DISEÑO DE UN PERMEAMETRO DE GASES, OPERACIÓN Y CALIBRACION DE UNA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO CON CELDA TRIAXIAL

Freddy Iñiga Urguillés[1], Jacobo Tutiven Delgado[2], Ricardo Gallegos Orta[3]

[1]Ingeniero en Petróleos 2006; email: finiga@espol.edu.ec
[2]Ingeniero en Petróleos 2006; email: jtutiven@espol.edu.ec
[3]Director de Tesis, Ingeniero en Petróleos, Universidad del Zulia, 1973, Postgrado en EE.UU., University Wyoming, 1973, profesor de la ESPOL desde 1973.

1. RESUMEN

Inglés

This thesis was guided to examine and operate an equipment and to design another: A Syringe Pump and a Gas Permeable-meter, respectively. The pump study was accomplished by means of a meticulous review of the available operation manuals of this pump at The FICT Petroleum Laboratory, after this and a preliminary test we concluded that this equipment required cleaning, lubrication and calibration. The cleanliness was accomplishing in the entire pump except in its electronic control, the lubrication in its gears and the calibration in its electronic circuit. The permeameter design study was done by a previous permeameters analysis, and training passant which was done at Petroproducción Laboratory in the city of Quito.

On the other hand, we completed a theoretic investigation to determine the parameters that takes part in its functioning and the yielded result of these equipments. In such a way that allows me to explain the variations of the final data and how these can be corrected or improved to have better results in the applications of these values.

Español

Esta tesis estuvo dirigida a analizar y operar un equipo y a diseñar otro, una Bomba de Desplazamiento Positivo y un Permeametro de Gas, respectivamente. El análisis de la bomba se llevo a cabo por medio de un estudio minucioso de los manuales disponibles en laboratorio para la operación de dicha bomba, luego de esto y de una prueba preliminar se llego a la conclusión de que este equipo, requería de una limpieza, lubricación y calibración. La limpieza se la realizo a nivel de toda la bomba excepto en el controlador, la lubricación en sus engranajes y la calibración en los circuitos electrónicos. El estudio del diseño del permeametro se baso en un análisis de anteriores permeametros y además en una pasantía que se hizo en el Laboratorio de Petroproducción en la ciudad de Quito.

Por otro lado, se realizo una investigación teórica para determinar cuales son los parámetros que intervienen en el funcionamiento y resultados arrojados por estos equipos. De tal manera de poder explicar el porque de las variaciones de los datos finales y como estos pueden ser corregidos o mejorados para obtener mejores resultados en las aplicaciones de estos valores.

INTRODUCCION

El presenta trabajo tiene como objetivo principal la investigación científica de un área muy importante para la formación de los estudiantes y futuros profesional la cual esta comprendida por los Laboratorios académicos. La función de los laboratorios de las distintas unidades académicas del mundo, es complementar la parte teórica con la realidad por medio de modelos a escalas o iguales a los utilizados en la realidad para que cuando el formado estudiante o profesional tenga algún problemas por resolver en el campo laboral de su profesión tenga la capacidad para aportar con soluciones coherentes a lo que esta sucediendo.

De los dos equipos estudiados el primero que es el diseño de un permeametro de gases surgió del problema que en la provincia del Guayas no contábamos con uno de estos muy importantes equipos cuyos resultados, ósea las permeabilidades, son necesarias en casi todas las áreas de estudio de la Industria del Petróleo. Además que esta provincia cuenta con el Campo Petrolero de Ancón al cual le facilitaría la labor de determinar este parámetro ya que no tendría que recurrir a otras ciudades, sino que aquí en la Institución que lo tiene a su cargo, la ESPOL, se podría determinar la permeabilidad de los distintos pozos que se perforen en este Campo. La no utilización del segundo equipo la bomba de desplazamiento con celda triaxial en el Laboratorio de Petróleos de la FICT, es lo que nos motivo a operar y poner en funcionamiento esta multi-operacional bomba.

Como ya se mencionaron anteriormente estos equipos van a contribuir a despejar las dudas y a dejar nuevos conocimiento en los estudiantes, que antes se tenían que limitar a leer los manuales o simplemente a no saber que estos instrumentos existían. Y de esta manera se estaría cumpliendo con la misión de la ESPOL construir buenas bases en sus estudiantes para que en el mañana puedan contribuir al desarrollo de la sociedad.

