °C |
| Hierro | 0.21 mg/l | 0.36 mg/l | 4.04 mg/l |
| Carbonatos | - | - | - |
| Bicarbonatos | 79 mg/l | 94.5 mg/l | 512 mg/l |
| Calcio | 30 mg/l | 86 mg/l | 5240 mg/l |
| Magnesio | 3 mg/l | 4 mg/l | 900 mg/l |
| Cloruros | 177 mg/l | 195 mg/l | 106300 mg/l |
| TDS | 300 mg/l | 495 mg/l | 112956 mg/l |

5. Método y Resultados.

5.1. Hidratacion Dry FR J702 / FR J711 / WF125 / WF 130 / WF 140 @ 300rpm Ofite 900 Spring 0.2 @ 20degC

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 6ppt | J702 8ppt | J702 10ppt |
| 1 | 3.5 | 5.5 | 7.8 | 9.5 |
| 2 | 4.3 | 5.7 | 8.3 | 12.1 |
| 3 | 4.5 | 5.9 | 8.8 | 12.8 |
| 4 | 4.7 | 6.4 | 9.8 | 13.2 |
| 5 | 4.8 | 6.9 | 9.8 | 13.3 |
| 100% H ₂ O Dulce Rio Neuquen | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 6ppt | J702 8ppt | J702 10ppt | J702 12ppt |
| 1 | 3.3 | 5 | 6.6 | 9.6 | 10.3 |
| 2 | 3.3 | 5.1 | 6.7 | 9.8 | 10.5 |
| 3 | 3.4 | 5.1 | 6.7 | 9.8 | 10.7 |
| 4 | 3.4 | 5.1 | 6.7 | 9.9 | 11 |
| 5 | 3.4 | 5.2 | 6.7 | 9.9 | 11.3 |
| 100% H ₂ O Dulce Rio Colorado | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 8ppt | J702 12ppt | J702 16ppt | J702 20ppt |
| 1 | 2.2 | 3.9 | 5.3 | 6.9 | 9.7 |
| 2 | 2.2 | 4 | 6.2 | 8.3 | 10 |
| 3 | 2.2 | 4.1 | 6.7 | 8.5 | 10.8 |
| 4 | 2.3 | 4.2 | 6.7 | 8.8 | 13.5 |
| 5 | 2.3 | 4.2 | 6.7 | 8.9 | 14.4 |
| 90% H ₂ O Dulce Rio Colorado Vs. 10% Agua de Inyeccion | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 8ppt | J702 12ppt | J702 16ppt | J702 20ppt | J702 24ppt | J702 28ppt | J702 32ppt |
| 1 | 2.2 | 3 | 4.4 | 6.3 | 7.5 | 10.2 | 11.7 | 13.7 |
| 2 | 2.3 | 3.3 | 5.4 | 7.2 | 8.9 | 13.1 | 13.4 | 16.6 |
| 3 | 2.3 | 4 | 5.8 | 7.3 | 9.8 | 14.2 | 16 | 20.8 |
| 4 | 2.3 | 4.1 | 6 | 8 | 10.1 | 15.8 | 17.8 | 21.9 |
| 5 | 2.3 | 4.1 | 6.1 | 8.5 | 12 | 16.8 | 18.5 | 22.6 |
| 75% H ₂ O Dulce Rio Colorado Vs. 25% Agua de Inyeccion | | | | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------|-------|-------|
| TIEMPO | J711 4ppt | J711 8ppt | J711 12ppt | J711 16ppt | J711 20ppt | J711 24ppt | WF125 | WF130 | WF140 |
| 1 | 1.9 | 2.8 | 4 | 4.9 | 5.8 | 8.1 | 10.5 | 13.3 | 28.6 |
| 2 | 2 | 2.9 | 4.1 | 5 | 6.7 | 8.9 | 14.4 | 22.4 | 37.6 |
| 3 | 2 | 3 | 4.6 | 5.9 | 8 | 12.3 | 15.8 | 23.8 | 37.6 |
| 4 | 2.1 | 3.1 | 4.7 | 6.4 | 8.4 | 14.8 | 17.3 | 23.9 | 38.7 |
| 5 | 2.2 | 3.3 | 4.8 | 7.6 | 10.4 | 15.3 | 17.6 | 24.5 | 39.4 |
| 75% H₂O Dulce Rio Colorado Vs. 25% Agua de Inyeccion | | | | | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 8ppt | J702 12ppt | J702 16ppt | J702 20ppt | J702 24ppt | J702 28ppt | J702 32ppt |
| 1 | 1.8 | 2.8 | 4 | 5.2 | 6.9 | 8.4 | 10.9 | 13.6 |
| 2 | 1.8 | 3.4 | 5.2 | 6.7 | 8.8 | 13.8 | 15.1 | 20 |
| 3 | 2.1 | 3.8 | 6 | 7 | 10.6 | 14.2 | 19.1 | 23.2 |
| 4 | 2.3 | 4.1 | 6.2 | 7.8 | 12.8 | 15.1 | 20.8 | 24.5 |
| 5 | 2.3 | 4.1 | 6.4 | 8.4 | 13.4 | 18.7 | 21.3 | 25 |
| 50% H₂O Dulce Rio Colorado Vs. 50% Agua de Inyeccion | | | | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------|-------|-------|
| TIEMPO | J711 4ppt | J711 8ppt | J711 12ppt | J711 16ppt | J711 20ppt | J711 24ppt | WF125 | WF130 | WF140 |
| 1 | 1.8 | 2.8 | 3.8 | 4.4 | 5.8 | 6.8 | 12 | 14.1 | 28.7 |
| 2 | 1.9 | 2.8 | 4.1 | 4.7 | 6.4 | 7.9 | 17.2 | 22.7 | 37.9 |
| 3 | 1.9 | 2.8 | 4.3 | 5.4 | 7.7 | 11.8 | 18.4 | 23.8 | 38 |
| 4 | 1.9 | 2.9 | 4.5 | 6.4 | 8 | 13.9 | 18.8 | 24 | 38.8 |
| 5 | 1.9 | 2.9 | 4.7 | 7.3 | 9.4 | 15.2 | 19.1 | 24.7 | 39.6 |
| 50% H₂O Dulce Rio Colorado Vs. 50% Agua de Inyeccion | | | | | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 8ppt | J702 12ppt | J702 16ppt | J702 20ppt | J702 24ppt | J702 28ppt | J702 32ppt |
| 1 | 2.9 | 3 | 3.8 | 5.8 | 7 | 8.7 | 10.9 | 16.9 |
| 2 | 2.9 | 3.1 | 5.7 | 7.4 | 10.5 | 14.1 | 16 | 25.3 |
| 3 | 2.9 | 3.9 | 6.5 | 9.6 | 14 | 15.9 | 21.8 | 26.5 |
| 4 | 2.9 | 4.3 | 6.9 | 9.7 | 14.8 | 17 | 23.6 | 27 |
| 5 | 3 | 4.5 | 7.3 | 10 | 15 | 19.3 | 25 | 28.9 |
| 100% Agua de Inyeccion | | | | | | | | |

5.2. Single Particle Fall Rate Test

| Fluid Name | Concentracion (ppt) | H ₂ O Rio Neuquen 100% | H ₂ O Rio Colorado | H ₂ O Rio Colorado Vs. H ₂ O Inyeccion | | | H ₂ O Iyeccion |
|--------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|---------|---------|---------------------------|
| Dry FR 702 | 4 | 4.46 | 8.68 | 9.17 | 15.00 | 15.00 | 11.93 |
| | 6 | 1.67 | 5.53 | - | - | - | - |
| | 8 | 0.67 | 2.06 | 8.74 | 9.76 | 9.76 | 8.30 |
| | 10 | 0.46 | 1.50 | - | - | - | - |
| | 12 | - | 0.62 | 6.00 | 7.20 | 6.64 | 4.61 |
| | 16 | - | - | 3.82 | 4.20 | 4.18 | 3.54 |
| | 20 | - | - | 2.83 | 3.17 | 3.00 | 2.79 |
| | 24 | - | - | - | 2.68 | 2.49 | 2.19 |
| | 28 | - | - | - | 2.13 | 1.84 | 1.61 |
| | 32 | - | - | - | 1.63 | 1.53 | 1.35 |
| Relacion (%) | - | 100 | 100 | 90 : 10 | 75 : 25 | 50 : 50 | 100 |



| Fluid Name | Concentracion (ppt) | H ₂ O Rio Colorado Vs. H ₂ O Inyeccion | |
|--------------|---------------------|--|---------|
| Dry FR 711 | 4 | 16.50 | 18.33 |
| | 8 | 11.79 | 11.86 |
| | 12 | 7.50 | 7.50 |
| | 16 | 6.57 | 6.80 |
| | 20 | 4.25 | 4.64 |
| | 24 | 3.40 | 3.40 |
| Relacion (%) | - | 75 : 2 5 | 50 : 50 |

| Fluid Name | Concentracion (ppt) | H ₂ O Rio Colorado Vs. H ₂ O Inyeccion | |
|--------------|---------------------|--|---------|
| WF 125 | 25 | 2.21 | 2.05 |
| WF 130 | 30 | No Baja | No Baja |
| WF 140 | 40 | No Baja | No Baja |
| Relacion (%) | - | 75 : 25 | 50 : 50 |

Ensayos compatibilidad agua- fluido de fractura – Paso de las Bardas

Las operaciones de estimulación hidráulica exigen que los fluidos a utilizar puedan desarrollar las propiedades reológicas necesarias para garantizar el transporte de agente sostén a formación, como así también una reducción de fricciones en cañería con el objetivo de disminuir la potencia hidráulica. En este sentido, la compatibilidad entre los aditivos de fractura y el agua utilizada en la operación determinará la calidad del fluido final y en la performance del mismo.

