



6 TO. CONGRESO **YPF**  
**Producción  
y Desarrollo  
de Reservas**  
HACIA UN DESARROLLO DE  
RECURSOS SUSTENTABLE

**iAPG** INSTITUTO ARGENTINO  
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

**24 · 27 Octubre 2016**  
Llao Llao Hotel&Resort  
Bariloche, Argentina

# Inyección de Metanol en la Fm Sierras Blancas

Lambertucci, Jesica; Ucan, Sezai; Lozano, Matías y Muñoz, Andres  
**YPF S.A.**





## AGENDA

Ubicación- Datos generales

Problemática del campo

Metanol: propiedades y antecedentes

Selección de Candidatos

Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

Prueba Piloto: Operación

Prueba Piloto: Seguimiento Propuesto

Conclusiones



## AGENDA

Ubicación- Datos generales

Problemática del campo

Metanol: propiedades y antecedentes

Selección de Candidatos

Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

Prueba Piloto: Operación

Prueba Piloto: Seguimiento Propuesto

Conclusiones

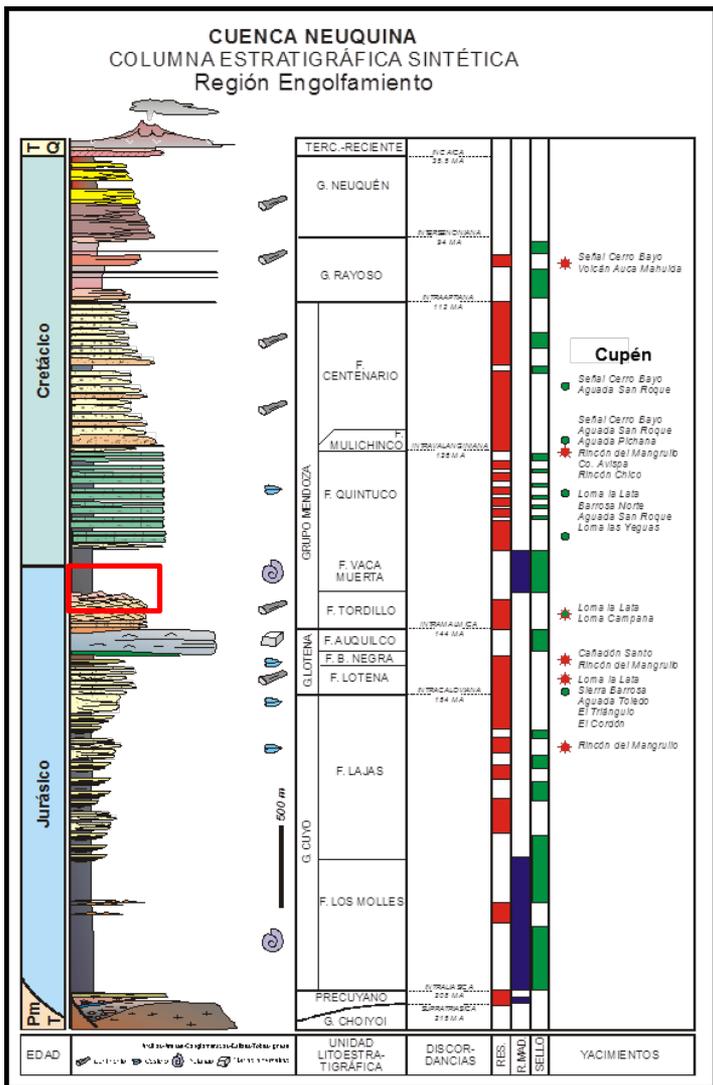


## Ubicación- Datos Generales





## Ubicación- Datos Generales



### Fm Sierras Blancas

**Reservorio:** areniscas eólicas correspondientes a dunas de hasta 5m de espesor; separadas por interdunas secas (sandsheet).

**Trampa:** combinado “Estructural/Estratigráfico-Diagenético”.

**Tipo de estructura:** Anticlinal

Espesor promedio: 40-80m

Porosidad: 11-12 %

Permeabilidad: 0,01-1 md

Sw: 35-45%

Pws inicial: 320 kg/cm<sup>2</sup>

Acum Gas a Junio 2016: **243.806 Mm<sup>3</sup>**

Acum Oil a Junio 2016: **20,2 Mm<sup>3</sup>**



## Problemática del campo

Sierras Blancas es un reservorio tight de gas condensado con acumulación de agua y líquido en las cercanías del pozo

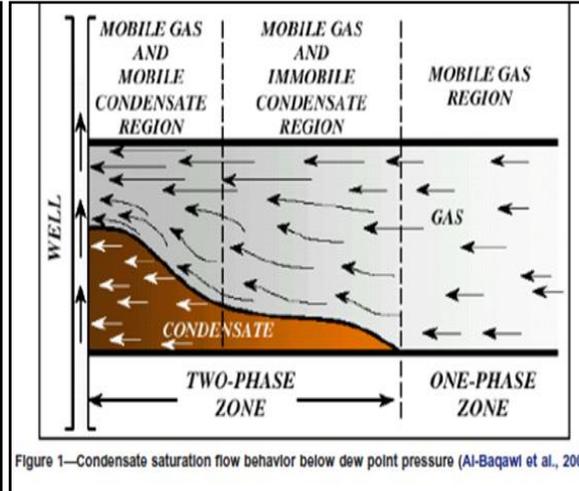
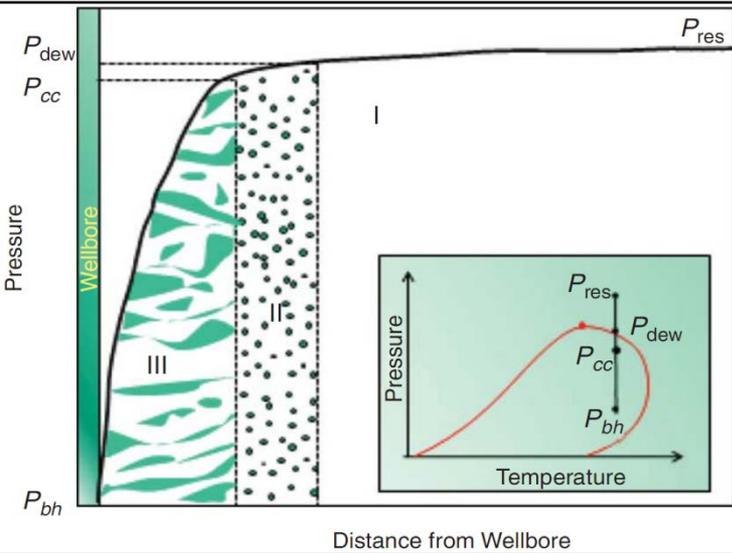
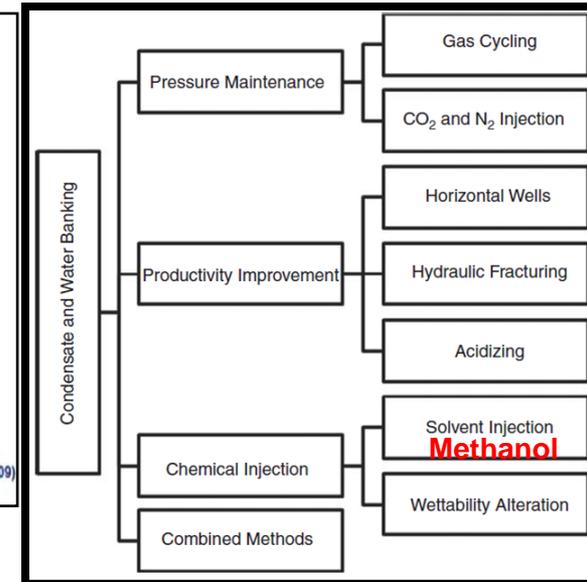


Figure 1—Condensate saturation flow behavior below dew point pressure (Al-Baqawi et al., 2009)



Presión original= 320 kg/cm<sup>2</sup>.  
Presión de rocío= 255/ 260 kg/cm<sup>2</sup>.