CONTENIDO

1. Permeametro de Gases

1.1 Descripción.- El núcleo del yacimiento es hermetizado en la celda porta núcleo para que el gas que ingresa a la celda atraviese completa y exclusivamente la muestra, para finalmente salir a la atmósfera. El equipo esta conformado por el porta núcleo (1), la prensa porta núcleo (2), el termómetro (3), el flujómetro de rango triple (4), el manómetro (5), la válvula reguladora de presión (6), la válvula de tres vías (7) y la conexión de entrada de gas (8) los cuales están interconectados y ensamblados en un panel o caja principal (9) con un marco adecuado para la instalación de pared, tal como se muestra en la figura 1.

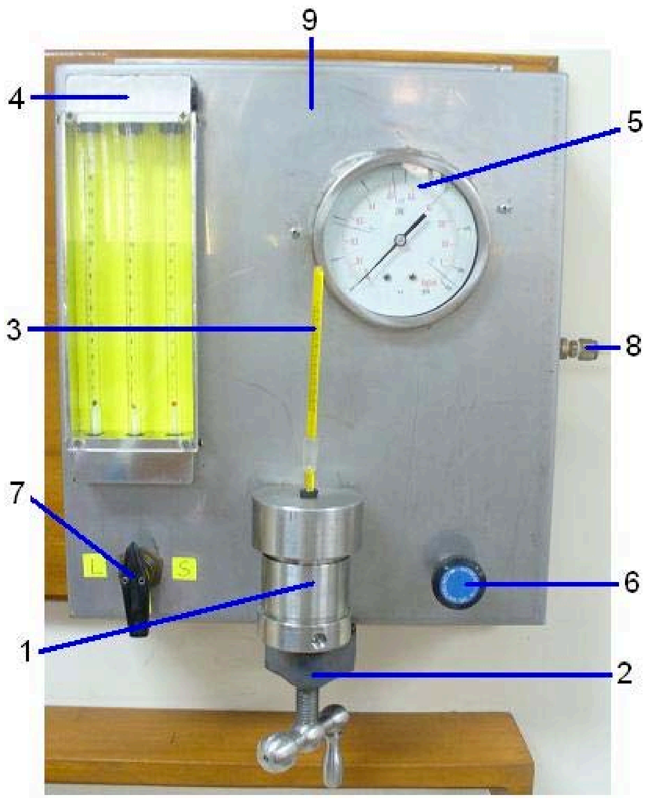

FIGURA 1. PARTES DEL PERMEAMETRO DE GASES

1.2 Comprobación de datos obtenidos

Los días 15 y 16 de agosto del presente año realizamos una pasantitas en el Laboratorio de Yacimiento de Petroproducción localizado en la ciudad de Quito pedida por medio de un oficio dirigido al Ing. Manuel Jordan, Subgerente de Exploración y Desarrollo de Petroproducción por el Ing. Ricardo Gallegos Orta, Decano de la FICT de esta Universidad.

En la mencionada práctica comprendimos a cabalidad la operación y funcionamiento del permeametro de gas y todos los pasos que se deben seguir antes de calcular la permeabilidad de una muestra.

Llevamos 4 muestras (A, B, C, y D) de dimensiones de 1” de diámetro por 1” de longitud, tomadas del Campo Petrolero de Ancón. A estos núcleos se les determinaron sus valores de permeabilidad para que posteriormente pasen a ser muestras patrones, las que nos permitieron realizar una calibración precisa del equipo diseñado.

Los valores de permeabilidad obtenidos en el Laboratorio de Yacimientos de Petroproducción se muestran en la tabla I:

Muestra	L (cm)	D (cm)	Lectura del Flujometro	q cc/seg	P (atm)	Temp. (ºF)	µ (cp)	k (md)
A	2.79	2.494	2.4	0.15	1.0	70	0.01752	1.50
B	2.816	2.592	2.4	0.15	1.0	70	0.01752	1.47
C	3.073	2.521	4.4	0.24	1.0	70	0.01752	2.59
D	3.007	2.506	4.2	2.3	0.50	70	0.01752	49.13

TABLA I. PERMEABILIDAD OBTENIDA EN EL LABORATORIO DE PETROPRODUCCIÓN

Los valores de permeabilidad obtenidos en el Laboratorio de Petróleos de la ESPOL se muestran en la tabla II:

Muestra	L (cm)	D (cm)	Lectura del Flujometro	q cc/seg	P (atm)	Temp. (ºF)	µ (cp)	k (md)
A	2.79	2.494	1.1	0.15	1.00	79	0.0177	1.52
B	2.816	2.592	1.1	0.15	1.00	79	0.0177	1.42
C	3.073	2.521	2.7	0.23	1.00	79	0.0177	2.51
D	3.007	2.506	3.6	2.20	0.50	79	0.0177	47.48

