

# PROTOSCOLOS LABORATORIO PVT

---

## TOMA DE MUESTRA – NORMA API- RP44

### 1. ACONDICIONAMIENTO DE POZO

#### Consideraciones generales

El objetivo del acondicionamiento de pozos es reemplazar el fluido de reservorio no representativo localizado en los alrededores del pozo por fluido original.

El cierre del pozo no es necesariamente suficiente para restablecer las condiciones originales. Se necesita que el pozo fluya a caudales bajos para reemplazar al fluido alterado.

#### Acondicionamiento

El proceso de acondicionamiento de pozos de gas – condensado, al igual que en los pozos de petróleo, está basado en la interpretación de los cambios de la relación gas-condensado y/o relación gas-petróleo resultantes de reducir el caudal de producción.

1. El acondicionamiento se podrá iniciar una vez que el pozo limpio haya producido durante un tiempo mínimo de 24 hs, esto con el objeto de eliminar el daño generado en la terminación y los posibles bolsones de gas.
2. Se cierra el pozo durante un tiempo mínimo de 24 hs.
3. Se registra la presión, hasta que se observe tendencia de estabilización, es decir, que la presión medida sea lo más cercana posible a la presión estática original del reservorio.
  - a. Registrar: Presión, Temperatura a profundidad de los punzados.
4. El pozo debe acondicionarse para sucesivas reducciones de caudal, mediante reducciones de orificio.
  - a. Se abre el pozo conectado a un separador trifásico, utilizando un orificio de diámetro medio, con el objeto de evitar una gran caída de presión de boca.
  - b. Se deja producir hasta estabilizar caudales y presiones.
  - c. Se cambia el orificio por uno de menor diámetro comparando las relaciones de gas y condensado o las relaciones gas - petróleo.
  - d. Cuando estas **son constantes**, es posible sacar la muestra.
  - e. Para cada orificio se registran:
    - \* Caudal de gas, caudal de condensado (en casos de Pozos de Gas Condensado), caudal de petróleo, caudal de agua, presión diferencial.
    - \* Presión estática.
    - \* Temperatura de fondo, temperatura del separador.
    - \* Presión y temperatura dinámica de boca y presión de separador.

El pozo es considerado acondicionado cuando se realizan reducciones adicionales de caudal y estas no afectan la relación gas-condensado o de gas-petróleo estabilizada (variaciones no mayores a +/- 5%).

El caudal de producción debe ser suficiente para evitar que el flujo sea intermitente, ya que es sumamente difícil medir una relación gas-condensado o gas-petróleo estabilizada en estas condiciones. Además, las composiciones de gas y líquido de separador en los momentos de flujo intermitente pueden ser distintos a las composiciones en los momentos de flujo estable.

## 2. TOMA DE MUESTRA EN SUPERFICIE

El procedimiento consiste en tomar muestras de gas y líquido en equilibrio, de un separador de campo, registrando mediciones exactas de los caudales de gas y líquido producidos en el momento del muestreo.

Las muestras de gas y líquido deben ser tomadas al mismo tiempo. La diferencia en el tiempo no debería exceder a 1 hora, debido a que, pueden ocurrir cambios importantes en la condiciones de separación (por ej. Temperatura).

Ambas muestras, gas y líquido, deben ser tomadas **por duplicado** para asegurar al menos una muestra representativa.

Es esencial que los caudales de gas y líquido de separador sean medidos correctamente durante el muestreo, para asegurar que las muestras sean representativas.

Luego, las muestras de gas y líquido, son recombinadas en el laboratorio para reproducir el fluido de reservorio.

### Mediciones

Las mediciones durante el muestreo son las mismas que para el acondicionamiento de pozo:

- ✓ Caudal de gas.
- ✓ Caudal de condensado: se debe aclarar el punto de medición (líquido en tanque o líquido en separador)
- ✓ Caudal de agua
- ✓ Presión diferencial.
- ✓ Presión estática.
- ✓ Presión y temperatura dinámica de fondo
- ✓ Presión y temperatura dinámica de boca.
- ✓ Presión en el separador.
- ✓ Relación gas-condensado: aclarar punto de medición del líquido.

### Muestreo de Gas en el Separador

Las muestras son almacenadas en botellones que generalmente tienen una capacidad de 20 litros y doble válvula. Se puede realizar por dos métodos:

1. Por llenado de un botellón sometido a vacío: Este método es especialmente útil cuando la temperatura del separador es sustancialmente mayor que la temperatura atmosférica.
  - a. El botellón se llena conectándolo al separador, purgando la línea de conexión y luego permitiendo que el gas fluya hasta alcanzar la presión deseada. El botellón no es purgado.

