



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**APLICACION DE LAS CALCULADORAS  
PROGRAMABLES EN LA RECUPERACION  
SECUNDARIA**

**TESIS PROFESIONAL**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO PETROLERO**  
**P R E S E N T A**  
**TOMAS BECERRA ARTEAGA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Propiedades de los fluidos	3
2.1 Determinación de propiedades a partir de correlaciones	4
3. Propiedades de los yacimientos	10
3.1 Cálculo de permeabilidad a partir de datos de campo	12
3.2 Cálculo de permeabilidad a partir de pruebas de incremento	22
4. Comportamiento de los yacimientos a través del proceso de inyección de agua	43
4.1 Determinación de índice de inyectividad	46
4.2 Evaluación de la eficiencia de área barrida	57
4.3 Estimación de la eficiencia de desplazamiento	66
4.4 Estimación mediante el método de Stiles	78
4.5 Estimación mediante el método de Dykstra-Parsons	85
4.6 Estimación de la distribución de permeabilidad	94
5. Estimación de reservas	99
5.1 Estimación de reservas	100
Conclusiones	108
Referencias	110
Nomenclatura	111
Apéndice	112

## INTRODUCCION

La evaluación del comportamiento de un yacimiento y de sus propiedades mediante el uso de la computadora ha tenido en los últimos años un -- enorme potencial como herramienta de trabajo para el ingeniero de yaci- mientos. Además, para el ingeniero petrolero de las áreas de reparación, producción y perforación la computadora es un medio para realizar el diseño de operaciones evaluando alternativas técnicas y económicas en forma rápida y eficiente.

Dentro del tipo de computadoras que el ingeniero puede tener a su al- cance, se encuentran en orden ascendente de capacidad de memoria: las calculadoras programables, microcomputadoras (PC), las minicomputadoras, y finalmente las computadoras de gran capacidad que normalmente se tienen en los centros de cómputo. Ahora bien, existen un gran campo de aplica- ción de las calculadoras programables, en especial para el ingeniero de campo ó el que no dispone de algún otro tipo de computadora.

Actualmente se dispone en el mercado de dos marcas de calculadoras pro- gramables comúnmente utilizadas en ingeniería: Hewlett-Packard y Texas Instruments. Se decidió realizar los programas de este trabajo con la calculadora del tipo HP 41 debido al gran uso y aceptación que ha --- tenido por los ingenieros, y también a la gran cantidad de referencias técnicas en que informan de programas con este tipo de equipo.

Este documento consta de diez programas orientados al área de inge- niería de yacimientos y están divididos en la siguiente forma:

Propiedades de los fluidos

Propiedades de los yacimientos

Comportamiento de los yacimientos a través  
del proceso de inyección de agua

Estimación de reservas

Cada programa consta de las siguientes cuatro partes: descripción del programa, instrucciones para el usuario, ejemplos de aplicación, y resumen de datos y resultados. En la primera parte se explica en forma general las características, métodos, suposiciones y ecuaciones utilizadas en el programa, así como los accesorios necesarios. Las instrucciones para el usuario presentan en forma general el procedimiento a seguir en el uso del programa, explicando cada paso, variables que intervienen, ingreso de datos y resultados por obtener. Los ejemplos de aplicación son en su mayoría casos reales presentados en la literatura, se indica la forma de resolverlos y las gráficas que se generan mediante el uso del programa. Finalmente el resumen de datos y resultados muestra en forma condensada la información original y los resultados de los ejemplos.

Es importante señalar que este trabajo es una versión modificada del libro Waterflood Manual for Hewlett-Packard Calculators escrita en 1982 por Forrest A. Garb en el cual originalmente los programas fueron diseñados para ser utilizados en calculadora HP 97.

La principal aportación de este trabajo es que los programas se modificaron para ser usados en HP 41 y se mejoró el formato de instrucciones para el usuario. Se incluye además, en el apéndice, el listado completo de cada programa, de manera que el lector pueda utilizarlos prácticamente de inmediato.

## PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

El primer problema que surge en relación al flujo de fluidos en un medio poroso, es el conocimiento de las características de los fluidos como una función de la presión y temperatura.

Por otro lado, cuando no se puede disponer de datos reales obtenidos a partir de análisis de muestras del yacimiento, es posible auxiliarse de correlaciones publicadas por diferentes autores para estimar la presión de saturación, la relación gas aceite y el factor de volumen del aceite. Además, existen correlaciones para obtener la viscosidad del aceite sin gas disuelto como una función de la temperatura y la densidad API, y otras para la viscosidad del aceite con gas disuelto en función de la relación gas-líquido.

El programa No.1 de este trabajo sirve para obtener a través de las correlaciones de Standing, Chew, y Connally, las características mencionadas de los fluidos de los yacimientos petroleros.