Métodos de mitigación del banco de condensado y agua



## Problemática del campo

**Objetivo: eliminar el banco de condensado y agua para mejorar la productividad del pozo**

Métodos para solventar el problema		Ventajas	Desventajas
<b>Mantenimiento de la Presión</b>	Reinyección de gas Inyección de N <sub>2</sub> o CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantengo la presión por encima de la presión de rocío en el reservorio.</li> <li>Mejora la recuperación de líquidos en el tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La presión de rocío es muy superior a la presión promedio del campo en la zona SE.</li> <li>No se dispone de volúmenes apreciables de N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en LLL.</li> </ul>
<b>Mejora en la productividad</b>	Refractura hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al generar un canal de alta conductividad se reduce la caída de presión entre el wellbore y el reservorio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intervención costosa (+800 KUSD/pozo)</li> </ul>
<b>Inyección de químicos</b>	Tratamiento con Dimetiléter	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor presión de vapor que el MeOH (mejora el flow back). Menos tóxico que el MeOH.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Importación del producto. Mayor precio que MeOH</li> <li>Sin antecedentes en la Fm Sierras Blancas</li> </ul>
	Alteración de la mojabilidad con Fluoro-surfactantes o fluoro-polímeros SPE 168153/ SPE 154522	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambian el medio poroso de mojante al oil o al agua a mojante intermedio al gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios aun en estado experimental.</li> <li>Sin antecedentes en la Fm Sierras Blancas</li> </ul>
	Tratamiento con metanol (MeOH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se produce en Refinería Plaza Huincul. Precio preferencial por ser YPF la vendedora y compradora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuidados y precauciones para su manipuleo y uso</li> </ul>



## AGENDA

Ubicación- Datos generales

Problemática del campo

Metanol: propiedades y antecedentes

Selección de Candidatos

Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

Prueba Piloto: Operación

Prueba Piloto: Seguimiento Propuesto

Conclusiones



## Alcohol Metílico

## METANOL (MeOH)- Propiedades

Análisis	Especificaciones
Rango de destilación (°C)	Máx. 1 °C incluyendo 64.6 +/- 0.1
Acetona (% en peso)	Máx. 0.002
Alcalinidad como NH <sub>4</sub> OH (% en peso)	Máx. 0.003
Acidez expresada como ácido acético (% en peso)	Máx. 0.003
Etanol (% en peso)	Máx. 0.001
Sustancias carbonizables (color escala Pt/Co)	Máx. 30
Color (escala Pt/Co)	Máx. 5
Metanol (% en peso)	Mín. 99,85
Agua (% en peso)	Máx. 0.10
Tiempo de permanganato (minutos)	Mín. 60
Densidad a 15 °C (g/ml)	Máx. 0.7962
Gravedad específica 20 °C/°C	Máx. 0.7928
Residuo No Volátil (mg/100 ml)	Máx. 0.8
Aspecto	Claro y libre de materia en suspensión
Hidrocarburos. Miscibilidad en agua	PASA
Cloruros (mg/kg)	Máx. 0.5
Azufre (mg/kg)	Máx. 0.5
Hierro total soluble (mg/kg)	Máx. 0.1

### Ventajas:

- Es miscible tanto en agua como en condensado
- Reduce la tensión superficial
- Elimina el banco de condensado y agua, mejorando la Krg

### Desventajas:

- Es altamente inflamable y las mezclas de vapor-aire son explosivas. (Punto de ebullición: 65°C)
- La llama es incolora.
- Estudios de laboratorio no han obtenido buenos resultados cuando el MeOH está diluido con agua
- Incrementales de Producción por un cierto período de tiempo



# METANOL (MeOH)- Hoja de Seguridad

Fichas Internacionales de Seguridad Química	
<b>METANOL</b>	
<b>ICSC: 0057</b>	
Abril 2000	
Alcohol metílico	Carbínol
CAS: 67-56-1	CH <sub>3</sub> O / CH <sub>2</sub> OH
RTECS: PC1400000	Masa molecular: 32.0
NU: 1230	 
CE Índice And	
CE / EINECS:	
<b>TIPO DE PELIGRO EXPOSICIÓN</b>	<b>PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS</b>
<b>INCENDIO</b>	NO producir vapor. NO poner oxidantes.
<b>EXPLOSIÓN</b>	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
<b>EXPOSICIÓN</b>	
<b>Inhalación</b>	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
<b>Piel</b>	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Provocar el vómito (UNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!). Proporcionar asistencia médica.
<b>DERRAMES Y FUGAS</b>	<b>ENVASADO Y ETIQUETADO</b>
Evacuar la zona de peligro. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintados. Eliminar el residuo con agua abundante. Eliminar vapor con agua pulverizada. Traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	No transportar con alimentos y piensos. <b>Clasificación UE</b> Símbolo: F, T R: 11-23/24/25-39/23/24/25; S: (12)-7-16-36/37-45 <b>Clasificación NU</b> Clasificación de Peligros NU: 3 Riesgos Subordinarios de las NU: 6.1; Grupo de Envasado NU: II
<b>RESPUESTA DE EMERGENCIA</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b>
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TED (R)-3051230. Código NFPA: H 1; F 3; R 0;	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, alimentos y piensos. Mantener en lugar fresco.
<b>IPCS</b> International Programme on Chemical Safety	     
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2000	
<b>VEÁSE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO</b>	

**PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS**

Altamente inflamable. Ver Notas.

Las mezclas vapor/aire son explosivas.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	
<b>YPF</b>	
<b>COMBUSTIBLE</b>	
<b>NAFTA INFINIA</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	
Nombre comercial	NAFTA INFINIA
Nombre químico	Nafta sin plomo
Sinónimos	Nafta
<b>IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS</b>	
Pictograma	
  	
Palabra Advertencia	Peligro
Indicación de peligro	H225 - Líquido y vapores muy inflamables. H351 - Se sospecha que provoca cáncer H410 - Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos H304 - Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias
Criterios de clasificación	Líquido inflamable - Categoría 2 Carcinogénico Categoría 2 Peligro de aspiración Categoría 1 Toxicidad para el ambiente acuático agudo- Categoría 2 Toxicidad para el
<b>OTROS PELIGROS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líquido fácilmente inflamable.</li> <li>• Los vapores forman mezclas explosivas con el aire.</li> <li>• Los vapores son más pesados que el aire y pueden desplazarse hacia fuentes remotas de ignición e inflamarse.</li> </ul>	
YPF S.A. Av. Macacha Güemes n° 515 CP C1106BKK Buenos Aires - ARGENTINA Tel. (+5411) 5441-2000 Fax (+5411) 5441-5796	
Teléfono de emergencia: En Argentina: 0800-222-2993 Desde otros países: (+5411) 4613-1100	



## METANOL (MeOH)- Hoja de Seguridad

**El Metanol es de combustión limpia, alto octanaje, mezcla de componentes de alto octanaje de gasolina. Sin embargo, tiene pautas de prevención de riesgos como cualquier otro hidrocarburo**



**“Es más ambientalmente amigable que cualquier otro fluido hidrocarburo”**



## METANOL (MeOH)- Antecedentes

### CARACTERISTICAS RESERVORIO

- Yacimiento Hatter's Pond - Alabama
- Fm Smackover (dolomita marina) y Fm Norphlet (arenisca eólica)
- $k=2$  a 6 md
- Porosidad= 12 a 15%
- 5500m de profundidad
- Espesor útil= 60 a 90m
- Temp Reservorio: 157°C
- Salinidad agua= 164.000 a 206.000 mg/l

### TRATAMIENTO CON METANOL

- Pozo 3-6 #1
- Bombeo por tubing 2 7/8" de 160 m<sup>3</sup> de metanol a 5-8 bbl/min
- Incremental del 100% los primeros 4 meses
- Incremental del 50% los meses siguientes
- Duración total del incremental: 10 meses

### RESULTADOS

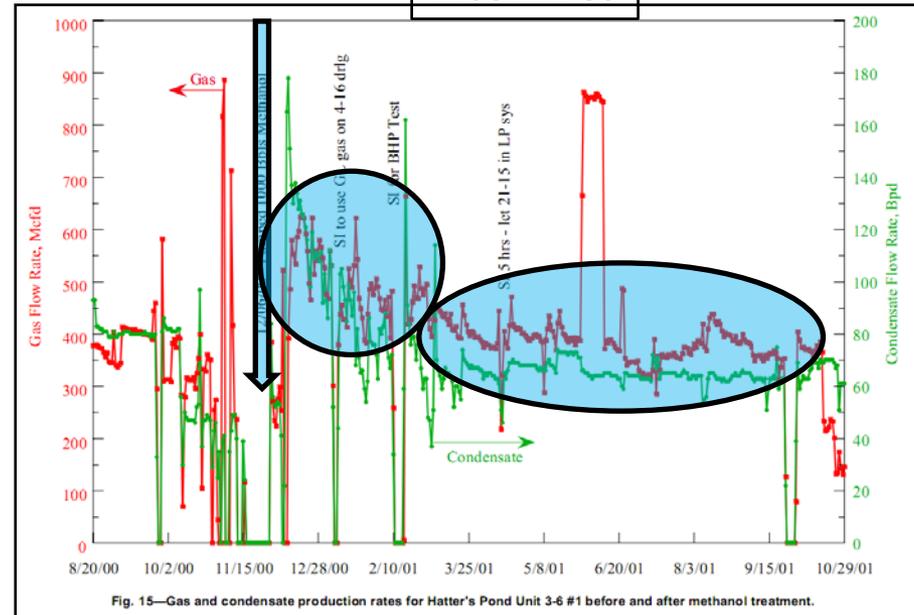


Table 5-Test results of Well #3-6 before and after methanol treatment.

