

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES

5.1. Análisis de resultados

Permeámetro.- Permeabilidad absoluta a los gases de 4 núcleos de arenisca.

TABLA 3

SEMEJANZA ENTRE LOS VALORES DE LOS LABORATORIOS

	ESPOL	Petroproducción		
Muestras	k (md)	k (md)	Diferencia (md)	D (%)
A	1.52	1.50	0.02	1.3
B	1.42	1.47	0.05	3.4
C	2.51	2.59	0.08	3.1
D	47.48	49.13	1.65	3.4
				2.8

Celda triaxial.- Prueba de desplazamiento de petróleo por agua en núcleos cilíndricos. Se recomienda utilizar núcleos de 1 1/2" de diámetro.

- 1) Medir la longitud y el diámetro de la muestra. Calcular el volumen total de roca (V_T).
- 2) Realizar la práctica "limpieza de núcleos con tolueno".
- 3) Pesar el núcleo (m_i').
- 4) Saturar el core con agua en el equipo de vacío. Vuelva a pesar el núcleo (m_f').
- 5) Calcule la cantidad de agua contenida en los poros de la roca, ($\Delta m' = m_f' - m_i'$), el volumen poroso, ($V_P = \Delta m' / \rho_w$) y la porosidad, ($\phi = V_P / V_T$).
- 6) Colocar el core en la celda triaxial. Inyectar nitrógeno por el tercer eje u orificio del soporte central hasta 100 psi para presurizar el núcleo con el caucho.

- 7) Reabastecer la bomba con petróleo. Revise la sección 4.3.
- 8) Utilizar una probeta graduada para determinar la cantidad de agua que va ser desplazada del núcleo.
- 9) Bombear el petróleo a una tasa media de bombeo (150 ml/hr) para desplazar el agua del core y dejarlo con una saturación de agua irreducible. Realizar este paso hasta que solo petróleo salga por el puerto de salida.
- 10) Con el volumen de agua o petróleo inicial (V_w o N_i) obtenido en la probeta calcular la saturación de agua intersticial.
$$\left(S_{wi} = \frac{V_P - V_W}{V_P} \right).$$
- 11) Despresurizar el equipo y sacar el núcleo de la celda.
- 12) Vaciar el petróleo y limpiar el cilindro de la bomba y la celda triaxial con una solución detergente.
- 13) Colocar el núcleo en la celda triaxial y presurícelo.

- 14)** Llenar el cilindro de la bomba con agua. Seleccione la tasa de inyección deseada para la prueba en el controlador de la bomba. Puede programar una presión de inyección si la prueba así lo requiere.

- 15)** Accione el equipo a modo de bombeo.

- 16)** Utilice varias probetas graduadas para determinar la cantidad de petróleo producido (ΔN_P) y el agua producida (ΔW_P) en función del tiempo. Tome dato de la cantidad de agua inyectada (W_i) en función del tiempo. Registre el tiempo de ruptura (t_R) y la presión de inyección (P_i).

- 17)** Calcule el petróleo producido acumulado (N_P), la relación agua-petróleo (WOR), la tasa de producción de petróleo (q_P), la tasa de producción de agua (q_w) y el factor de recobro (FR) en función del tiempo o en función de los volúmenes porosos inyectados.

- 18)** Grafique N_P vs. Q_i y WOR vs. Q_i en un mismo grafico, en otro grafico q_P vs. Q_i y q_w vs. Q_i y finalmente graficar FR vs. Q_i .

Resultados de la prueba:

Para realizar la prueba se utilizo un núcleo de arenisca de 2 3/8 pulgadas de longitud por 1 1/2 pulgadas de diámetro donado por Petroecuador de un núcleo de corona de la arena Frontera del pozo 4 A a un intervalo de profundidad de 9230` - 9231`.

Los datos preliminares de la prueba de desplazamiento correspondientes a los pasos del 1) al 10) se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA 4

DATOS PRELIMINARES DE LA PRUEBA DE DESPLAZAMIENTO

V_T	Δm'	V_P	φ	V_w o N_i	S_{wi}
(cc)	(g)	(cc)	(%)	(cc)	(%)
69.75	11.7	11.7	17	8	32

Los resultados del desplazamiento de petróleo por agua del núcleo en la celda triaxial se muestran en la tabla 5. Y en forma grafica se encuentran en los anexos.