2. Purgando el botellón con el gas a ser muestreado.
  - a. Requiere llenar y vaciar el botellón con gas de separador varias veces, de modo de purgar el contenido de aire.
  - b. El número de veces recomendado para purgar el botellón es inversamente proporcional a la presión.

### **Muestreo de Líquido en el Separador**

Los botellones utilizados tienen, generalmente, una capacidad de 400 a 600 cc y doble válvula. Hay dos métodos básicos:

1. Por desplazamiento de un líquido  
Consiste en conectar un botellón, lleno con un líquido (mercurio, salmuera, glicol o agua), al separador. Luego de purgar la línea de muestreo, se abre la válvula superior del botellón, de modo de que alcance la presión en el separador. Luego se abre lentamente la válvula inferior del botellón para permitir que el líquido ingrese al botellón desplazando el líquido residente con una mínima reducción de presión. Cuando se ha colectado el volumen de muestra requerido, se cierran sucesivamente la válvula inferior y superior del botellón.
2. Por desplazamiento de gas de separador  
El método consiste en desplazar gas de separador contenido en el botellón por medio de líquido del separador. El botellón es conectado a un punto adecuado a la línea de gas y se hace que el gas fluya a un caudal moderado a modo de desplazar el aire. Se desconecta, se conecta la línea de líquido por la parte inferior y por la parte superior se ventea el gas en exceso ajustando el caudal para que la reducción de presión en el botellón sea despreciable.

### **3. MEDICIÓN DE PRESIÓN ESTÁTICA**

1. Cerrar el pozo durante un tiempo mínimo de 24 hs.  
Registra la presión, hasta que se observe tendencia de estabilización. Se debe registrar la Presión y la Temperatura a la profundidad de los punzados.

### **4. TOMA DE MUESTRA EN FONDO**

El acondicionamiento del pozo mantiene el mismo procedimiento descrito inicialmente hasta el punto 3.

1. Se cierra el pozo durante un tiempo mínimo de 24 hs.
2. Se registra la presión, hasta que se observe tendencia de estabilización, es decir, que la presión medida sea lo más cercano posible a la presión estática original del reservorio.
  - a. Registrar: Presión, Temperatura a profundidad de los punzados.
3. Se hace un gradiente, para determinar la densidad de la columna. A partir de este gradiente, se determina la profundidad a la que se obtendrá la muestra  
Se registra:
  - a. Presión.
  - b. Profundidad.
  - c. Cálculo de densidad.

La profundidad de muestreo debe ser tal que se evite la interface agua petróleo y gas petróleo. Se toman muestras por duplicado, a una profundidad tal que la densidad sea aproximada al fluido de reservorio. Una vez acondicionado el pozo, se procede de la siguiente manera:

1. Se procede a bajar el toma muestra a la profundidad indicada.
2. Esperando el momento en el que se accione el mecanismo de disparo que cerrara el contenedor de la muestra.
3. Se extrae el toma muestra y se procede a la validación de misma.

Para la validación, se realizan curvas presión – volumen, para ambas muestras, determinándose la Presión de burbuja. La variación entre ambas  $P_b$ , no debe ser mayor a 3 a 5%. En el caso de que se supere este valor se deberá repetir el muestreo.

## **VALIDACIÓN DE MUESTRAS**

Dependiendo del tipo de muestreo la metodología de validación a realizar es la siguiente:

### **Validación de las Muestras de Fondo**

Se verifica el valor de la presión de transferencia sea mayor o igual a la presión de Reservorio.

### **Validación de las Muestras de Superficie**

Se verifica el valor de la presión de burbuja mediante el ensayo PV a las muestras de líquido tomadas en separador.

- ✓ Ensayo PV del botellón de Líquido de Separador a condiciones de Separador.