	Before Methanol Treatment	After Methanol Treatment
P*, psi	3,519	3,413
k, md	0.039	0.04
Total Skin	0.68	-1.9
Gas Rate, MMSCF/D	0.25	0.50
Condensate Rate, BPD	87	157



## AGENDA

Ubicación- Datos generales

Problemática del campo

Metanol: propiedades y antecedentes

Selección de Candidatos

Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

Prueba Piloto: Operación

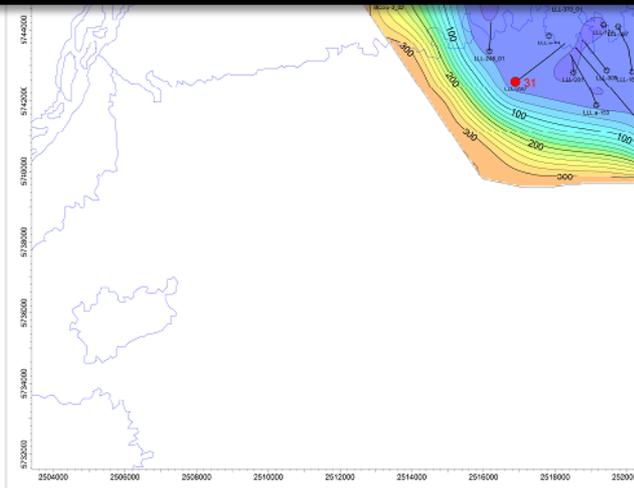
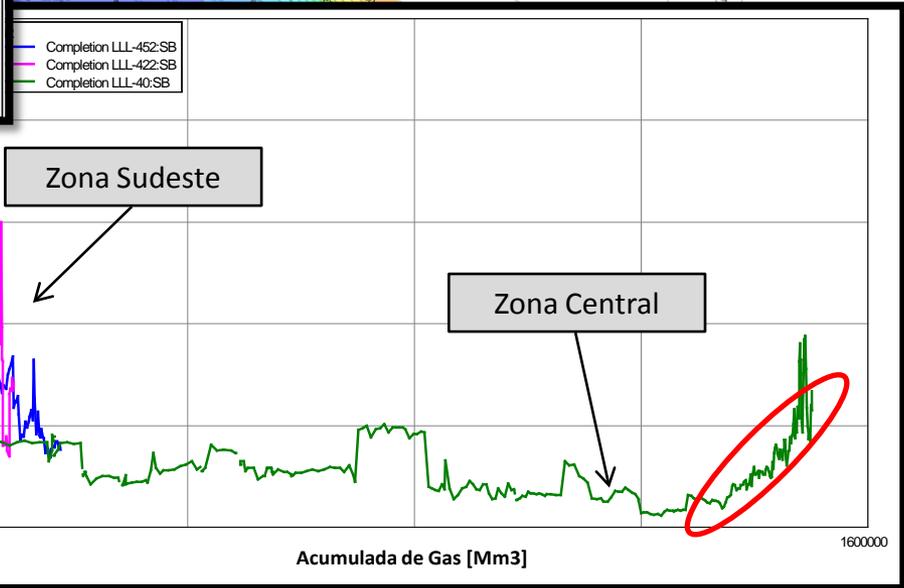
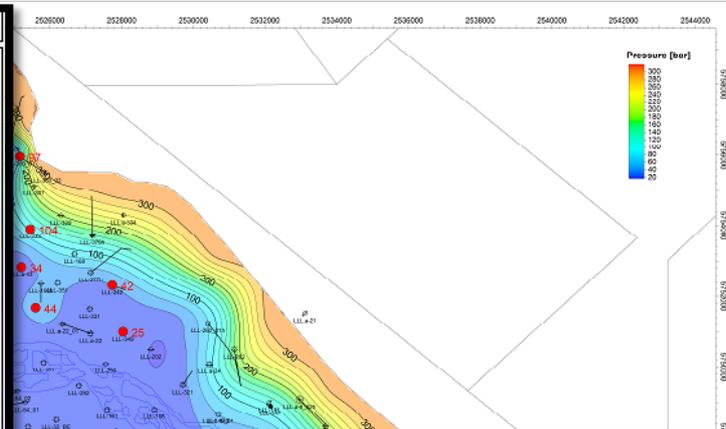
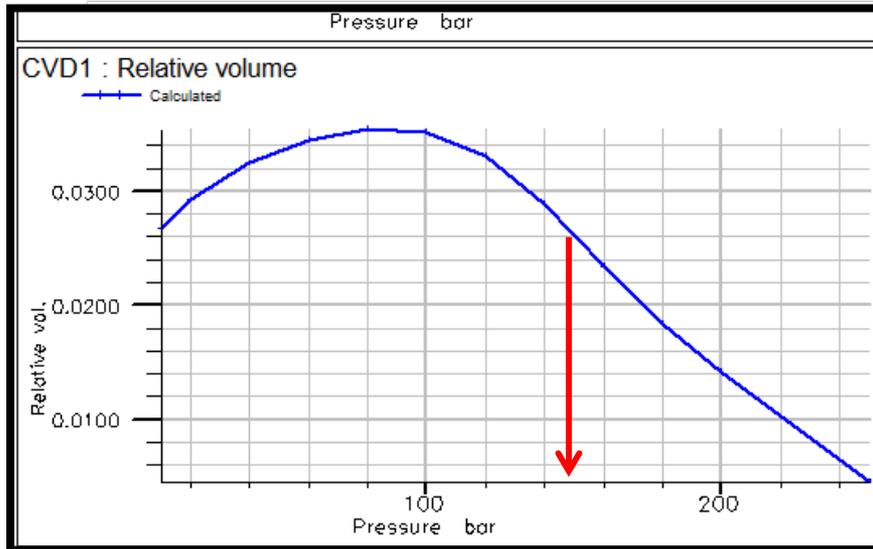
Prueba Piloto: Seguimiento Propuesto