A fin de determinar la formulación óptima de aditivos en función de la calidad del agua, se realizan ensayos de laboratorio para evaluar la reología. En función de estos ensayos es posible determinar el fluido con mejores propiedades según el requerimiento de la operación.

En la actualidad, los desarrollos shale han migrado hacia la utilización de fluidos basados en polímeros del tipo HVFR “High Viscosity Friction Reducers” debido a ventajas logísticas, operativas y su gran versatilidad. En función de esto, se solicitó a las compañías de servicios “Cía 1” y “Cía 2” que proveen este tipo de productos una serie de pruebas de laboratorio para encontrar el/los fluidos idóneos para las operaciones planificadas, bajo la premisa de maximizar la utilización de agua de inyección en su formulación.

Las pruebas de laboratorio realizadas consisten en los siguientes puntos:

- Verificación de propiedades físicoquímicas del agua;
- Curvas de hidratación de polímeros;
- Ensayo Friction Flow Loop Test.

Cada compañía de servicio realizó los ensayos anteriormente descriptos testeando diferentes polímeros de su cartera de productos con mezclas de agua en diferentes proporciones:

| BLEND | Agua Río colorado | Agua de inyección |
|---------|-------------------|-------------------|
| Blend 1 | 100% | 0% |
| Blend 2 | 75% | 25% |
| Blend 3 | 50% | 50% |

**Nota: El agua de inyección corresponde a la PIA Centro de Chihuido de la Salina.*

| Cía 1 | | Cía 2 | |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Polímero | Concentración | Polímero | Concentración |
| Excelerate LX-16 (líquido) | 4 y 6 gpt | J702 (sólido) | 4-32 ppt |
| FDP-S1397-20 (líquido) | 4 y 6 gpt | J711 (sólido) | 4-24 ppt |
| FDP-S1438-21 (líquido) | 4 y 6 gpt | WF 125-140 | 25-40 ppt |
| FDP-S1431-21 (líquido) | 4 y 6 gpt | | |
| FDP-S1351-18 (sólido) | 12 y 18 ppt | | |
| FDP-S1418-21 (sólido) | 12 y 18 ppt | | |
| FDP-S1386-20 (sólido) | 12 y 18 ppt | | |

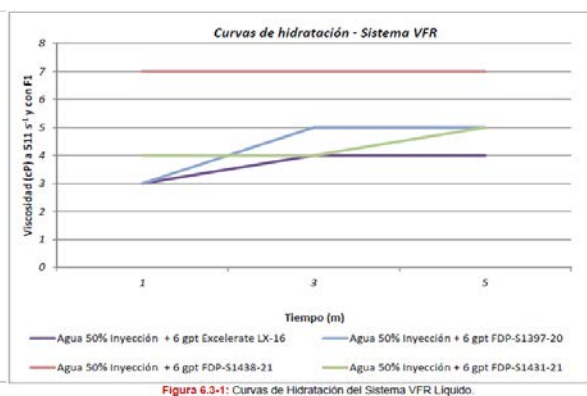
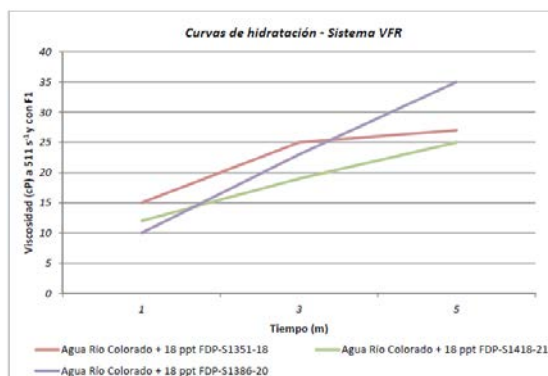
Resultados de laboratorio

- **Análisis fisicoquímico del agua:**

| Parámetro | Método | Método de Referencia | YPF 100% Agua de Inyección 14/11/2021 | YPF 50% Agua de Inyección | YPF 25% Agua de Inyección | YPF - Río Colorado 22/11/2021 | Unidades |
|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------|
| Bacteria | | | N/D | N/D | N/D | N/D | |
| pH | WM-LA-HAL-STIM-LAB-117-ES | SM 4500-H+ B | 6.8 | 7.29 | 7.68 | 7.74 | |
| Temperatura in situ | | SM 2550 B | 66.2 | 65.6 | 74 | 69 | °F |
| Turbidez | HACH - Equipo 2100Q | 40 CFR 141 | 25.7 | 130 | 9.46 | 0.41 | NTU |
| TSS | WM-LA-HAL-STIM-LAB-107-ES | | 29 | 128 | 10 | 1 | ppm |
| Gravedad Específica | WM-LA-HAL-STIM-LAB-118-ES | | 1.104 | 1.052 | 1.03 | 1.002 | |
| TDS Estequiométrico | Estequiométrico | | 163574.21 | 78771.90 | 38659.14 | 1612.53 | ppm |
| Alcalinidad Total | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 130 | 116 | 188 | 125 | ppm |
| Hidroxidos Alcalinos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 0 | 0 | 0 | 0 | ppm |
| Carbonatos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 0 | 0 | 4 | 16 | ppm |
| Bicarbonatos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 130 | 116 | 184 | 109 | ppm |
| Dureza Total | HACH - Método 8213 | SM 2340 B | 16100 | 7800 | 3100 | 690 | ppm |
| Calcio, Dureza | WM-LA-HAL-STIM-LAB-109-ES | SM 3500-Ca D | 13100 | 6600 | 2200 | 670 | ppm |
| Magnesio | Estequiométrico | | 3000 | 1200 | 900 | 20 | ppm |
| Cloruros | WM-LA-HAL-STIM-LAB-110-ES | SM 4500-Cl B | 100110.00 | 48052.80 | 23525.85 | 444.49 | ppm |
| Sulfatos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-116-ES | ASTM D516-90 | 2000 | 970 | 505 | 369 | ppm |
| Hierro | WM-LA-HAL-STIM-LAB-113-ES | 40 CFR 13E | 3.70 | 1.79 | 0.91 | 0.04 | ppm |
| Sodio | Estequiométrico | | 45230.51 | 21831.31 | 11343.38 | 0.00 | ppm |

| Parámetro | Bacteria | pH | Temperatura in situ | Gravedad Específica | TDS | Carbonatos | Sulfatos | Hierro |
|-----------------------|----------------------|-------|---------------------|---------------------|-------------|------------|------------|----------|
| Parámetro Recomendado | <10 ⁴ /mL | 6 a 8 | 40 a 100 °F | < 1.038 | TDS < 50000 | < 300 ppm | < 1000 ppm | < 10 ppm |

- **Ensayos compatibilidad de fluidos "Cia 1":**



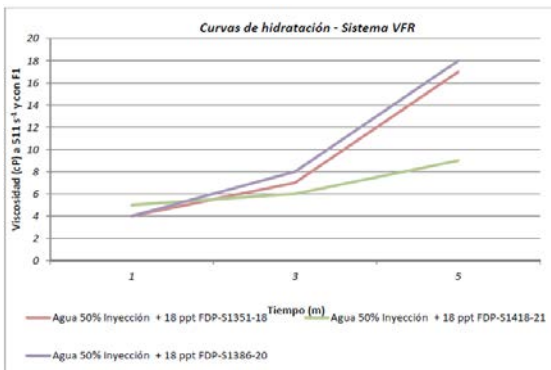


Figura 6.3-2: Curvas de Hidratación del Sistema VFR Sólido.

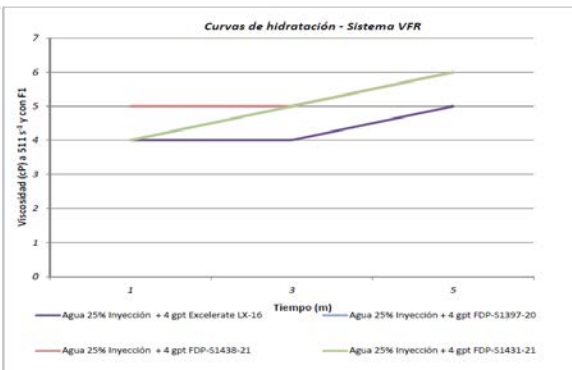


Figura 6.4-1: Curvas de Hidratación del Sistema VFR Líquido.

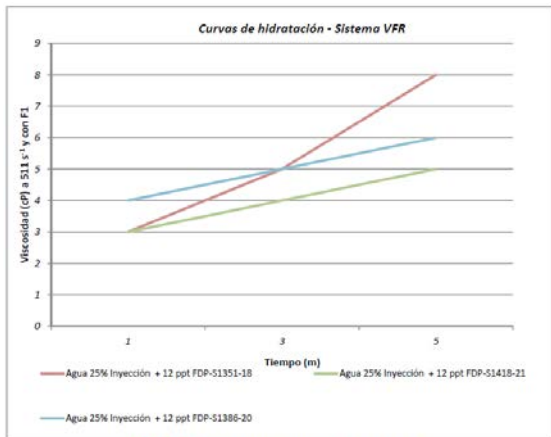


Figura 6.4-2: Curvas de Hidratación del Sistema VFR Sólido.