## **ENSAYO FLASH**

En los estudios PVT se realiza una separación adicional de petróleo y gas sobre la muestra original. Esta separación se realiza sólo con fines composicionales. En este caso se realiza la siguiente secuencia de procesos de laboratorio:

1. Se presuriza la muestra por encima de la presión de burbuja del sistema.
2. Se homogeniza la mezcla a temperatura ambiente (o a la mínima temperatura a la que puede realizarse el proceso).
3. Se extrae una alícuota del fluido, manteniendo la presión de la muestra. En esta etapa se recoge una cierta cantidad de líquido y de gas a presión y temperatura ambiente, se determina la Relación Gas-Petróleo del flash.
4. Se caracterizan composicionalmente ambos fluidos. También se determinan el Factor Volumétrico del Petróleo ( $Bo_{flash}$ ), la densidad y peso molecular (PM) del líquido y se caracteriza la fracción pesada del mismo.

### **Determinaciones para muestras tomadas en fondo:**

- ✓ Análisis Cromatográfico del gas del Flash hasta  $C_{11}^+$ .
- ✓ Cálculo de Riqueza del gas de flash.
- ✓ Análisis Cromatográfico del líquido de flash hasta  $C_{44}^+$ .

- ✓ Determinación experimental de Peso Molecular del Líquido de flash.
- ✓ Determinación experimental de Densidad del Líquido de flash
- ✓ Recombinación a la Relación Gas-Petróleo del Flash para obtener el Fluido de Reservorio.
- ✓ Recombinación Física de la muestra en Celda

**Determinaciones para muestras tomadas en superficie:**

- ✓ Análisis Cromatográfico del Gas de Flash hasta C20<sup>+</sup>.
- ✓ Cálculo de Riqueza de Mezcla del Gas de Flash.
- ✓ Análisis Cromatográfico del Líquido de Flash hasta C40<sup>+</sup>.
- ✓ Análisis Cromatográfico del Gas de Separador hasta C20<sup>+</sup>.
- ✓ Cálculo de Riqueza de Mezcla del Gas de Separador.
- ✓ Determinación experimental de Peso Molecular del Líquido de Flash.
- ✓ Determinación experimental de Densidad del Líquido de Flash
- ✓ Obtención del Líquido de Separador partiendo de las Cromatografías de Gas y Líquido de Flash y la Relación Gas - Petróleo obtenida en el Ensayo Flash.
- ✓ Obtención del Fluido de Reservorio partiendo de las Cromatografías de Gas y Líquido de Separador y la Relación Gas - Petróleo de las condiciones de Separador.

## ***ENSAYO A MASA CONSTANTE***

Este estudio consiste en sucesivas expansiones de la celda cargada con un volumen determinado de fluido recombinado y el análisis de la evolución del volumen de la celda en función de la presión.

**Determinaciones: Casos de muestras de Petróleo y Petróleo Volátil**

- ✓ Curva Relación Presión-Volumen
- ✓ Determinación de la Presión de Burbuja.
- ✓ Densidad del Petróleo.
- ✓ Compresibilidad del Petróleo en fase Monofásica
- ✓ Coeficiente de Expansión Térmica.

**Determinaciones: Casos de muestras de Gas Condensado**

- ✓ Presión de rocío a temperatura de reservorio.
- ✓ Factor de compresibilidad del gas y factor de compresibilidad bifásico.
- ✓ Factor de volumen del gas.
- ✓ Densidad del gas.
- ✓ Coeficiente de compresibilidad isotérmico.
- ✓ Curva de condensación retrograda a masa constante.

## **ENSAYO DE LIBERACIÓN DIFERENCIAL**

Este estudio simula la explotación de la capa retirando volúmenes de gas excedentes al bajar la presión por debajo de la presión de saturación, midiendo la relación gas petróleo (Rs), el factor de volumen del petróleo (Bo), el factor de volumen del gas (Bg), la densidad del fluido en cada etapa. El gas liberado en cada etapa es analizado en un cromatógrafo para determinar su composición y propiedades. La metodología de ensayo es la siguiente:

1. Se coloca en la celda PVT el fluido recombinado.
2. Se establecen las condiciones de presión y temperatura del Reservorio.
3. Se determinan las etapas de presión al cual se realizara la prueba.
4. Establecer la presión de la prueba en la presión de burbuja y medir el volumen de líquido.
5. Reducir la presión a la siguiente etapa.
6. Remover el gas liberado.
7. Medir la gravedad específica y el volumen de gas a condiciones STD (14.7 psi – 60°F)
8. Medir el volumen de líquido remanente a condición de presión y temperatura de la Celda.
9. Repetir el procedimiento hasta alcanzar la presión atmosférica.