Conclusiones



## Prueba Piloto: Selección de Candidato

### Zona SE





## AGENDA

Ubicación- Datos generales

Problemática del campo

Metanol: propiedades y antecedentes

Selección de Candidatos

Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

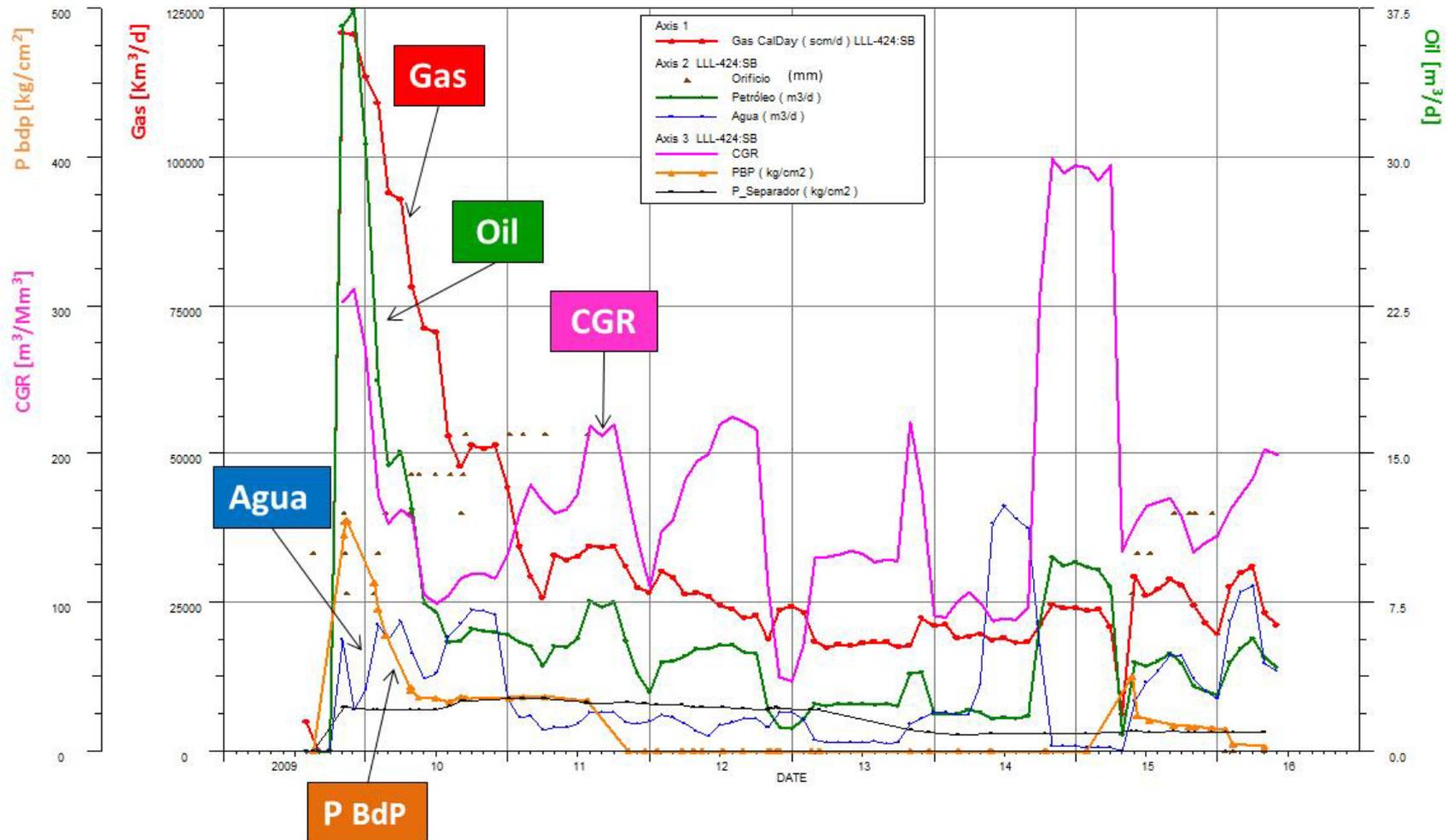
Prueba Piloto: Operación

Prueba Piloto: Seguimiento Propuesto

Conclusiones



## Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica





## Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

$P_i = 293 \text{ kg/cm}^2$

$S_o = 0.0$

**Efecto Banco de condensado  
según Modelo Dinámico**

### Pozo 1

Propiedades Promedio:

$\Phi = 0.12$

$K = 0.42 \text{ mD}$

$h = 28.2 \text{ m}$

Largo fractura: 80m

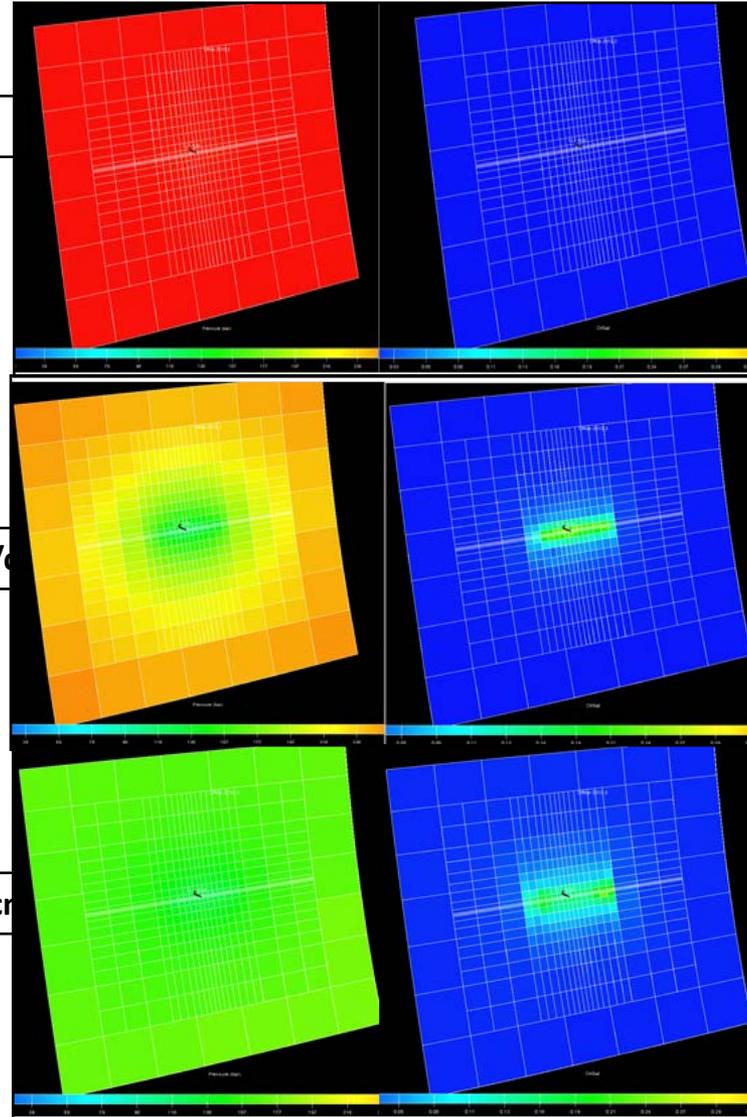
Permeabilidad de fractura: 700 mD

$P_i = 125-293 \text{ kg/cm}^2$

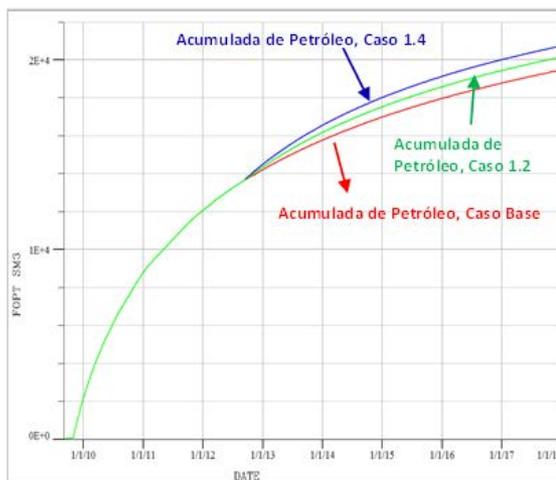
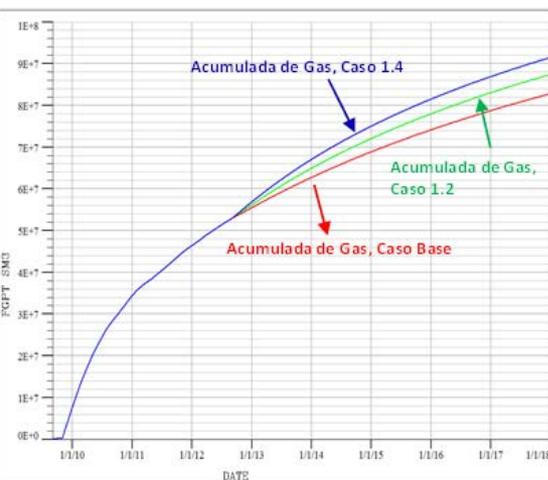
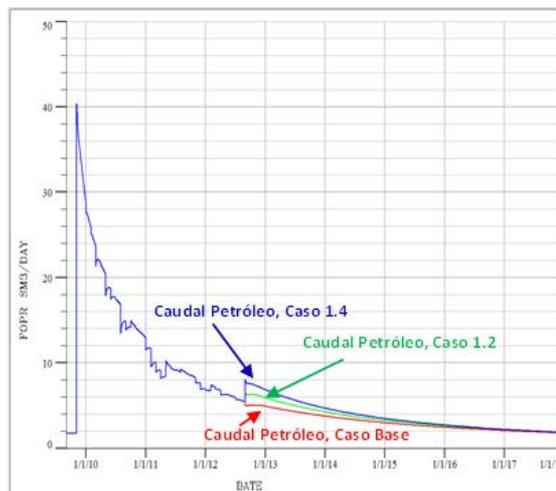
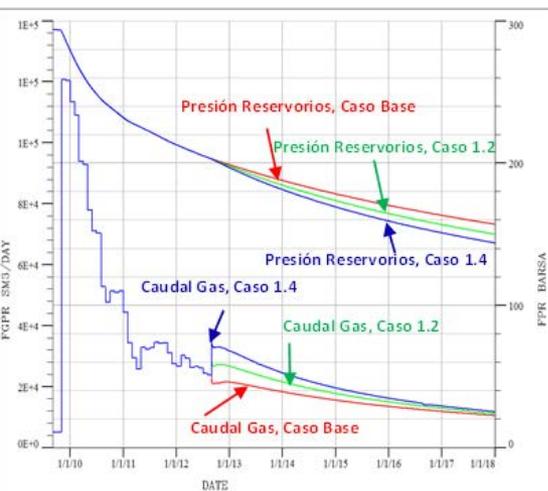
$S_o(\text{max}) = 0.15$

$P_1 = 120-175 \text{ kg/cm}^2$

$S_o(\text{max}) = 0.15$



## Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica



Exp N°	K	S <sub>w</sub>	S <sub>or</sub>	Metanol	K <sub>rgm</sub> /K <sub>rg</sub>
	<u>mD</u>			PV	
7	5.1	10.0	37.0	2	1.59
8	4.3	20.0	32.0	5	1.55
<b>9 (A)</b>	<b>4.1</b>	<b>20.0</b>	<b>8.6</b>	<b>5</b>	<b>1.41</b>
<b>10 (B)</b>	<b>6.3</b>	<b>0.0</b>	<b>51.0</b>	<b>5</b>	<b>1.18</b>
12	11.3	50.0	5.0	5	2.88

Mashhad Fahes, Abbas Firoozabadi: "Wettability Alteration to Intermediate Gas-Wetting in Gas-Condensate Reservoirs at High Temperatures" SPE 96184