- Friction Flow Loop Test "Cia 1":

Tabla 6.5-1: Resultados de los porcentajes de reducción

| Diseño del Fluido | %Reducción de Fricción |
|---|------------------------|
| Blanco: YPF - YPF - 50% Agua Inyección - 50% Agua Rio Colorado | 2% |
| YPF - 50% Agua Inyección - 50% Agua Rio Colorado - 1 gpt FDP-S1438-21 | 66% |
| YPF - 50% Agua Inyección - 50% Agua Rio Colorado - 3 ppt FDP-S1386-20 | 60% |

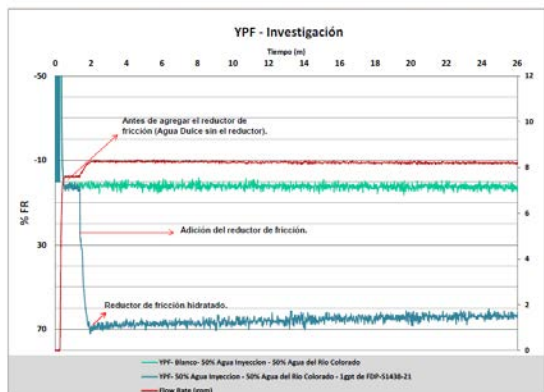


Figura 6.5-1: Resultados de los porcentajes de reducción del FDP-S1438-21.

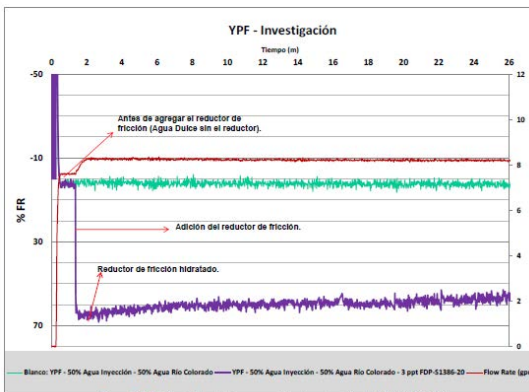


Figura 6.5-2: Resultados de los porcentajes de reducción del FDP-S1386-20.

• Ensayos compatibilidad de fluidos “Cia 2”:

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 6ppt | J702 8ppt | J702 10ppt | J702 12ppt |
| 1 | 3.3 | 5 | 6.6 | 9.6 | 10.3 |
| 2 | 3.3 | 5.1 | 6.7 | 9.8 | 10.5 |
| 3 | 3.4 | 5.1 | 6.7 | 9.8 | 10.7 |
| 4 | 3.4 | 5.1 | 6.7 | 9.9 | 11 |
| 5 | 3.4 | 5.2 | 6.7 | 9.9 | 11.3 |
| 100% H ₂ O Dulce Rio Colorado | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 8ppt | J702 12ppt | J702 16ppt | J702 20ppt | J702 24ppt | J702 28ppt | J702 32ppt |
| 1 | 2.2 | 3 | 4.4 | 6.3 | 7.5 | 10.2 | 11.7 | 13.7 |
| 2 | 2.3 | 3.3 | 5.4 | 7.2 | 8.9 | 13.1 | 13.4 | 16.6 |
| 3 | 2.3 | 4 | 5.8 | 7.3 | 9.8 | 14.2 | 16 | 20.8 |
| 4 | 2.3 | 4.1 | 6 | 8 | 10.1 | 15.8 | 17.8 | 21.9 |
| 5 | 2.3 | 4.1 | 6.1 | 8.5 | 12 | 16.8 | 18.5 | 22.6 |
| 75% H ₂ O Dulce Rio Colorado Vs. 25% Agua de Inyeccion | | | | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------|-------|-------|
| TIEMPO | J711 4ppt | J711 8ppt | J711 12ppt | J711 16ppt | J711 20ppt | J711 24ppt | WF125 | WF130 | WF140 |
| 1 | 1.9 | 2.8 | 4 | 4.9 | 5.8 | 8.1 | 10.5 | 13.3 | 28.6 |
| 2 | 2 | 2.9 | 4.1 | 5 | 6.7 | 8.9 | 14.4 | 22.4 | 37.6 |
| 3 | 2 | 3 | 4.6 | 5.9 | 8 | 12.3 | 15.8 | 23.8 | 37.6 |
| 4 | 2.1 | 3.1 | 4.7 | 6.4 | 8.4 | 14.8 | 17.3 | 23.9 | 38.7 |
| 5 | 2.2 | 3.3 | 4.8 | 7.6 | 10.4 | 15.3 | 17.6 | 24.5 | 39.4 |
| 75% H ₂ O Dulce Rio Colorado Vs. 25% Agua de Inyeccion | | | | | | | | | |

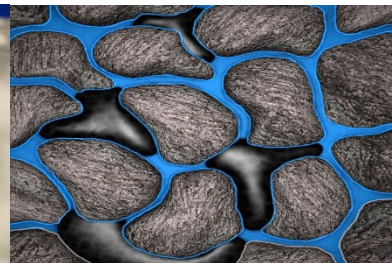
| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 8ppt | J702 12ppt | J702 16ppt | J702 20ppt | J702 24ppt | J702 28ppt | J702 32ppt |
| 1 | 1.8 | 2.8 | 4 | 5.2 | 6.9 | 8.4 | 10.9 | 13.6 |
| 2 | 1.8 | 3.4 | 5.2 | 6.7 | 8.8 | 13.8 | 15.1 | 20 |
| 3 | 2.1 | 3.8 | 6 | 7 | 10.6 | 14.2 | 19.1 | 23.2 |
| 4 | 2.3 | 4.1 | 6.2 | 7.8 | 12.8 | 15.1 | 20.8 | 24.5 |
| 5 | 2.3 | 4.1 | 6.4 | 8.4 | 13.4 | 18.7 | 21.3 | 25 |
| 50% H ₂ O Dulce Rio Colorado Vs. 50% Agua de Inyeccion | | | | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------|-------|-------|
| TIEMPO | J711 4ppt | J711 8ppt | J711 12ppt | J711 16ppt | J711 20ppt | J711 24ppt | WF125 | WF130 | WF140 |
| 1 | 1.8 | 2.8 | 3.8 | 4.4 | 5.8 | 6.8 | 12 | 14.1 | 28.7 |
| 2 | 1.9 | 2.8 | 4.1 | 4.7 | 6.4 | 7.9 | 17.2 | 22.7 | 37.9 |
| 3 | 1.9 | 2.8 | 4.3 | 5.4 | 7.7 | 11.8 | 18.4 | 23.8 | 38 |
| 4 | 1.9 | 2.9 | 4.5 | 6.4 | 8 | 13.9 | 18.8 | 24 | 38.8 |
| 5 | 1.9 | 2.9 | 4.7 | 7.3 | 9.4 | 15.2 | 19.1 | 24.7 | 39.6 |
| 50% H ₂ O Dulce Rio Colorado Vs. 50% Agua de Inyeccion | | | | | | | | | |

| Viscosidad (cP) Vs. Tiempo de Hidratacion (min) | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| TIEMPO | J702 4ppt | J702 8ppt | J702 12ppt | J702 16ppt | J702 20ppt | J702 24ppt | J702 28ppt | J702 32ppt |
| 1 | 2.9 | 3 | 3.8 | 5.8 | 7 | 8.7 | 10.9 | 16.9 |
| 2 | 2.9 | 3.1 | 5.7 | 7.4 | 10.5 | 14.1 | 16 | 25.3 |
| 3 | 2.9 | 3.9 | 6.5 | 9.6 | 14 | 15.9 | 21.8 | 26.5 |
| 4 | 2.9 | 4.3 | 6.9 | 9.7 | 14.8 | 17 | 23.6 | 27 |
| 5 | 3 | 4.5 | 7.3 | 10 | 15 | 19.3 | 25 | 28.9 |
| 100% Agua de Inyeccion | | | | | | | | |

Comentarios

- Los polímeros testeados son susceptibles a los TDS del agua ya que estos actúan en detrimento de los valores de viscosidad finales.
- En los fisicoquímicos de las aguas analizadas, se observa que el agua de inyección presenta mayor valor de TDS que el agua de Río Colorado. En función de esto, al incrementar la proporción de agua de inyección se incrementa el valor de TDS.
- Esto requiere un incremento sustancial en la concentración del polímero necesario para llegar a un valor determinado de viscosidad. De todas formas, en muchos casos las viscosidades desarrolladas con mezclas de agua siguen siendo muy inferiores a las que se obtienen con 100 % agua de río.
- Los ensayos preliminares de Friction Flow Loop Test realizados (al momento solo se han testeado 2 polímeros de "Cia 1") muestran baja sensibilidad de la capacidad de reducción de fricción de un mismo polímero ante las variaciones en la salinidad del agua estudiadas.
- En función del abanico de productos testeado por ambas compañías (polímeros para aguas de baja salinidad, polímeros compatibles con salinidad elevada e incluso geles lineales de diferentes librajes) se observa que la estrategia que se adapta a la mayoría de los escenarios y que garantiza una viscosidad de fluido mínima aceptable para este tipo de operación, es la mezcla 50% agua de Río Colorado – 50% agua de inyección.



Informe Soporte Técnico Laboratorio PE

Cliente: YPF

Investigación

Requerido por: Gabriel Triffiletti

Analistas: Dario N. Soto – Damian Mancilla – Dario Tello

Revisado por: Marianela Ruffato

Aprobado por: Pablo Andrés Sanchez

Fecha: 29/11/2021

HALLIBURTON

Production
Enhancement

Tabla de contenido

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción | 3 |
| 2. Objetivos | 3 |
| 3. Metodología | 3 |
| 3.1 <i>Control Reológico Sistema MVFR/HVFR a Temperatura Ambiente</i> | 3 |
| 3.2 <i>Friction Flow Loop Test</i> | 4 |
| 4. Aditivos Utilizados | 4 |
| 5. Equipos Del Laboratorio Utilizados | 5 |
| 6. Ensayos | 6 |
| 6.1 <i>Análisis Físicoquímico del Agua</i> | 6 |
| 6.2 <i>Hidratación del Sistema VFR – 100% Agua Río Colorado</i> | 8 |
| 6.3 <i>Hidratación del sistema VFR – 50% Agua Río Colorado – 50% Agua de Inyección</i> | 10 |
| 6.4 <i>Hidratación del Sistema VFR – 75% Agua Río Colorado – 25% Agua de Inyección</i> | 12 |
| 6.5 <i>Friction Loop Test</i> | 14 |
| 7. Comentarios y Conclusiones | 16 |
| 8. Versión del Reporte | 17 |

1. Introducción

Se solicita al Laboratorio de Neuquén realizar el control reológico del Sistema de fluido VFR, utilizando diferentes viscosificantes con las siguientes mezclas de las fuentes de agua de inyección y de agua de Río Colorado:

- 100% Agua Río Colorado.
- 75% Agua Río Colorado – 25% Agua de Inyección.
- 50% Agua Río Colorado – 50% Agua de Inyección.