TABLA 5

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DESPLAZAMIENTO

Tiempo (min)	Np (cc)	Wp (cc)	WOR (ccw/cco)	Qi	qo (cc/min)	qw (cc/min)	FR (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	0.80	0	0	0.09	3.200	0	10.0
0.50	1.70	0	0	0.17	3.400	0	21.3
0.97	2.40	0	0	0.23	2.474	0	30.0
2.00	2.85	1.2	0.42	0.36	1.425	1.165	35.6
3.00	3.45	2.9	0.84	0.62	1.150	1.429	43.1
4.67	3.95	5.6	1.42	0.87	0.846	1.514	49.4
6.17	4.25	9.2	2.16	1.21	0.689	1.769	53.1
7.67	4.55	12.7	2.79	1.56	0.593	1.896	56.9
9.17	4.75	16.4	3.45	1.90	0.518	2.000	59.4
10.67	4.95	20.2	4.08	2.32	0.464	2.082	61.9
12.17	5.15	25.0	4.85	2.75	0.423	2.232	64.4
13.67	5.25	27.8	5.30	3.01	0.384	2.189	65.6
15.17	5.35	30.7	5.74	3.26	0.353	2.162	66.9
18.17	5.45	33.6	6.17	3.56	0.300	1.953	68.1

La presión de inyección de la prueba fue de 2 psig y la saturación de petróleo residual al final de la prueba quedo en 22 %.

5.2. Conclusiones

- 1) El promedio de las desviaciones de los resultados de permeabilidad obtenidos con el permeámetro de gases diseñado por medio de esta tesis con respecto a los valores obtenidos en el laboratorio de Yacimientos de Petroproducción fue del 2.8 %.
- 2) De los valores de permeabilidad y de un análisis microscópico de las muestras se determinó que los núcleos A, B, y C con permeabilidades entre 1 y 3 md son areniscas de grano muy fino y la muestra D con permeabilidad de aproximadamente 48 md es una arenisca de grano medio.
- 3) Después de la limpieza, lubricación y calibración de la bomba LC-5000, esta logró desarrollar un bombeo de 6.67 ml/min con el 1 % de error y la presión quedó establecida en un valor de 500 psi con ayuda de un manómetro. Quedando así en condiciones adecuadas para complementar a la celda triaxial.

- 4) Al final de la prueba de desplazamiento se logro recuperar (FR) el 68.1 % del petróleo inicial y los volúmenes porosos de agua inyectada fueron de 3.56.
- 5) En el grafico de las curvas de q_o vs. Q_i y q_w vs. Q_i se puede apreciar que después del punto de ruptura primera curva disminuye continuamente mientras que la curva de producción de agua tiende a mantenerse constante en el tiempo.
- 6) Estas pruebas de desplazamiento nos permiten determinar cual de los métodos de predicción del comportamiento de la inyección de agua se asemeja más al yacimiento en estudio. También nos permite estimar la vida del proyecto que se pretenda llevar a cabo en esta arena.
- 7) Los dos equipos quedaron aceptablemente calibrados, de acuerdo al análisis comparativo y pruebas que se realizaron. Dejando así estas unidades actas para una correcta enseñanza de los futuros estudiantes que se sirvan realizar prácticas en el Laboratorio de Petróleos de la FICT-ESPOL.

- 8) Por medio de este proyecto se logro crear vínculos con las compañías Petroproducción, ControlAir y Parker Pneumatic.

5.3. Recomendaciones

- 1) Revisar periódicamente el permeámetro debido a fugas en las cañerías, las conexiones, las válvulas de alivio y el flujómetro.
- 2) El extractor de campana debe estar equipado con papel de aluminio y silica o gel para absorber la húmeda. Ya que esta afecta en un gran porcentaje a los resultados obtenidos.
- 3) La orientación de los núcleos del laboratorio con referencia a la muestra del campo deberá ser tomada en cuenta ya que normalmente se desea la permeabilidad perpendicular al eje de la muestra de fondo debido a que el flujo de fluidos (gas, petróleo, y/o agua) se da en esta dirección.
- 4) Se puede utilizar cualquier tipo de gas comprimido como un medio de medición de la permeabilidad, siempre y cuando este gas sea inerte y no tóxico como el nitrógeno (N_2), por ejemplo.

- 5)** Si los sellos de la bomba LC-5000 tienen suciedad u otros sólidos alrededor de ellos, realice el proceso de reemplazo y limpieza (sección 4.5) para evitar posibles fugas y así no será necesario comprar nuevos sellos. Ahorrándonos tiempo y/o dinero.
- 6)** El procedimiento de lubricación de la bomba se deberá realizar cada 400 horas de uso, además debe protegerse de que ningún tipo de fluido ingrese en el precisión thrust bearing el cuál conduce el ball screw (vea la figura 4.13).
- 7)** Con fines didácticos, para realizar una buena práctica en la celda triaxial es preferible utilizar núcleos con porosidades y permeabilidades altas.
- 8)** Después de cada uso de la celda triaxial límpiela con alcohol de madera (metanol).