	Q <sub>o</sub>	Q <sub>g</sub>	N <sub>p</sub>	G <sub>p</sub>	ΔN <sub>p</sub>	ΔG <sub>p</sub>
	SCM/D	MSCM/D	SCM	MMSCM	SCM	MMSCM
Base	5	23.8	19646	82.7		
A: Kr: 1.4	8	35.1	20731	91.4	1085	8.7
B :Kr:1.2	6.5	28.1	20146	87.4	500	4.7



## AGENDA

Ubicación- Datos generales

Problemática del campo

Metanol: propiedades y antecedentes

Selección de Candidatos

Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

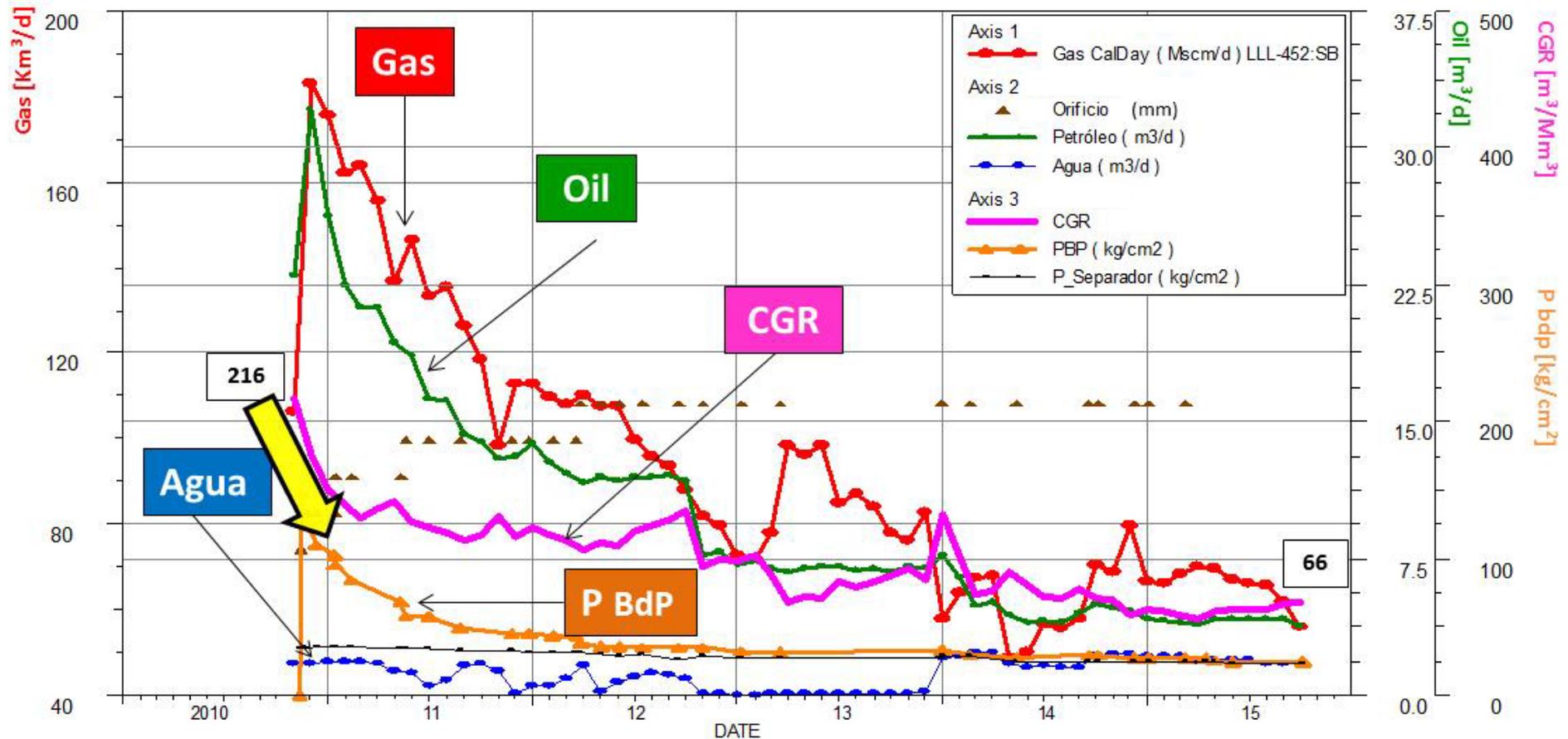
Prueba Piloto: Operación

Prueba Piloto: Seguimiento Propuesto

Conclusiones



## Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

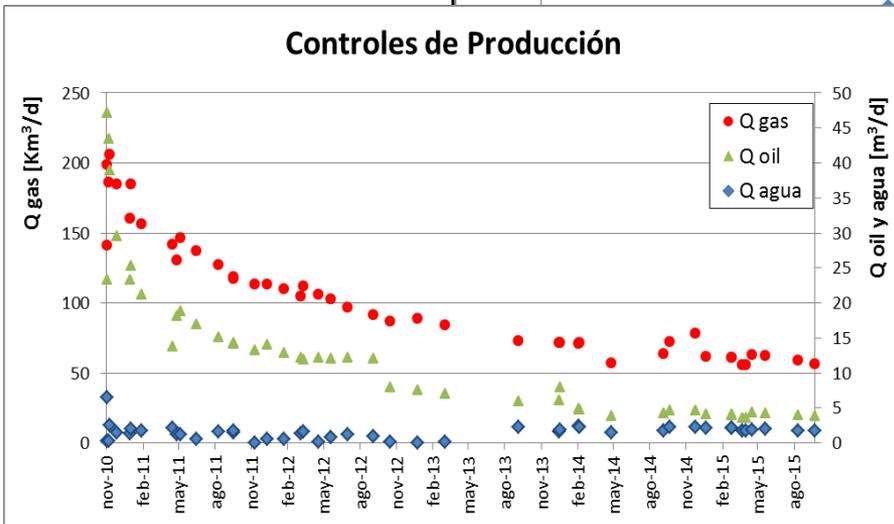
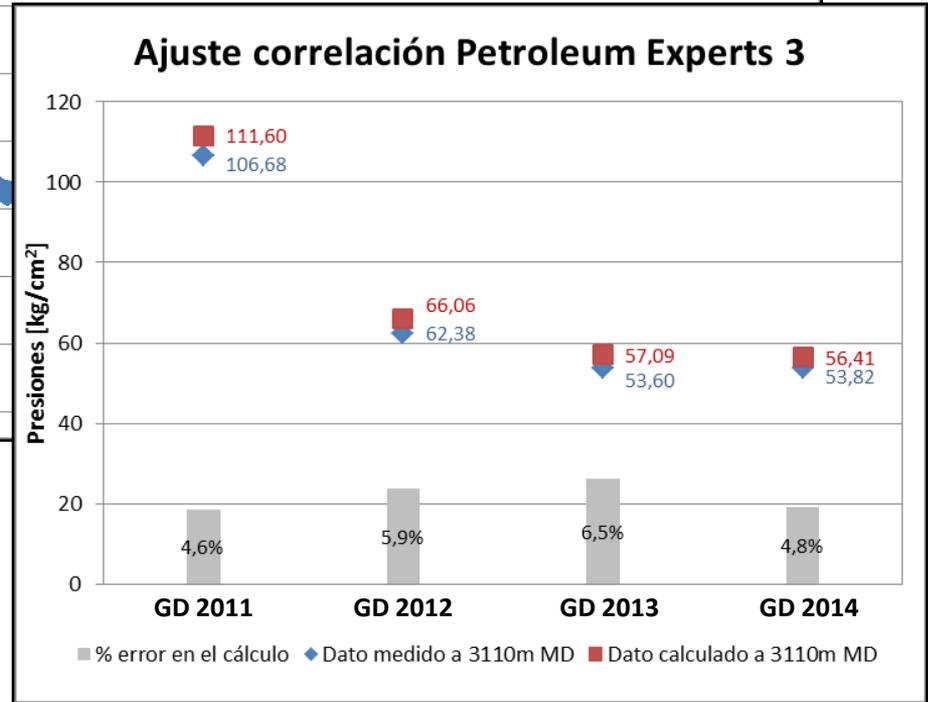
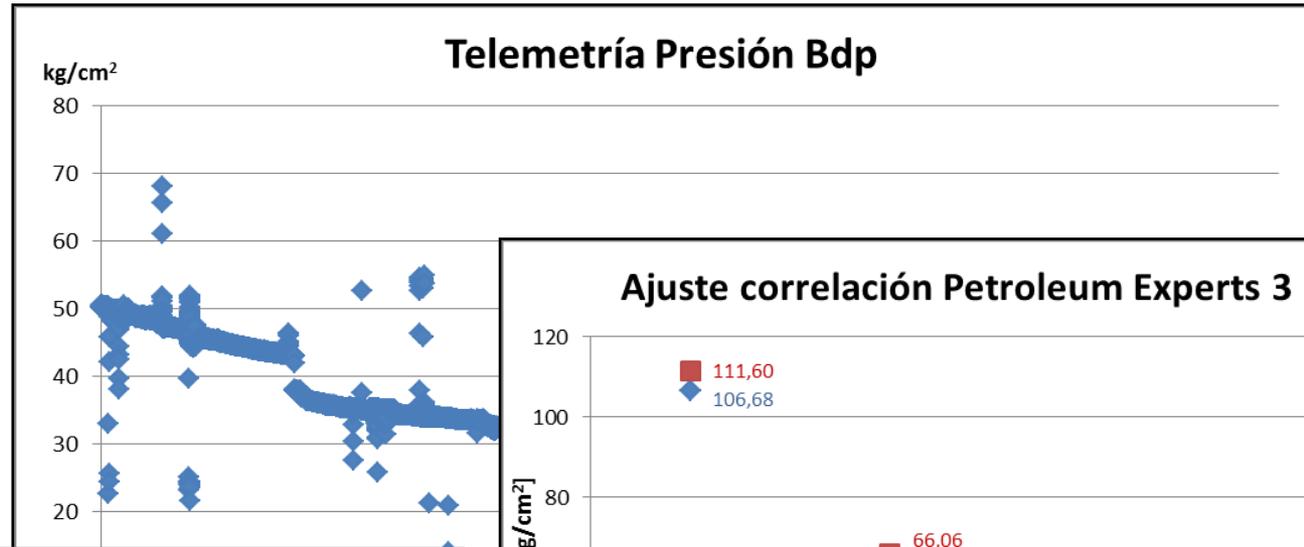