Los ensayos de las hidrataciones y el *Friction Flow Loop Test* del FDP-S1438-21 se hicieron con la fuente del agua de inyección recibida el 14/11/2021. Mientras que, el *Friction Flow Loop Test* del FDP-S1386-20 con la fuente de agua de inyección recibida el 26/11/2021.

| | <i>Excelebrate</i> | <i>FightR</i> | <i>FightR LXD</i> | <i>FightR LXD</i> | <i>FightR HSD</i> | <i>FightR HS</i> | <i>FightR HS</i> |
|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Nombre | Excelebrate LX-16 | FDP-S1397-20 | FDP-S1351-18 | FDP-S1418-21 | FDP-S1386-20 | FDP-S1438-21 | FDP-S1431-21 |
| Tipo | Emulsión | Emulsión | Polvo | Polvo | Polvo | Emulsión | Emulsión |
| Carga | Catiónico | Aniónico | Aniónico | Aniónico | Aniónico | Aniónico | Aniónico |
| HVFR límite TDS | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 |
| FR límite TDS | 325,000 | 15,000 | 25,000 | 25,000 | 100,000 | 150,000 | 100,000 |

Todas las opciones de aditivos mencionados en la tabla superior tienen una limitación como reductores de fricción hasta los TDS indicados. Mientras que como HVFR, empiezan a mostrar una caída significativa de viscosidad a partir de 5000 ppm de TDS.

2. Objetivos

1. Verificar las propiedades fisicoquímicas del agua.
2. Realizar las curvas de hidratación.
3. Realizar el ensayo de Friction Flow Loop Test.

3. Metodología

3.1 Control Reológico Sistema MVFR/HVFR a Temperatura Ambiente

La evaluación de fluidos de fractura en condiciones dinámicas se realiza en el reómetro Fann-35. Mediante este ensayo, se determina el comportamiento del perfil de viscosidad, a temperatura ambiente y a un shear rate de 511 s^{-1} , adecuando la velocidad a 300 RPM y utilizando la combinación Rotor-Bob R1-B1. Además, se utilizó el resorte F1, cuya constante elástica es $K_{F1} = 386$. La optimización de la formulación adecuada del fluido de fractura se realiza en base a los valores observados en las curvas de hidratación, con y sin el agregado del ruptor al fluido.

3.2 Friction Flow Loop Test

Permite determinar la compatibilidad y la óptima dosificación de un reductor de fricción con la muestra de agua que se utilizará durante la operación.

El ensayo consiste en circular el fluido base y el reductor de fricción, por una cañería de 3/4", con un diámetro interior de 0.5618 pulgadas, a 10 gpm durante 26 minutos. Se realiza a un caudal constante para evitar que la salinidad del agua interfiera en la eficiencia del ensayo. En los primeros minutos el reductor de fricción se hidrata por completo.



4. Aditivos Utilizados

En las siguientes tablas se detallan las concentraciones y los números de lotes a utilizar en cada sistema de fluido. La Tabla 4-1 corresponde al Sistema SlickWater. Las Tablas 4-2 al Sistema VFR.

Tabla 4-1: Números de lotes y concentraciones de los aditivos utilizados del SlickWater.

| Producto | Descripción | Concentración | | Lote |
|---------------------|-------------------------------------|----------------------|------------|-------------------|
| FDP-S1438-21 | Reductor de fricción líquido | 1 | gpt | CT21109001 |
| FDP-S1386-20 | Reductor de fricción sólido | 3 | ppt | PC1846 |

Tabla 4-2: Números de lotes y concentraciones de los aditivos utilizados del sistema VFR.

| <i>Producto</i> | <i>Descripción</i> | <i>Concentración</i> | | <i>Lote</i> |
|------------------|--------------------|----------------------|-----|--------------|
| Excelerate LX-16 | VFR Líquido | 4 y 6 | gpt | CT21H27004 |
| FDP-S1397-20 | VFR Líquido | 4 y 6 | gpt | 2700095197 |
| FDP-S1438-21 | VFR Líquido | 4 y 6 | gpt | CT21I09001 |
| FDP-S1431-21 | VFR Líquido | 4 y 6 | gpt | RA38/6372M |
| FDP-S1351-18 | VFR Sólido | 12 y 18 | ppt | CJ10001 |
| FDP-S1418-21 | VFR Sólido | 12 y 18 | ppt | 202103101503 |
| FDP-S1386-20 | VFR Sólido | 12 y 18 | ppt | PC1846 |

5. Equipos Del Laboratorio Utilizados

Tabla 5-1: Detalle de los equipos del laboratorio, marca y modelo, con sus respectivos números de SAP, especificados para cada ensayo realizado.

| <i>Ensayo</i> | <i>Equipo</i> | <i>Marca Modelo</i> | <i>Número SAP</i> |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| <i>Análisis de Agua</i> | <i>Espectrofotómetro</i> | <i>HACH- DR-600</i> | <i>12785329</i> |
| <i>Control Reológico</i> | <i>Balanza Analítica</i> | <i>OHAUS - Analítica</i> | <i>12704889</i> |
| | <i>Mezcladora API</i> | <i>FANN - 386C5</i> | <i>11706302</i> |
| | <i>Fann-35</i> | <i>FANN- Model 35</i> | <i>300183900</i> |
| | <i>pH metro</i> | <i>HANNA - HI-8424</i> | <i>300092888</i> |
| <i>Friction Flow Test</i> | <i>Friction Flow Loop</i> | <i>Halliburton</i> | <i>12379935</i> |

6. Ensayos

6.1 Análisis Fisicoquímico del Agua

| Parámetro | Método | Método de Referencia | YPF 100% Agua de Inyección 14/11/2021 | YPF 50% Agua de Inyección | YPF 25% Agua de Inyección | YPF - Río Colorado 22/11/2021 | Unidades |
|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------|
| Bacteria | | | N/D | N/D | N/D | N/D | |
| pH | WM-LA-HAL-STIM-LAB-117-ES | SM 4500-H+ B | 6.8 | 7.29 | 7.68 | 7.74 | |
| Temperatura in situ | | SM 2550 B | 66.2 | 65.6 | 74 | 69 | °F |
| Turbidez | HACH - Equipo 2100Q | 40 CFR 141 | 25.7 | 130 | 9.46 | 0.41 | NTU |
| TSS | WM-LA-HAL-STIM-LAB-107-ES | | 29 | 128 | 10 | 1 | ppm |
| Gravedad Específica | WM-LA-HAL-STIM-LAB-118-ES | | 1.104 | 1.052 | 1.03 | 1.002 | |
| TDS Estequiométrico | Estequiométrico | | 163574.21 | 78771.90 | 38659.14 | 1612.53 | ppm |
| Alcalinidad Total | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 130 | 116 | 188 | 125 | ppm |
| Hidróxidos Alcalinos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 0 | 0 | 0 | 0 | ppm |
| Carbonatos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 0 | 0 | 4 | 16 | ppm |
| Bicarbonatos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 130 | 116 | 184 | 109 | ppm |
| Dureza Total | HACH - Método 8213 | SM 2340 B | 16100 | 7800 | 3100 | 690 | ppm |
| Calcio, Dureza | WM-LA-HAL-STIM-LAB-109-ES | SM 3500-Ca D | 13100 | 6600 | 2200 | 670 | ppm |
| Magnesio | Estequiométrico | | 3000 | 1200 | 900 | 20 | ppm |
| Cloruros | WM-LA-HAL-STIM-LAB-110-ES | SM 4500-CI B | 100110.00 | 48052.80 | 23525.85 | 444.49 | ppm |
| Sulfatos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-116-ES | ASTM D516-90 | 2000 | 970 | 505 | 369 | ppm |
| Hierro | WM-LA-HAL-STIM-LAB-113-ES | 40 CFR 136 | 3.70 | 1.79 | 0.91 | 0.04 | ppm |
| Sodio | Estequiométrico | | 45230.51 | 21831.31 | 11343.38 | 0.00 | ppm |

| Parámetro | Bacteria | pH | Temperatura in situ | Gravedad Específica | TDS | Carbonatos | Sulfatos | Hierro |
|------------------------------|----------------------|-------|---------------------|---------------------|-------------|------------|------------|----------|
| Parámetro Recomendado | <10 ⁵ /mL | 6 a 8 | 40 a 100 °F | < 1.038 | TDS < 50000 | < 300 ppm | < 1000 ppm | < 10 ppm |

La fuente de agua dulce del Río Colorado cumple con los parámetros recomendados por el Programa de Calidad de las Medallas de Oro.