TABLA II. PERMEABILIDAD OBTENIDA EN EL LABORATORIO DE LA ESPOL

2. Bomba de Desplazamiento Positivo con celda triaxial

2.1 Introducción.- La bomba LC-5000 (# 1 de la figura 2) tiene una capacidad de 500 ml, una tasa de flujo con un rango de 0.1 a 400 ml/hr, y una presión máxima de operación de 3,700 psi. La bomba funciona a modo de flujo constante y tiene un despliegue digital de presión en psi o en MPa. El cilindro y el pistón de la bomba están fabricados en acero inoxidable 304. Los sellos de la bomba son de grafito cubiertos con teflón. La bomba esta diseñada para aplicaciones que requieran precisión.

El porta núcleo o celda triaxial consta de un soporte central y dos sellos laterales de acero inoxidable (# 2 de la figura 2). Tiene dos ejes una entrada o primer eje y una salida o segundo eje en cada sello con la función de permitir el paso del fluido utilizado para realizar la prueba de desplazamiento, estos ejes son tuberías de acero de 1/8” de diámetro.

El tercer eje, el cual le da a esta celda la condición de triaxial, es un orificio localizado en la parte externa del soporte central usado para inyectar nitrógeno. Los tapones laterales de acero pueden desacoplarse para poder ingresar los coros. Para dar estabilidad a los sellos una vez colocados en el soporte central se hace uso de dos tornillos de ajuste manual. En el interior soporte central se encuentra un caucho el cual sirve de sello.

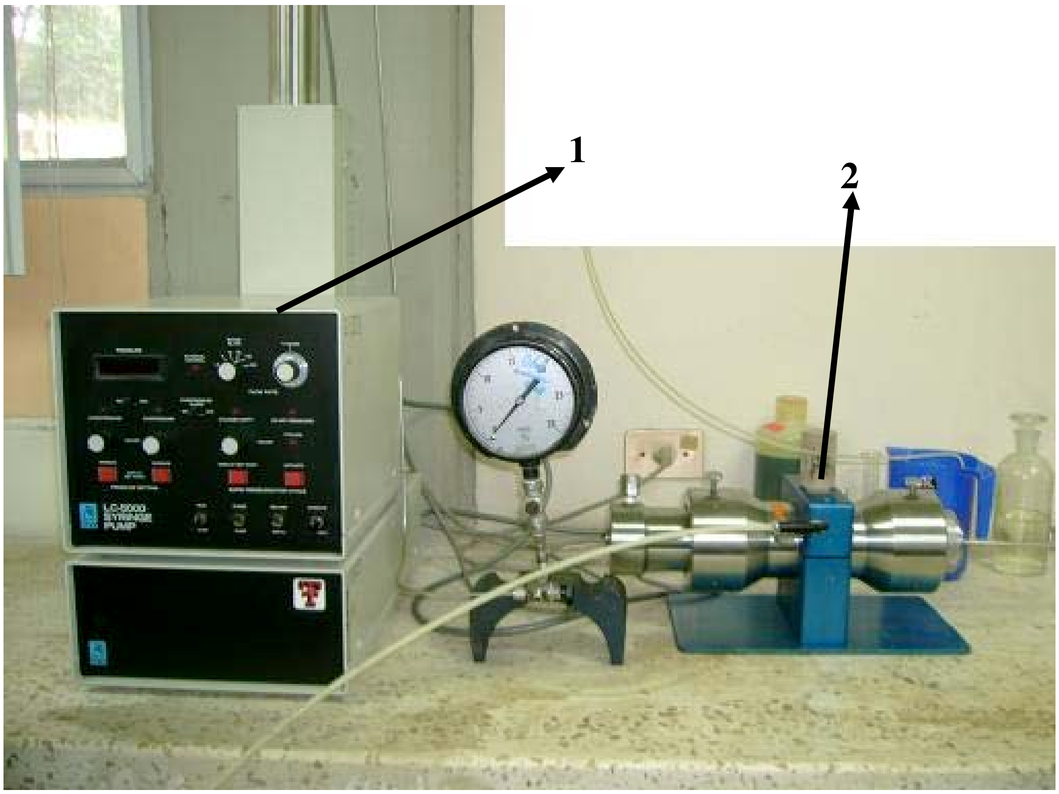

FIGURA 2. BOMBA DE PRECISIÓN (1) Y CELDA TRIAXIAL (2)

Este equipo es utilizado para realizar pruebas de desplazamiento como en el caso de la recuperación secundaria de petróleo. En la cual se utiliza un fluido como agua o CO_2 para aumentar la presión del reservorio y así poder recuperar la mayor cantidad de hidrocarburo posible.