## Pozo 2- Estudio mediante RTA y Análisis Nodal

Input para PA

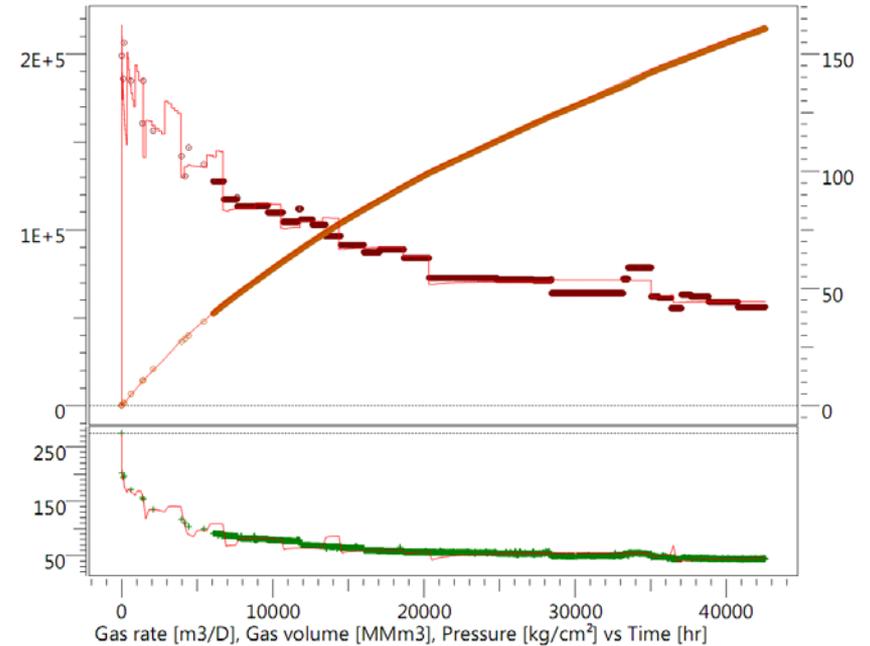
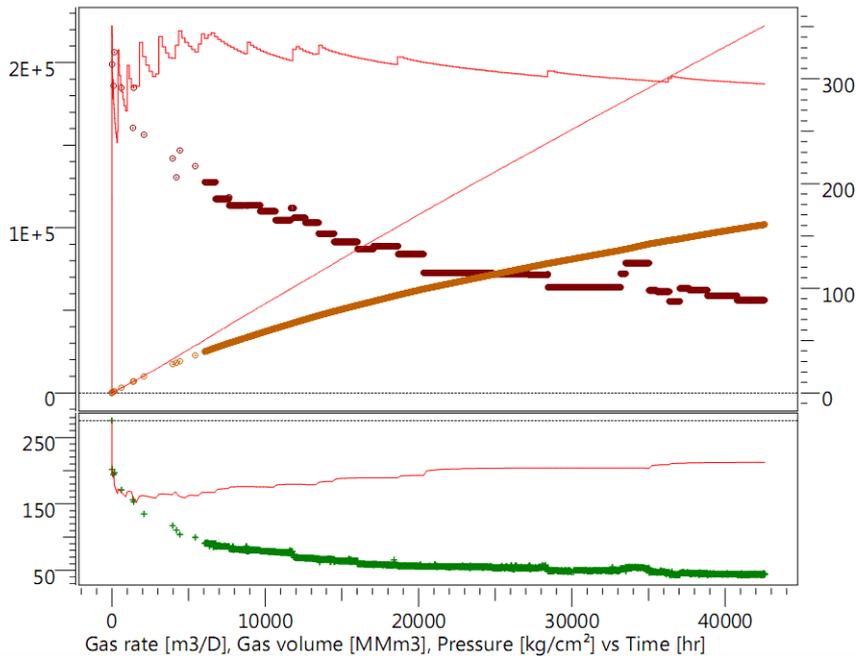


Poder Calorífico	N2 %	CO2 %	C1 %	C2 %	C3 %	i-C4 %	n-C4 %	i-C5 %	n-C5 %	C6+ %	C7 %	Densidad
10174,6	0,856	0,039	88,880	5,879	2,360	0,419	0,712	0,222	0,213	0,203	0,156	0,647



## Pozo 2- Estudio mediante RTA y Análisis Nodal

### Production Analysis



Pozo fracturado  
 Conductividad Infinita  
 Reservorio Homogéneo  
 Límite infinito  
**Skin = 1,5**  
 $P_i = 275 \text{ kg/cm}^2$   
 $X_f = 80 \text{ m}$   
 $k.h = 11,3 \text{ md.m}$   
 $k = 0,15 \text{ md}$

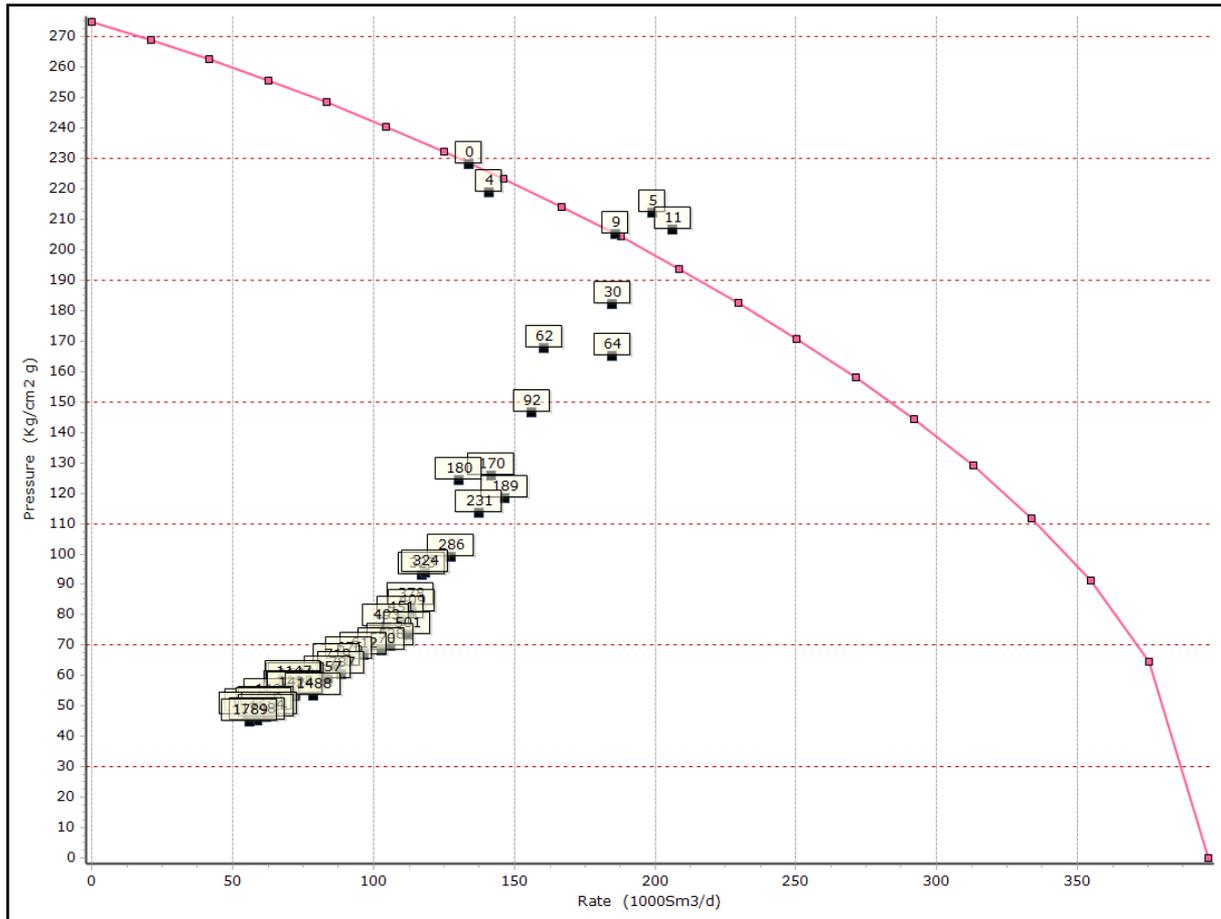
Pozo fracturado  
 Conductividad Infinita  
 Reservorio Homogéneo  
 Límite infinito  
**Skin variable en el tiempo**  
 $P_i = 275 \text{ kg/cm}^2$   
 $X_f = 80 \text{ m}$   
 $k.h = 11,3 \text{ md.m}$   
 $k = 0,15 \text{ md}$