| Parámetro | Método | Método de Referencia | YPF Agua 100% de Inyección 26/11/2021 | YPF 50% Agua de Inyección | YPF 100% Agua Río Colorado 22/11/2021 | Unidades |
|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------|
| Bacteria | | | N/D | N/D | N/D | |
| pH | WM-LA-HAL-STIM-LAB-117-ES | SM 4500-H+ B | 6.66 | 7.08 | 7.74 | |
| Temperatura in situ | | SM 2550 B | 70 | 70 | 69 | °F |
| Turbidez | HACH - Equipo 2100Q | 40 CFR 141 | 11.1 | 7.29 | 0.41 | NTU |
| TSS | WM-LA-HAL-STIM-LAB-107-ES | | 46 | 26.0 | 1.0 | ppm |
| Gravedad Específica | WM-LA-HAL-STIM-LAB-118-ES | | 1.1 | 1.058 | 1.002 | |
| TDS Estequiométrico | Estequiométrico | | 144487 | 80408 | 1612.53 | ppm |
| Alcalinidad Total | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 3900 | 400 | 125 | ppm |
| Hidróxidos Alcalinos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 0 | 0 | 0 | ppm |
| Carbonatos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 0 | 0 | 16 | ppm |
| Bicarbonatos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-108-ES | SM 2320 B | 3900 | 400 | 109 | ppm |
| Bario | WM-LA-HAL-STIM-LAB-112-ES | HACH - Método 8014 | 0 | 0 | 0 | ppm |
| Dureza Total | HACH - Método 8213 | SM 2340 B | 12100 | 6700 | 690 | ppm |
| Calcio, Dureza | WM-LA-HAL-STIM-LAB-109-ES | SM 3500-Ca D | 7900 | 4700 | 670 | ppm |
| Magnesio | Estequiométrico | | 4200 | 2000 | 20 | ppm |
| Cloruros | WM-LA-HAL-STIM-LAB-110-ES | SM 4500-CI B | 86095 | 49254 | 444.49 | ppm |
| Sulfatos | WM-LA-HAL-STIM-LAB-116-ES | ASTM D516-90 | 1409 | 764 | 369 | ppm |
| Hierro | WM-LA-HAL-STIM-LAB-113-ES | 40 CFR 136 | 4.51 | 2.49 | 0.04 | ppm |
| Sodio | Estequiométrico | | 40978.75 | 23287.20983 | 0 | ppm |

A pesar de ser diferentes muestras de agua de inyección, los valores de los iones se mantienen en el mismo orden.

6.2 Hidratación del Sistema VFR – 100% Agua Río Colorado

Se realizaron las curvas de hidratación del Sistema VFR, utilizando los viscosificantes tanto líquido como sólidos, con una relación de concentración 1:3. Los viscosificantes líquidos se dosificaron a 6 gpt, mientras que los viscosificantes sólidos a 18 ppt (Tabla 4-2). En este caso, se utilizó agua 100% del Río Colorado. Los resultados se evidencian en la Tabla 6.2-1 y se pueden observar en la Figura 6.2-1, para el sistema líquido y en la Figura 6.2-2 para el sólido.

Tabla 6.2-1: Resultados de la hidratación del sistema VFR.

| Curvas de hidratación - Sistema VFR | Tiempo (m) | | |
|--|------------|----|----|
| | 1 | 3 | 5 |
| Viscosidad (cP) a 511 s ⁻¹ y con F1 | | | |
| Agua Río Colorado + 6 gpt Excelerate LX-16 | 16 | 20 | 25 |
| Agua Río Colorado + 6 gpt FDP-S1397-20 | 30 | 33 | 34 |
| Agua Río Colorado + 6 gpt FDP-S1438-21 | 22 | 22 | 22 |
| Agua Río Colorado + 6 gpt FDP-S1431-21 | 17 | 18 | 20 |
| Agua Río Colorado + 18 ppt FDP-S1351-18 | 15 | 25 | 27 |
| Agua Río Colorado + 18 ppt FDP-S1418-21 | 12 | 19 | 25 |
| Agua Río Colorado + 18 ppt FDP-S1386-20 | 10 | 23 | 35 |

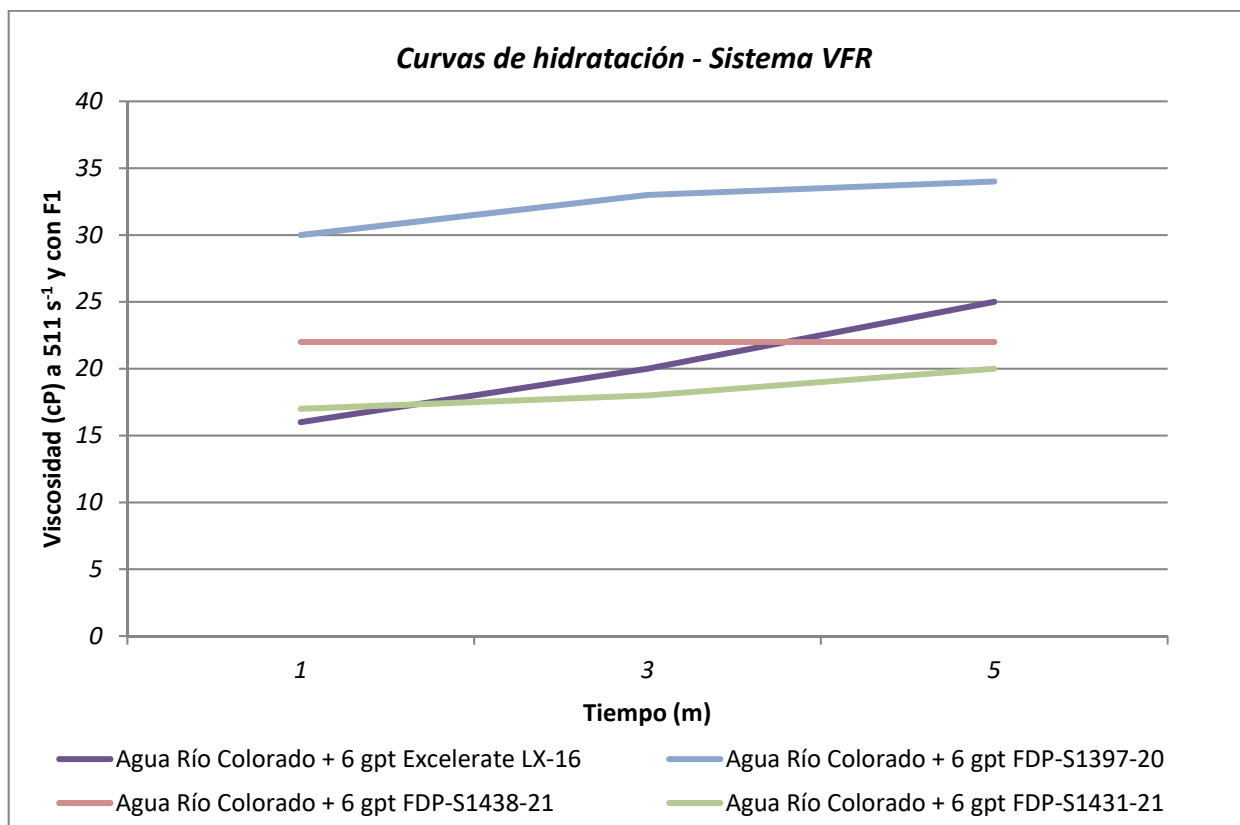


Figura 6.2-1: Curvas de Hidratación del Sistema VFR Líquido.

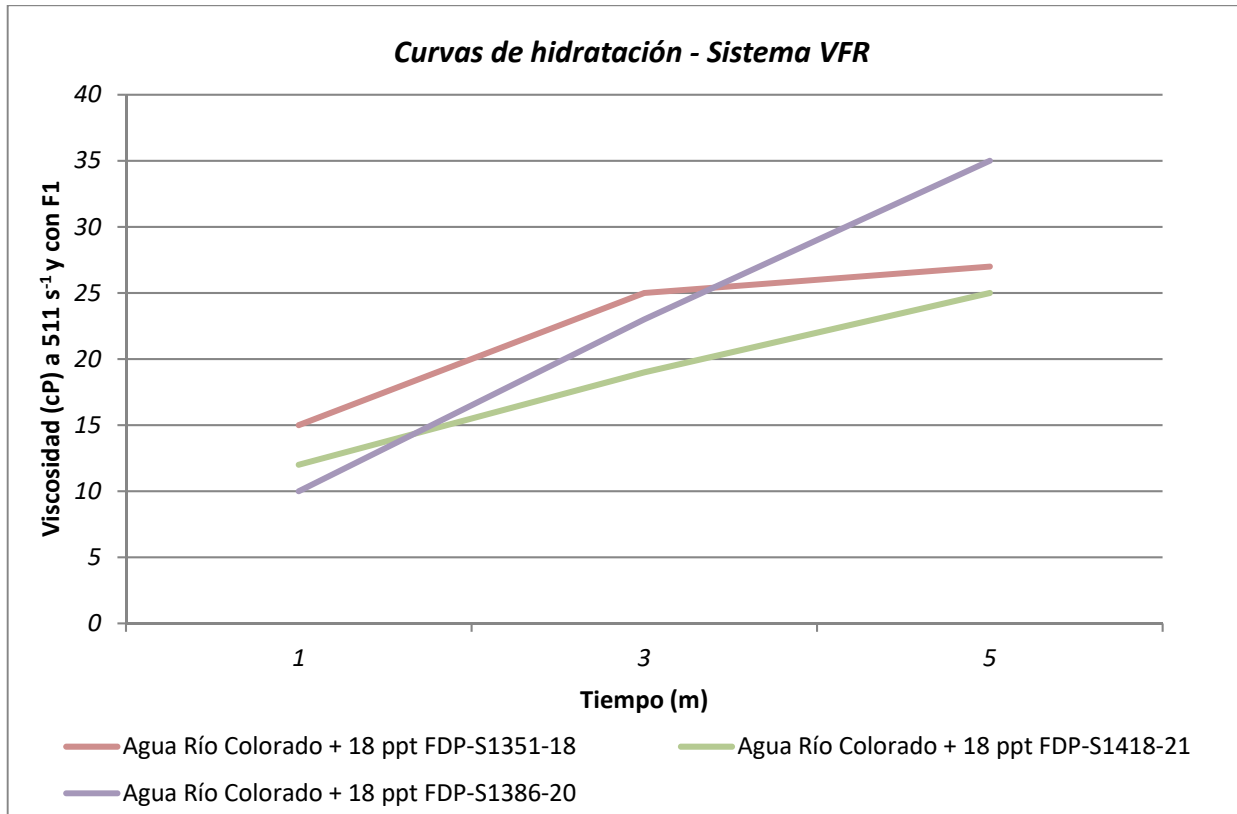


Figura 6.2-2: Curvas de Hidratación del Sistema VFR Sólido.