2.2 Datos y resultados de la prueba de desplazamiento:

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 la arena Frontera del pozo 4 A a un intervalo de profundidad de 9230` - 9231`. Los pasos a seguir para desarrollar la práctica se encuentran detallados en la Tesis.

Los datos preliminares de la prueba de desplazamiento se encuentran en la siguiente tabla:

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

TABLA III. DATOS PRELIMINARES DE LA PRUEBA DE DESPLAZAMIENTO

Los resultados del desplazamiento de petróleo por agua del núcleo en la celda triaxial se muestran en la tabla IV. Y en forma grafica en la figura 3.

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

TABLA IV. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DESPLAZAMIENTO

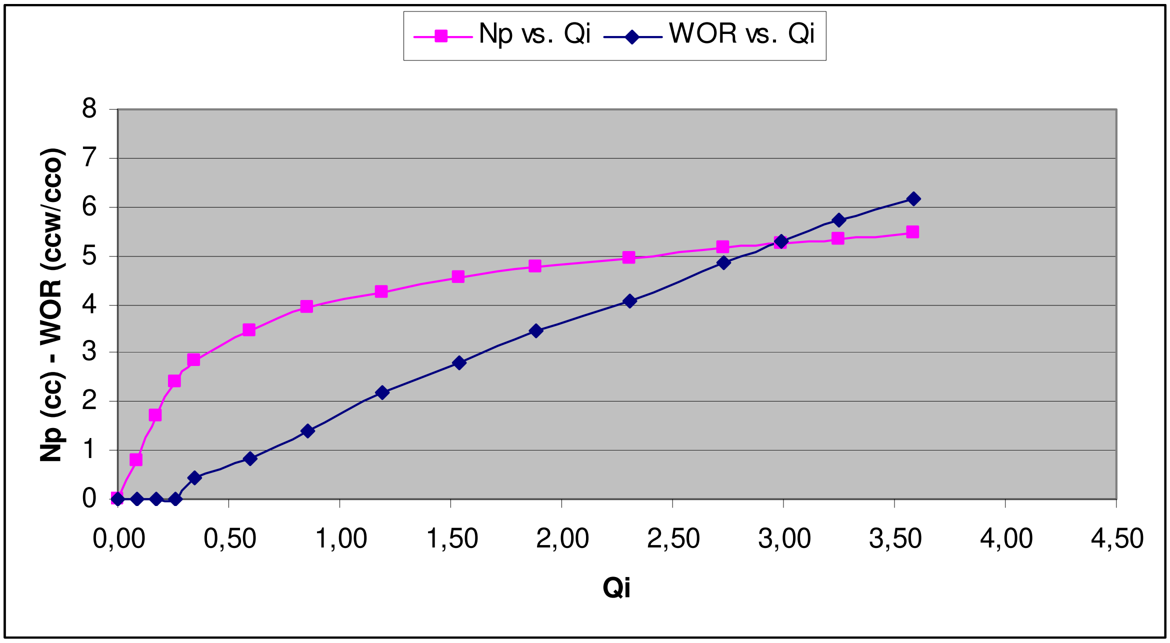

FIGURA 3. N_P vs. Q_i – WOR vs. Q_i

CONCLUSIONES

1) El promedio de las desviaciones de los resultados de permeabilidad obtenidos con el permeametro 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 determino 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) 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.

4) 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.

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

REFERENCIAS

a) **Tesis**

1. Freddy Iñiga y Jacobo Tutiven, "Diseño de un Permeametro de Gas y Operación y Calibración de la Bomba de Desplazamiento Positivo" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)

b) **Libro**

2. Pirson Sylvain, Oil Reservoir Engineering, Second Edition, Graw- Hill Book Company, 1958

c) **Articulo**

3. Baker Hughes INTEQ, Lideres en Soluciones de Perforación,1999

d) **Referencia de Internet**

4. http://www.controlair.com/regulators/100reg.html#ordering

e) **Libro**

5. Forrest Craig, Aspectos de Ingeniería de la Inyección de Agua, Society of Petroleum Engineers of AIME, Dallas, 1982

f) **Folleto**

6. Petroenergy, Diseño de Estimulaciones, Petroecuador Unidad de Capacitación, 2004