Skin #1	1,5
Skin #2	2,2
Skin #3	3,25
Skin #4	4,51
Skin #5	5,25
Skin #6	6,49
Skin #7	7,08
Skin #8	8,97
Skin #9	10,5
Skin #10	11,4



## Pozo 2- Estudio mediante RTA y Análisis Nodal

### IPR para 9 días de producción

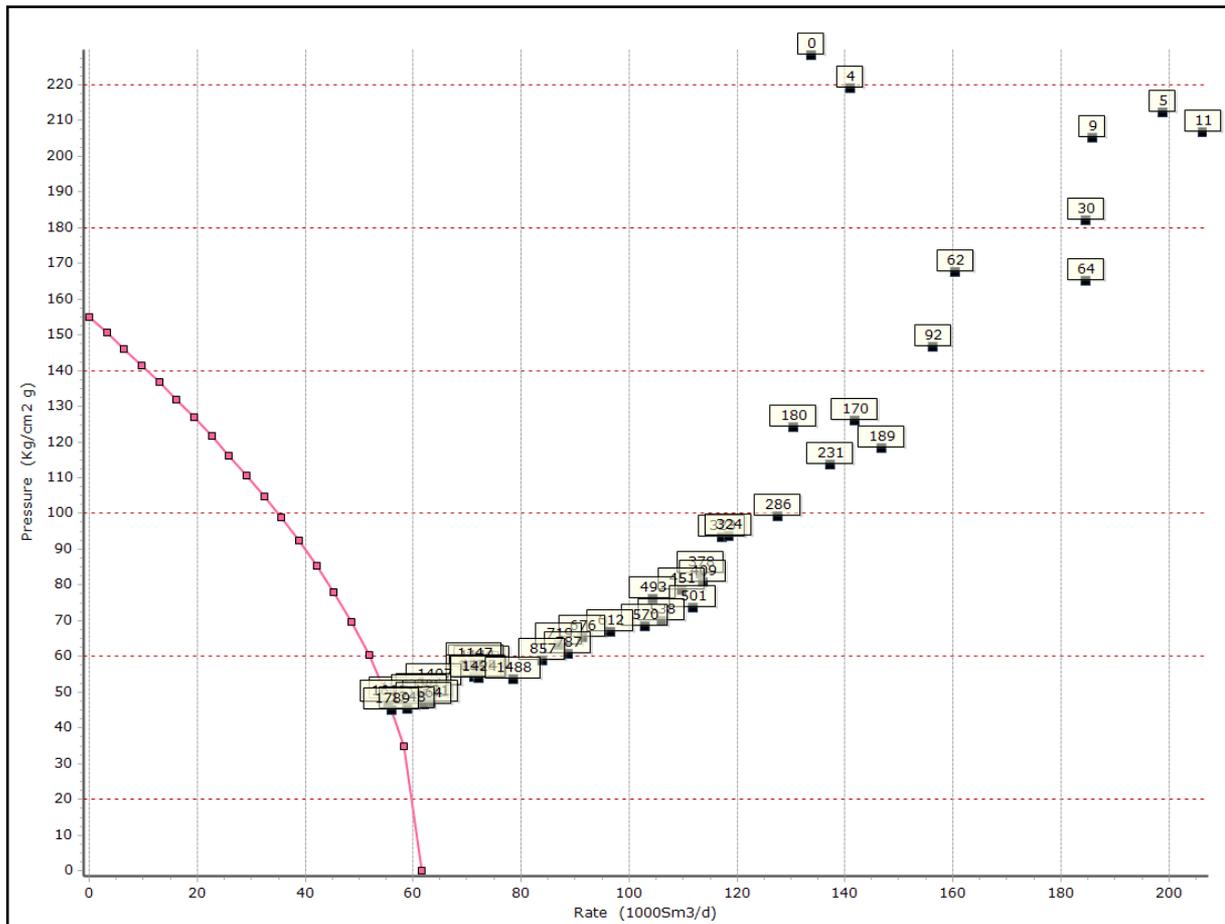


IPR Modelo Fracturado Hidráulicamente	
P Reservorio	275 kg/cm <sup>2</sup>
T Reservorio	113°C
WGR	1,6e-5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
GOR	4.563 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
k	0,17 md
Espesor útil	75 m
Área drenaje	36.000 m <sup>2</sup>
Radio drenaje	0,0635 m
Tiempo de producción	9 días
Porosidad	12%
Altura Fractura	50 m
Long ala de fractura	80 m
Saturación de agua	35%
Daño (s)	0



## Pozo 2- Estudio mediante RTA y Análisis Nodal

### IPR para 1789 días de producción

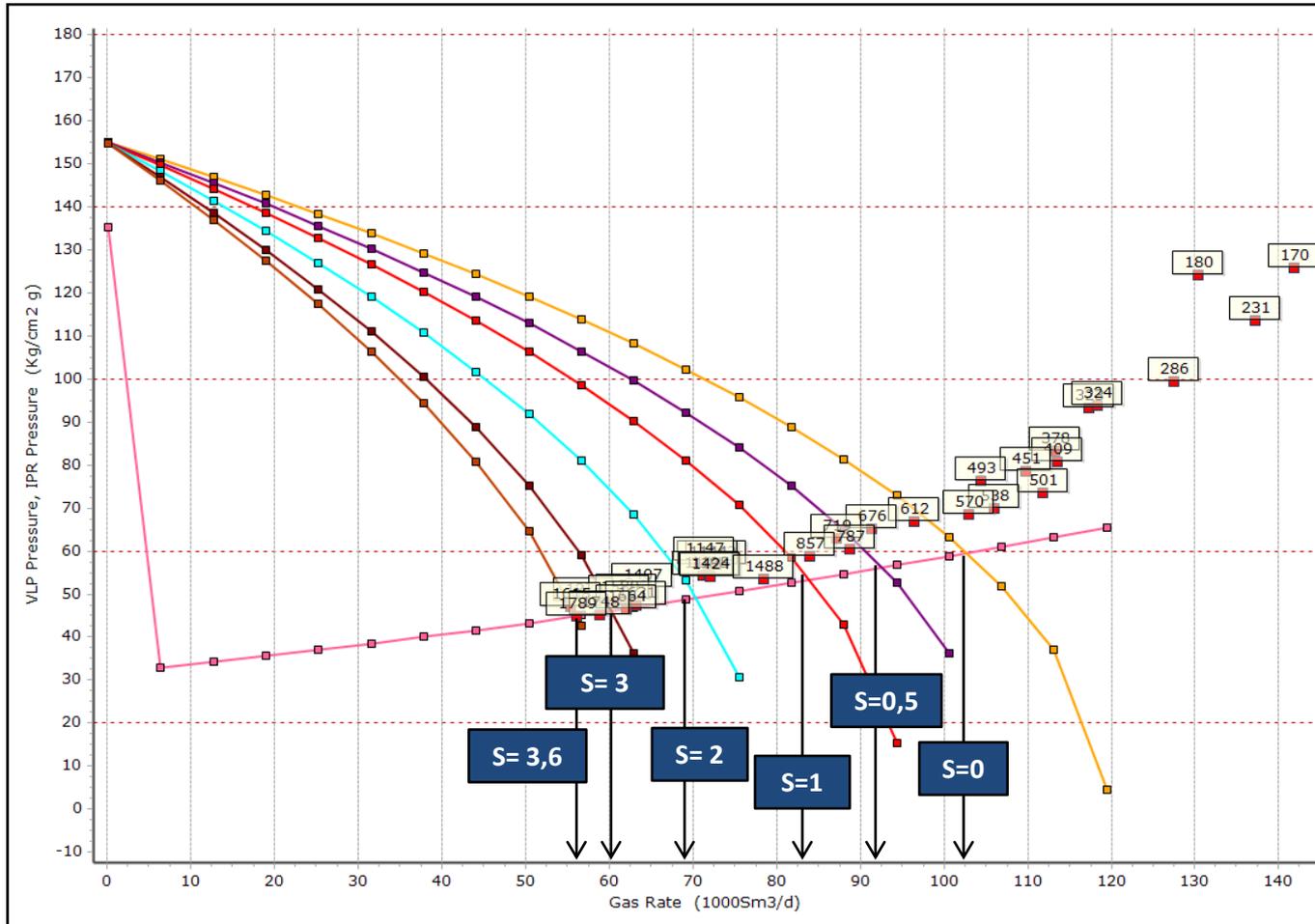


IPR Modelo Fracturado Hidráulicamente	
P Reservorio	155 kg/cm <sup>2</sup>
T Reservorio	113°C
WGR	3e-5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
GOR	14.705 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
k	0,17 md
Espesor útil	75 m
Área drenaje	36.000 m <sup>2</sup>
Radio drenaje	0,0635 m
Tiempo de producción	1789 días
Porosidad	12%
Altura Fractura	50 m
Long ala de fractura	80 m
Saturación de agua	35%
<b>Daño (s)</b>	<b>3,55</b>