6.3 Hidratación del sistema VFR – 50% Agua Río Colorado – 50% Agua de Inyección

Análogamente al inciso anterior, se realizaron las curvas de hidratación del Sistema VFR con la mezcla de agua 50% Agua de Inyección y 50% Agua de Río Colorado. Los resultados se evidencian en la Tabla 6.3-1 y se pueden observar en la Figura 6.3-1, para el sistema líquido y en la Figura 6.3-2 para el sólido.

Tabla 6.3-1: Resultados de la hidratación del sistema MVFR/HVFR sólido a 511 s⁻¹.

| Curvas de hidratación - Sistema VFR Viscosidad (cP) a 511 s ⁻¹ y con F1 | Tiempo (m) | | |
|---|------------|---|----|
| | 1 | 3 | 5 |
| Agua 50% Inyección + 6 gpt Excelerate LX-16 | 3 | 4 | 4 |
| Agua 50% Inyección + 6 gpt FDP-S1397-20 | 3 | 5 | 5 |
| Agua 50% Inyección + 6 gpt FDP-S1438-21 | 7 | 7 | 7 |
| Agua 50% Inyección + 6 gpt FDP-S1431-21 | 4 | 4 | 5 |
| Agua 50% Inyección + 18 ppt FDP-S1351-18 | 4 | 7 | 17 |
| Agua 50% Inyección + 18 ppt FDP-S1418-21 | 5 | 6 | 9 |
| Agua 50% Inyección + 18 ppt FDP-S1386-20 | 4 | 8 | 18 |

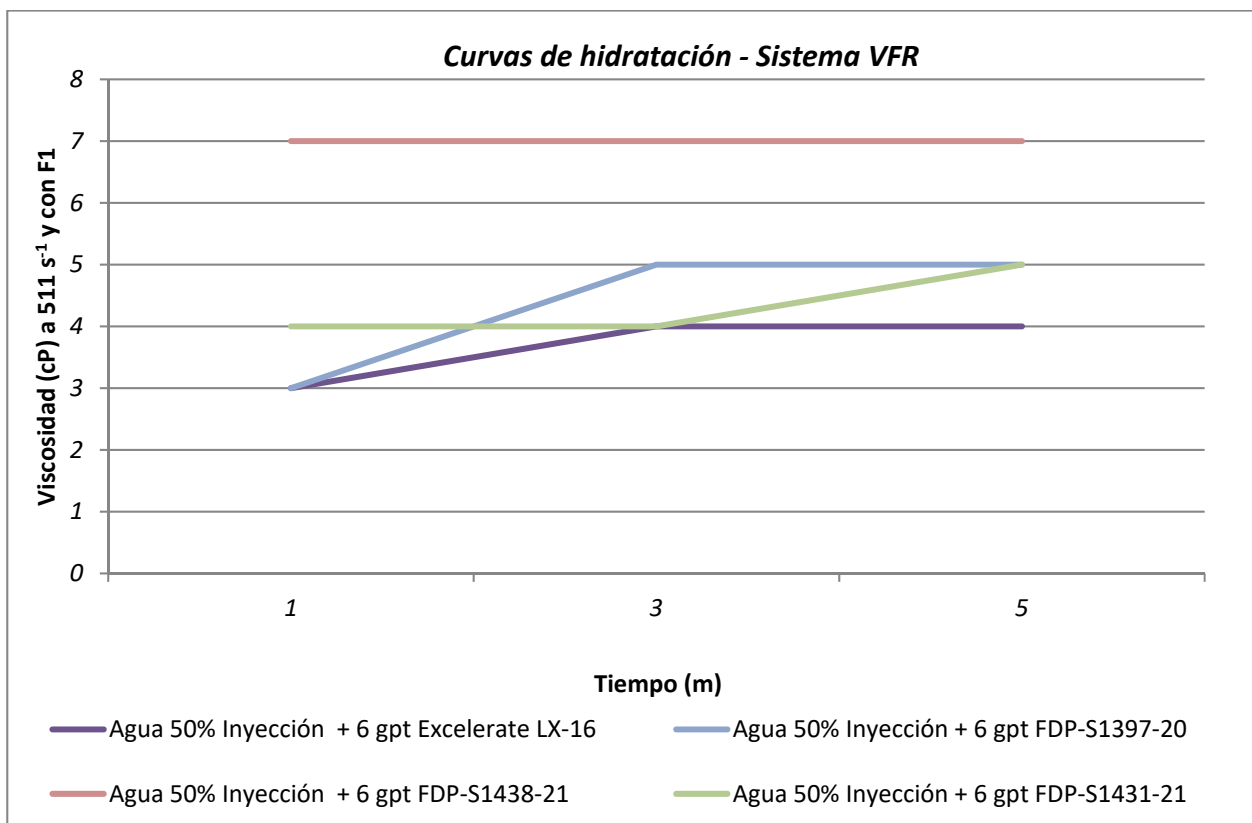


Figura 6.3-1: Curvas de Hidratación del Sistema VFR Líquido.

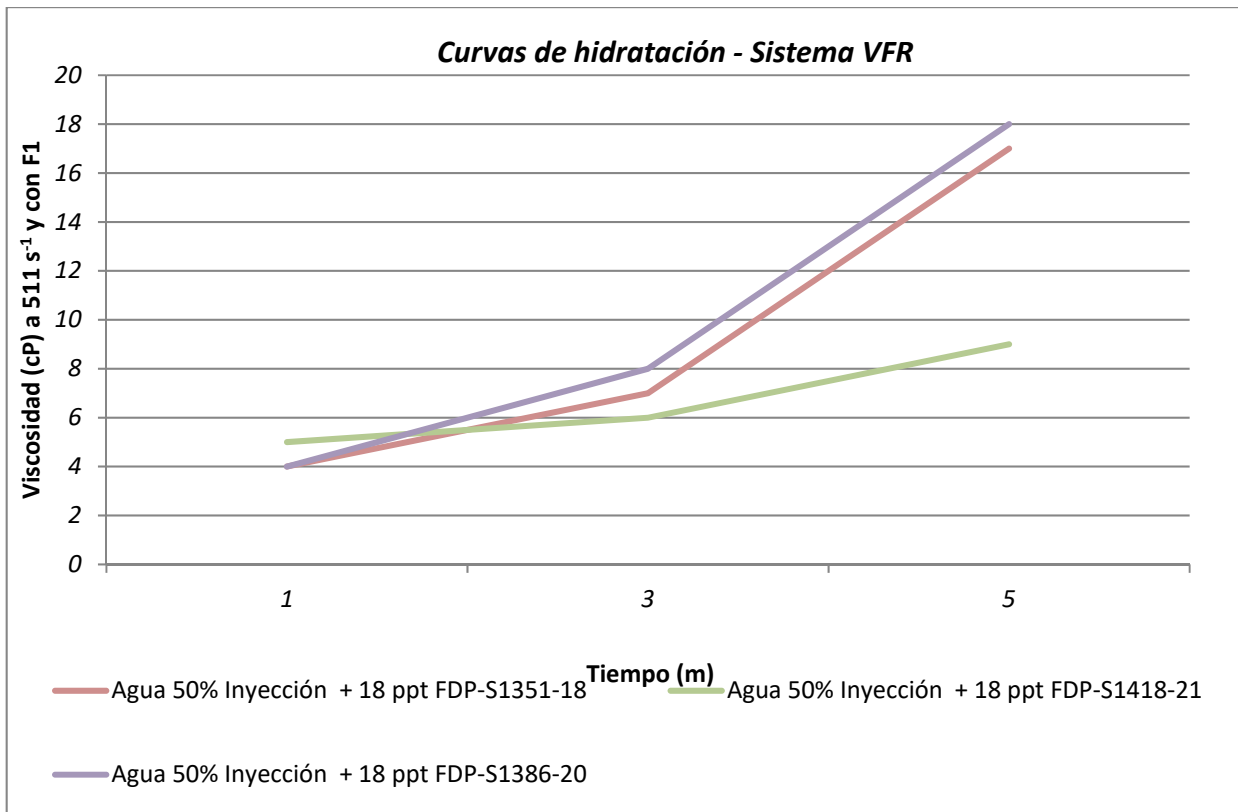


Figura 6.3-2: Curvas de Hidratación del Sistema VFR Sólido.

6.4 Hidratación del Sistema VFR – 75% Agua Río Colorado – 25% Agua de Inyección

En el caso de la mezcla de agua 75% Río Colorado y 25% Agua de Inyección, se decidió previamente a realizar el ensayo disminuir la dosificación a 4 gpt del viscosificante líquido y a 12 ppt del viscosificante sólido, respetando la relación 1:3. Los resultados se evidencian en la Tabla 6.4-1 y en la Figura 6.4-1 para el VFR líquido y en la Figura 6.4-2 para el VFR sólido.