### **Determinaciones: Casos Petróleo Negro – Petróleo Volátil**

- ✓ Relación Gas en Solución y Gas Liberado (Rs)
- ✓ Factor de Volumen del Petróleo (Bo)\*
- ✓ Factor de Volumen Total (Bt)
- ✓ Densidad del Petróleo ( $\rho_o$ )
- ✓ Viscosidad del Petróleo ( $\mu_o$ ) \*
- ✓ Propiedades de los Gases Liberados
  - \* Composición de los Gases en c/etapa de depleción.
  - \* Riqueza en productos condensables
  - \* Factor de Compresibilidad del Gas (Z)
  - \* Factor de volumen del gas (Bg)
  - \* Viscosidad de los gases liberados ( $\mu_g$ )

*\*En casos de PVT de Petróleo Volátil, se determina el Factor Volumétrico del Petróleo y la Viscosidad del Petróleo.*

## **ENSAYO A VOLUMEN CONSTANTE**

Experimentalmente son un conjunto de expansiones y desplazamientos a presiones por debajo de la presión de rocío o burbuja (dependiendo del fluido) manteniendo la presión constante de la mezcla de forma que el volumen de gas y de líquido en la celda sea igual a la inicial al terminar cada desplazamiento. El gas que es removido isobáricamente se le determina el volumen y la composición, además para cada presión se calcula el volumen de líquido depositado en el fondo de la celda, el factor de compresibilidad del gas retirado y el de la mezcla bifásica que va quedando.

## Determinaciones: Casos de muestras de Gas Condensado y Petróleo Volátil

- ✓ Porcentaje de Efluente Producido en función de la Presión.
- ✓ Porcentaje de Líquido Condensado/Remante en función de la Presión.
- ✓ Determinación de la composición del efluente producido hasta C20<sup>+</sup> en función de la Presión.
- ✓ Cálculo de Factor de Volumen del Gas, Bg.
- ✓ Cálculo de Viscosidad del Gas Liberado en función de la Presión.
- ✓ Cálculo de Riqueza de mezcla del Gas Liberado.

## CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE FLUIDOS

El objetivo del estudio Reológico es conocer las curvas de comportamiento de esfuerzo de corte y viscosidad de muestras de petróleo a presión atmosférica y determinar el modelo de comportamiento reológico a cada temperatura. En este ensayo se determina la temperatura a la cual el petróleo pasa de comportarse como un fluido NEWTONIANO a NO NEWTONIANO (pseudoplástico, bingham generalizado, etc). Esta temperatura es considerada como la de inicio de precipitación de parafinas

- ✓ Esfuerzo de corte (Shear Stress) vs. Deformación (Shear Rate).
- ✓ Viscosidad aparente vs. Deformación (Shear Rate).
- ✓ Viscosidad vs. Temperaturas de ensayo
- ✓ Ajuste del Modelo de Fluido

El funcionamiento del viscosímetro Brookfield se basa en el principio de la viscosimetría rotacional; mide la viscosidad captando el par de torsión necesario para hacer girar a velocidad constante un husillo inmerso en la muestra de fluido a estudiar. El par de torsión es proporcional a la resistencia viscosa sobre el eje sumergido y en consecuencia, a la viscosidad del fluido. El procedimiento es el siguiente:

1. Se monta el viscosímetro con su dispositivo de protección sobre su soporte. Se llena un vaso con el producto a ensayar, teniendo cuidado de no producir burbujas de aire. Introducirlo en el baño de agua a la temperatura del ensayo. Esperar que se equilibren las temperaturas.
2. Sumergir el vástago en el líquido a medir hasta la marca que figura sobre el eje. Bajar el viscosímetro sobre su soporte y fijar el vástago al eje. Comprobar verticalidad y temperatura.
3. Poner el motor en marcha. Ajustar a la velocidad deseada. Desbloquear la aguja y dejar que gire hasta que se estabilice sobre el dial. Generalmente tarda entre 5 y 10 segundos. Bloquear la aguja y anotar la lectura. Después, volver a poner en marcha el motor y tomar otra lectura.
4. Se continúa tomando lecturas hasta que 2 valores consecutivos no difieran en  $\pm 3$  %, salvo otra indicación. Tomar el valor medio de las dos últimas lecturas.

### ARGENTINA

📍 La Paz 1043, B1640CXE, Martínez, San Isidro, Buenos Aires  
📞 +54 (11) 4718-5707

### CHILE

📍 José Menéndez 774, Punta Arenas  
📞 +56 (61) 221-1536