**DETERMINACION DE PROPIEDADES A PARTIR DE CORRELACIONES**

**Programa No. 1**

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA I

Página 1 de 5

Título del programa Determinación de propiedades a partir de correlaciones

Autor Forrest A. Garb Tomás Becerra Arteaga

Fecha Febrero 1986

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables Este programa determina el valor de la presión de saturación, la relación gas disuelto-aceite y el factor de volumen del aceite mediante la correlación de Standing.

El valor de la viscosidad del aceite muerto se obtiene con la correlación de Beal en función de la temperatura y la densidad del aceite, la viscosidad del aceite saturado se determina en base a la relación gas disuelto-aceite y la correlación de Chew y Connally.

Una vez que se obtiene el valor de la presión de saturación y el factor de volumen del aceite a la presión de saturación el programa genera los valores de relación gas disuelto-aceite, factor de volumen del aceite y viscosidad del aceite saturado para cada valor de presión introducido. Este valor de presión deberá ser igual o inferior al valor de la presión de saturación inicialmente calculado

Accesorios 1 impresor

Limitaciones y Observaciones Las propiedades obtenidas posteriormente a Pb y Bob estan referidas a la temperatura inicial.

## Referencias

Waterflood Manual for Hewlett-Packard Calculators

F.A. Garb Gulf Pub. Co. 1982

Contributors Guide for HP-11, HP-67, HP-97

Hewlett-Packard Co. 1981



# DESCRIPCION DEL PROGRAMA I

Página 2 de 5

(CONTINUACION)

## Ecuaciones utilizadas

$$B_{ob} = 0.9759 + 12 \times 10^{-5} (CN)_{ob}^{1.2}$$

donde:

$$(CN)_{ob} = R_s \left( \frac{\partial q}{\partial t} \right)^{0.5} + 1.25T$$

$$P_b = 18.2 [(CN)_{ob} - 1.4]$$

donde:

$$(CN)_{pb} = \left( \frac{R_s}{\partial t} \right)^{0.83} \times 10^{(9.1 \times 10^{-4} T - 0.0125^\circ \text{API})}$$

$$\mu_{of} = \left( 0.32 + \frac{1.8 \times 10^7}{^\circ \text{API}^{4.33}} \right) \left( \frac{360}{T + 200} \right)^6$$

donde:

$$a = \text{Log}^{-1} \left( 0.43 + \frac{8.33}{^\circ \text{API}} \right)$$

$$\mu_{ob} = A(\mu_{of})^b$$

donde:

$$A = \text{Log}^{-1} \left\{ R_s [2.2 \times 10^{-7} (R_s) - 7.4 \times 10^{-4}] \right\}$$

$$b = \frac{0.68}{\left[ \frac{8.62 \times 10^{-5} (R_s)}{10} \right]} + \frac{0.25}{\left[ \frac{1.1 \times 10^{-3} (R_s)}{10} \right]} + \frac{0.062}{\left[ \frac{3.74 \times 10^{-3} (R_s)}{10} \right]}$$



# APLICACION DEL PROGRAMA #1

Página 4 de 5

Ejemplo :

$R_s = 350 \text{ pic}^3 \text{ a c.s./bl}$

Densidad relativa del gas = 0.75

Densidad API del aceite = 30°

Temperatura = 200 °F

Presión = 1890, 1800, 1600, 1400, 1200, 1000, 800, 600, 400, 200. lb/pg<sup>2</sup> abs.

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
	XEQ PROP		
350	R/S		
0.75	R/S		
30	R/S		
200	R/S	1890.31	Pb
		1.2212	BoB
1890	R/S	1.2212	Bo(A)
		349.90	Rs(B)
		1.0956	$\mu_o(C)$
1800	R/S	1.2118	A
		330.20	B
		1.1333	C
1600	R/S	1.1917	A
		287.10	B
		1.2234	C
1400	R/S	1.1723	A
		245.10	B
		1.3229	C
1200	R/S	1.1538	A
		204.30	B
		1.4327	C
1000	R/S	1.1362	A
		164.80	B
		1.5537	C
800	R/S	1.1196	A
		126.90	B
		1.6866	C
600	R/S	1.1041	A
		90.90	B
		1.8317	C
400	R/S	1.0898	A
		57.10	B
		1.9879	C
200	R/S	1.0772	A
		26.60	B
		2.1502	C

# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Página 5 de 5

Campo \_\_\_\_\_ Yacimiento \_\_\_\_\_ Fecha Febrero 1986

### Ingreso de datos

Relación gas disuelto aceite, Rs $\text{pie}^3 \text{cs}/\text{bl}$	350
Densidad relativa del gas (aire = 1)	0.75
Densidad del aceite, °API	30
Temperatura °F	200

### Datos calculados

Presión de saturación calculada, Pb, $\text{lb}/\text{pg}^2 \text{ abs}$	1890.31
Factor de Volumen del aceite en Pb, Bob	1.2212