Tabla 6.4-1: Resultados de las curvas de hidratación del Sistema VFR.

| Curvas de hidratación - Sistema VFR Viscosidad (cP) a 511 s-1 y con F1 | Tiempo (m) | | |
|---|------------|---|---|
| | 1 | 3 | 5 |
| Agua 25% Inyección + 4 gpt Excelerate LX-16 | 4 | 4 | 5 |
| Agua 25% Inyección+ 4 gpt FDP-S1397-20 | 4 | 5 | 6 |
| Agua 25% Inyección + 4 gpt FDP-S1438-21 | 5 | 5 | 6 |
| Agua 25% Inyección + 4 gpt FDP-S1431-21 | 4 | 5 | 6 |
| Agua 25% Inyección + 12 ppt FDP-S1351-18 | 3 | 5 | 8 |
| Agua 25% Inyección + 12 ppt FDP-S1418-21 | 3 | 4 | 5 |
| Agua 25% Inyección + 12 ppt FDP-S1386-20 | 4 | 5 | 6 |

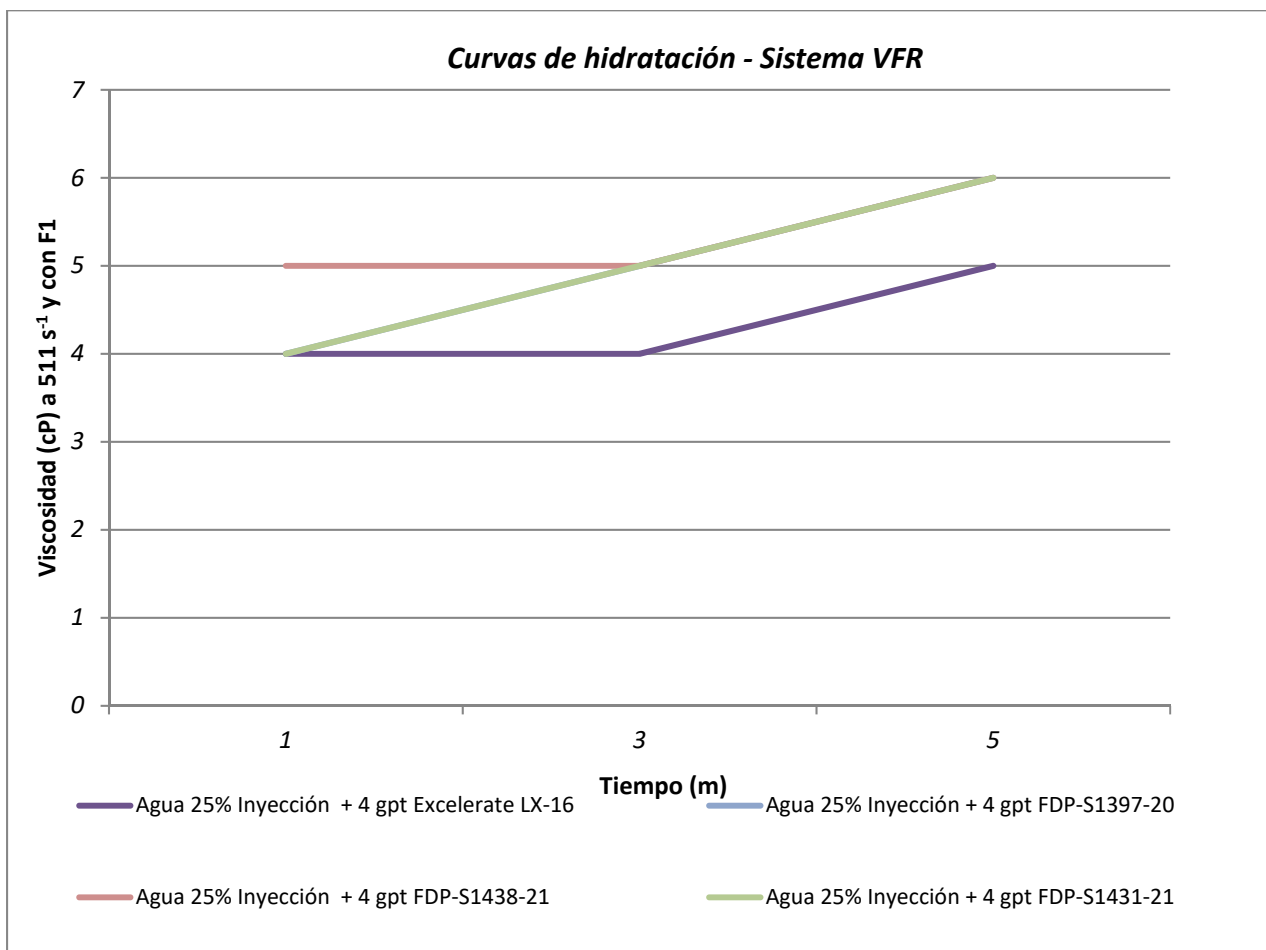


Figura 6.4-1: Curvas de Hidratación del Sistema VFR Líquido.

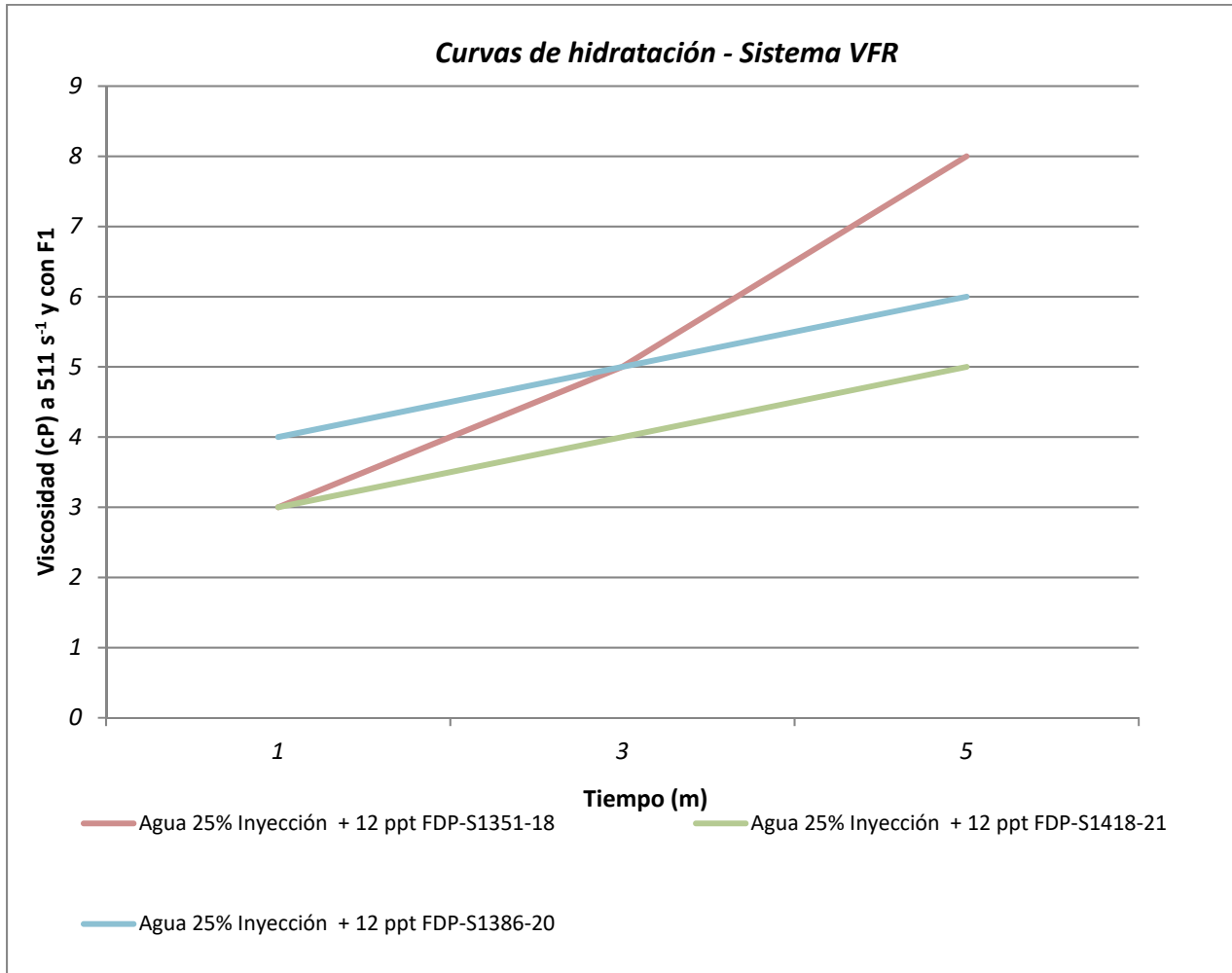


Figura 6.4-2: Curvas de Hidratación del Sistema VFR Sólido.