## Pozo 2- Estudio mediante RTA y Análisis Nodal

### Sensibilidad al skin



Skin	Q gas incremental
3,6	0 Km <sup>3</sup> /d
3	4,2 Km <sup>3</sup> /d
2	14,4 Km <sup>3</sup> /d
1	27,9 Km <sup>3</sup> /d
0,5	36,5 Km <sup>3</sup> /d
0	46,7 Km <sup>3</sup> /d



## AGENDA

Ubicación- Datos generales

Problemática del campo

Metanol: propiedades y antecedentes

Selección de Candidatos

Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

Prueba Piloto: Operación

Prueba Piloto: Seguimiento Propuesto

Conclusiones



## Prueba Piloto: Operación

### ETAPA 1: Limpieza de pozo – Operación CON UAF + CTU

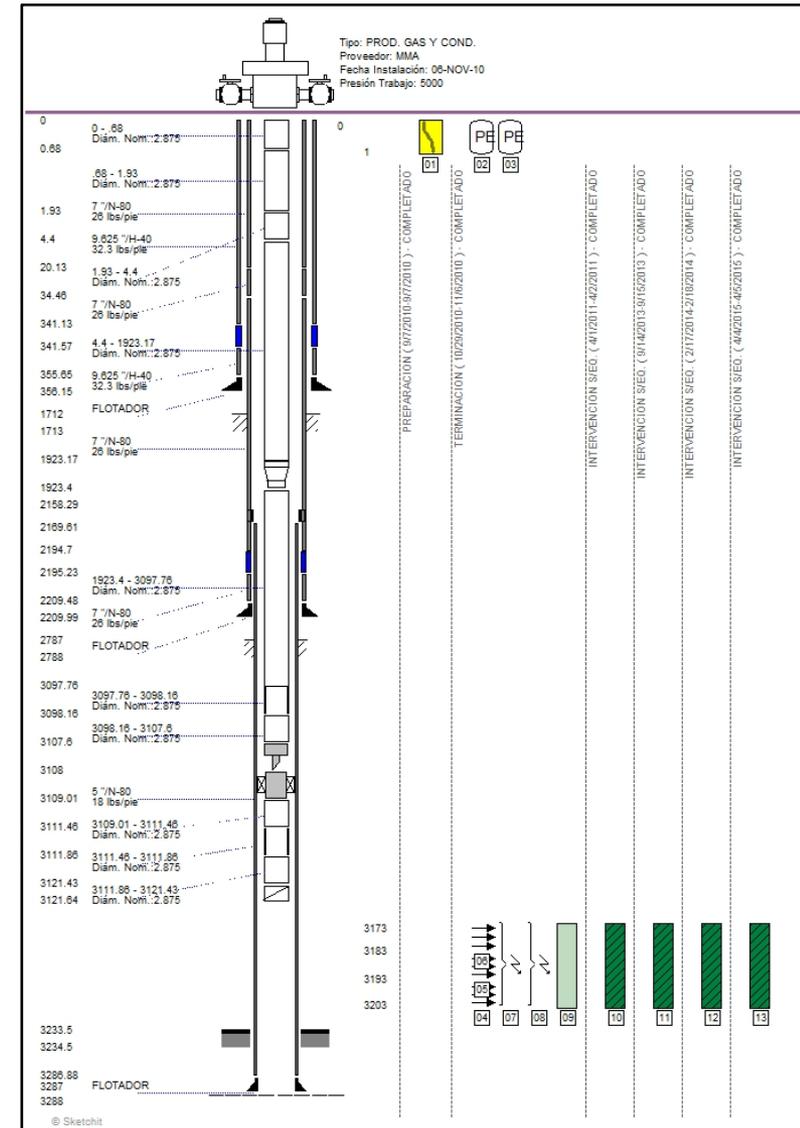
- Montaje UAF + CTU
- Realizar limpieza de pozo con CTU
- DTM UAF y CTU

### ETAPA 2: Bombeo de Metanol

- Montaje equipo bombeador de Baker + 1 pileta con agua (para uso del bombeador) + Pileta de desfogue
- Realizar prueba de líneas y equipos
- Bombear metanol en 3 jornadas de 8hrs de bombeo de 200m<sup>3</sup> cada una (caudal bombeo: 3bpm)
- Evacuación de fluidos en líneas

### ETAPA 3: Energizado de Pozo

- En caso el pozo no arranque luego de 12hrs de cierre, bombear N<sub>2</sub> para energizar y desplazar el metanol que pudiese quedar en el tubing.
- Arrancar pozo a línea de producción.







## Prueba Piloto: Operación

### ETAPA 1: Limpieza de pozo – Operación CON UAF + CTU

- Montaje UAF + CTU
- Realizar limpieza de pozo con CTU
- DTM UAF y CTU

### ETAPA 2: Bombeo de Metanol

- Montaje equipo bombeador de Baker + 1 pileta con agua (para uso del bombeador) + Pileta de desfogue
- Realizar prueba de líneas y equipos
- Bombear metanol en 3 jornadas de 8hrs de bombeo de 200m<sup>3</sup> cada una (caudal bombeo: 3bpm)
- Evacuación de fluidos en líneas

### ETAPA 3: Energizado de Pozo

- En caso el pozo no arranque luego de 12hrs de cierre, bombear N<sub>2</sub> para energizar y desplazar el metanol que pudiese quedar en el tubing.
- Arrancar pozo a línea de producción.





## AGENDA

Ubicación- Datos generales

Problemática del campo

Metanol: propiedades y antecedentes

Selección de Candidatos

Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

Prueba Piloto: Operación

Prueba Piloto: Seguimiento Propuesto

Conclusiones



## Prueba Piloto: Seguimiento propuesto

Se propone medir las siguientes variables para obtener información de la eficiencia de la inyección

Variable a medir	Objetivo	Medición
<ul style="list-style-type: none"><li>• Qgas</li><li>• Oil</li><li>• Qagua</li><li>• Pbdp</li></ul>	Determinar incrementales de Producción. Determinar duración de los incrementales.	<b>Control con separador</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pwf/Pws</li></ul>	Evaluar mejora en el skin.	<b>Memory en fondo (GD/Build Up)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Composiciones en las corrientes de salida del separador</li></ul>	Comparar los % de condensables ricos pre y post tratamiento. Determinar % de MeOH recuperado en el tiempo.	<b>Cromatografías Análisis químico analítico</b>



## AGENDA

Ubicación- Datos generales

Problemática del campo

Metanol: propiedades y antecedentes

Selección de Candidatos

Pozo 1- Estudio mediante simulación dinámica

Pozo 2- Estudio mediante PA y Análisis Nodal

Prueba Piloto: Operación

Prueba Piloto: Seguimiento Propuesto

Conclusiones



## **Conclusiones**

**Entre las técnicas existentes para mitigar el problema del banco de condensado en reservorios de gas retrógrado, se concluye que la inyección de metanol es la más viable por costos y disponibilidad de químico.**

**Se puede trabajar con metanol siempre y cuando se cumplan con todas las normativas de la compañía y las recomendaciones surgidas del HAZID.**

**Los resultados arrojados por la simulación Dinámica, el Análisis de Producción hecho en Topaze y el Análisis Nodal muestran un incremento del daño con el tiempo.**

**Se destaca la importancia de realizar la prueba piloto para comprobar la eficiencia del metanol en la Fm Sierras Blancas en el barrido del banco de condensado y verificar los incrementales de producción estimados**

**Se visualizan recursos que en caso de que el proyecto sea exitoso podrían aumentar el FR de la zona sudeste del yacimiento.**



**¡Muchas Gracias!**

**¿Preguntas?**