6.5 Friction Loop Test

El porcentaje de reducción de la fricción se determina por la comparación de la fricción generada por el agua y el efecto del reductor en la misma, mostrándonos así una reducción positiva. En la Tabla 6.5-1 se encuentran los resultados de los dos ensayos realizados, con el FR líquido y sólido (Tabla 4-1). En la Figura 6.5-1 se encuentran los resultados de la reducción de la fricción de 1 gpt FDP-S1438-21. Mientras que en la Figura 6.5-2 corresponden a 3 ppt FDP-S1386-20

Tabla 6.5-1: Resultados de los porcentajes de reducción.

| Diseño del Fluido | %Reducción de Fricción |
|---|------------------------|
| Blanco: YPF – YPF – 50% Agua Inyección – 50% Agua Río Colorado | 2% |
| YPF – 50% Agua Inyección – 50% Agua Río Colorado – 1 gpt FDP-S1438-21 | 66% |
| YPF – 50% Agua Inyección – 50% Agua Río Colorado – 3 ppt FDP-S1386-20 | 60% |

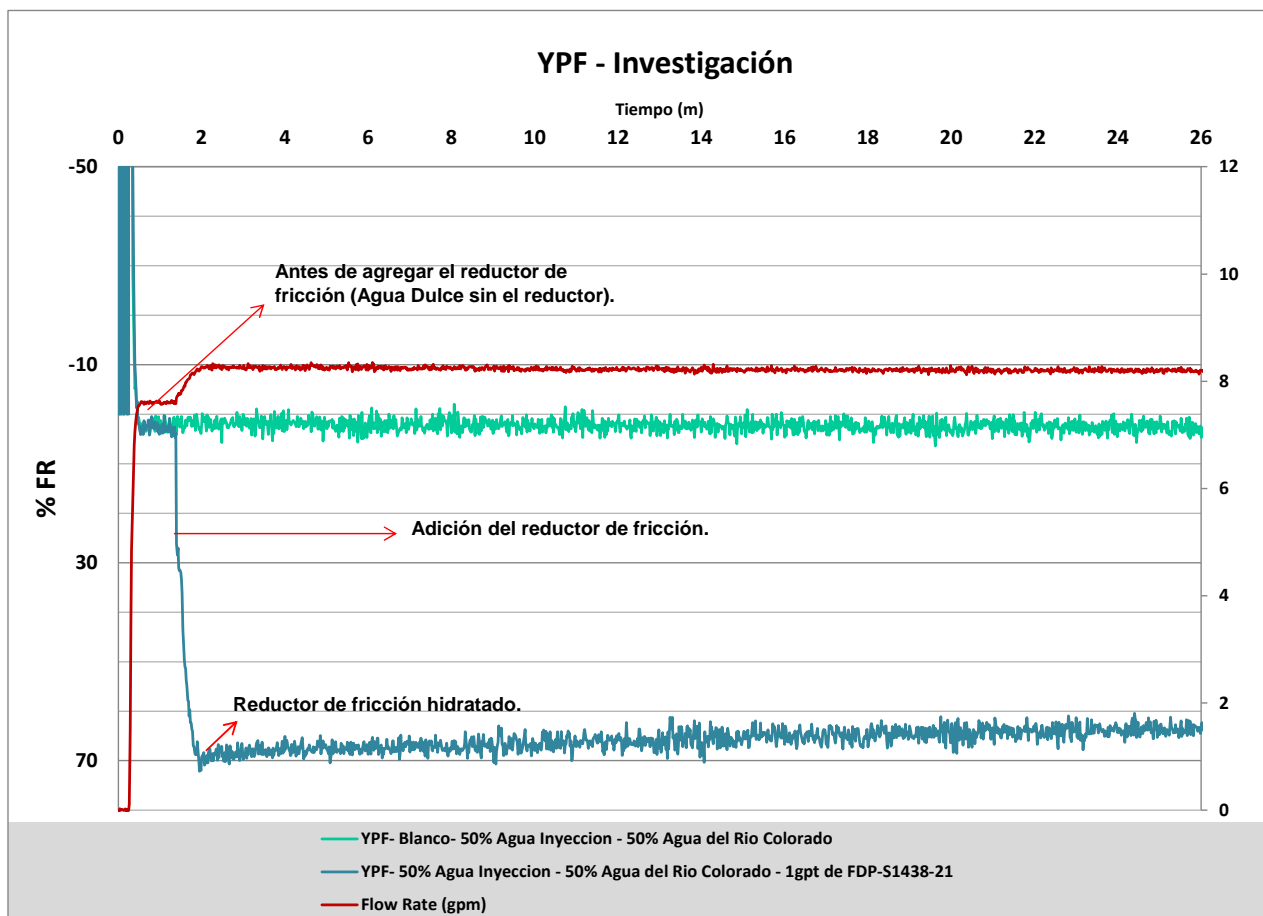


Figura 6.5-1: Resultados de los porcentajes de reducción del FDP-S1438-21.

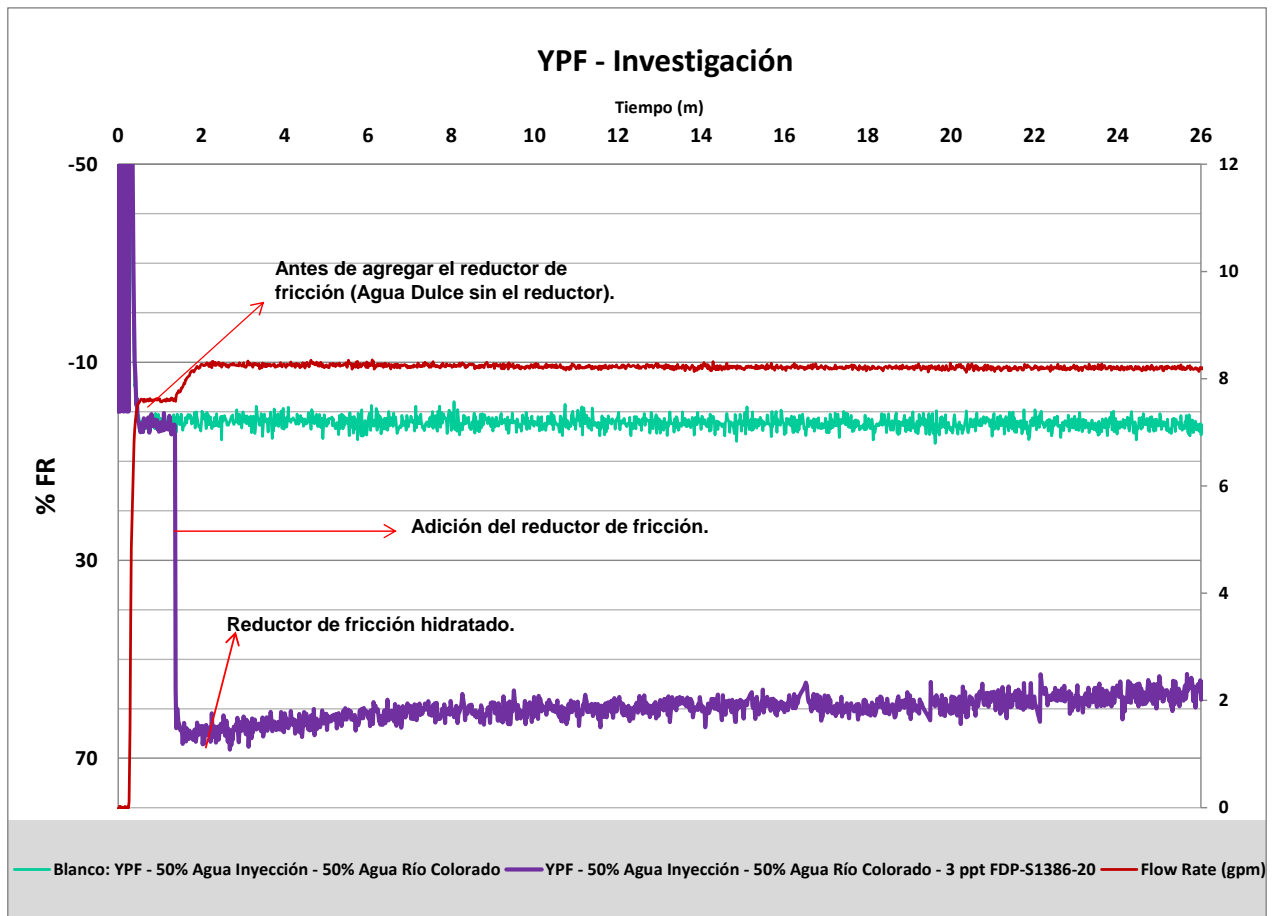


Figura 6.5-2: Resultados de los porcentajes de reducción del FDP-S1386-20.

7. Comentarios y Conclusiones

Se puede observar en los resultados obtenidos que las mezclas de las fuentes de aguas de inyección y del Río Colorado tienen TDS superiores a 38.000 ppm para la mezcla 25% de Inyección y alrededor de 80.000 ppm para la mezcla al 50%. Es por esta razón que no se logran obtener valores de viscosidades tan altos, en comparación con el agua 100% del Río Colorado. Sin embargo, se obtuvieron valores de viscosidad aceptables a pesar de esta salinidad elevada.

Con respecto a los ensayos de reducción de fricción, se trabajó con un agua al 50%, donde el aditivo líquido FDP-S1438-21, alcanzó un valor promedio del 66% de la reducción de fricción. La verticalidad de la pendiente de la curva de la reducción de fricción nos indica una óptima hidratación del aditivo. Durante los 3 primeros minutos del ensayo, el valor de la reducción de fricción oscilaba en un 69%. En el caso del reductor de fricción sólido FDP-S1386-20, se alcanzó un valor promedio de 60% y en los primeros minutos del ensayo, 64%.

8. Versión del Reporte

| Versión # | Fecha | Realizado Por | Aprobado por | Resumen de cambios |
|------------------|--------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| I | 29/11/2021 | Mancilla - Soto - Tello | Marianela Ruffato | Informe Soporte Técnico Laboratorio |
| | | | | |
| | | | | |

Cualquier duda/comentario o cambio que desee realizar sobre las pruebas/resultados plasmados en el presente informe Por favor no dude en llamar o enviar e-mail.

E-mail: PabloAndres.Sanchez@halliburton.com

Telefono: (0299) 4491100 Interno 1494

HALLIBURTON

Production
Enhancement



Gobierno de la Provincia de Mendoza

-

**Hoja Adicional de Firmas
Informe Firma Ológrafa**

Número:

Mendoza,

Referencia: A.P CN VII A Perforacion Pozo YPF.MdN.AN.x-101(pil+h) 14°parte

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 48 pagina/s.