### Propiedades del aceite calculadas

<u>Presión</u> ( $\text{lb}/\text{pg}^2 \text{ abs}$ )	<u>Relación gas disuelto</u> <u>aceite</u> $\text{pie}^3 \text{cs}/\text{bl}$	<u>Factor de volumen</u> <u>del aceite</u>	<u>Viscosidad del</u> <u>aceite saturado (cp)</u>
1890	349.5	1.2212	1.0956
1800	330.2	1.2118	1.1333
1600	287.1	1.1917	1.2234
1400	245.1	1.1723	1.3229
1200	204.3	1.1538	1.4327
1000	164.8	1.1362	1.5537
800	126.9	1.1196	1.6866
600	90.9	1.1041	1.8317
400	57.1	1.0898	1.9879
200	26.6	1.0772	2.1502

## PROPIEDADES DE LOS YACIMIENTOS

La determinación de implantar un proceso de recuperación secundaria depende en gran medida de la heterogeneidad de los yacimientos y de las características de los fluidos contenidos en ellos. La eficiencia volumétrica está controlada por estos factores y en muchas ocasiones es lo que determina el éxito o el fracaso de la inyección de agua.

Los yacimientos recién descubiertos ofrecen al ingeniero de yacimientos las oportunidades adecuadas de obtener los datos necesarios para estimar la permeabilidad del yacimiento. Sin embargo, en yacimientos ya desarrollados, puede no tenerse acceso a pruebas de presión, siendo el índice de productividad el dato de que más se dispone.

La prueba de incremento de presión tiene la ventaja de proporcionar datos de la variación de presión y tiempo mientras se continúa produciendo. Tiende a minimizar el efecto de almacenamiento, y proporciona resultados confiables cuando no es posible realizar una prueba de incremento o de interferencia.

El programa No. 2 ofrece un medio para estimar la permeabilidad a través de datos de una prueba de decremento, con gasto variable ó a partir del valor del índice de productividad.

Cualquier estudio sobre la potencialidad de un yacimiento sometido a un proceso de recuperación secundaria requiere al menos una forma de estimar los gastos y presiones de inyección. Esto es importante, para el adecuado dimensionamiento del equipo y para la estimación de la vida del proyecto.

La mejor forma de determinar los gastos de inyección es a partir de una prueba piloto, pero, desafortunadamente, también es necesario determinar los gastos de inyección antes de realizar la prueba, para evaluar el costo de ésta.

Además, en yacimientos estratificados en los cuales no se dispone de datos obtenidos de muestras, la distribución de permeabilidad debe estimarse con un valor representativo, que frecuentemente se obtiene de una prueba de presión.

Una prueba de incremento de presión requiere que el pozo productor esté cerrado, la presión se mide antes de realizar el cierre y posteriormente como una función de tiempo, durante el periodo de cierre.

El perfil resultante de la prueba puede ser analizado con las propiedades del yacimiento y las condiciones del pozo, para obtener el valor promedio de  $Kh$ .

Las técnicas de análisis más comunes para las pruebas de incremento de presión requieren que el gasto esté estabilizado antes del cierre. El programa No.3 calcula la permeabilidad y el factor de daño, a partir de datos de una prueba de incremento de presión, con gasto constante ó variable en pozos productores de gas o aceite.

**CALCULO DE PERMEABILIDAD A PARTIR DE DATOS DE CAMPO**

**Programa No. 2**

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 2

Página 1 de 5

Título del programa Cálculo de permeabilidad a partir de datos de campo

Autor Forrest A.Garb Tomás Becerra Arteaga

Fecha Febrero 1986

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables Este programa determina el valor de la permeabilidad y el factor de daño mediante datos obtenidos de una prueba de decremento de presión con gasto variable, el programa está basado en el procedimiento publicado por Earlougher, el cual genera valores de X Y para cada valor de tiempo, gasto y presión de fondo fluyendo (máximo 10 valores)

Los valores obtenidos deberán ser graficados en coordenadas cartesianas y obtener el valor de la pendiente de la recta que mejor se ajuste así como el punto de intercepción con el eje Y, los cuales sera necesario introducirlos para obtener el factor de daño y el valor de permeabilidad. Cuando se disponga del valor del índice de productividad, el programa calculará el valor de permeabilidad en función del factor de volumen del aceite, radio del pozo (pr), espesor de la formación (pie), radio de drenaje (pie) y viscosidad del aceite (cp).

Accesorios Impresor (opcional)

Limitaciones y Observaciones Para poder utilizarse sin impresor es necesario borrar las instrucciones PRA y sustituir por la instrucción PROMPT así como oprimir R/S cada vez que se presente el valor de Xn y Yn.

Referencias

Waterflood Manual for Hewlett-Packard Calculators

F.A.Garb Gulf Pub. Co. 1982

Contributors Guide for HP-41C, HP-07, HP-97

Hewlett-Packard Co. 1981



# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 2

Página 2 de 9

(CONTINUACION)

Para el cálculo de la permeabilidad mediante datos de una prueba de decremento, es necesario disponer además, de la porosidad (fracción), compresibilidad de la formación ( $\text{pg}^2/\text{lb abs}$ ), presión inicial ( $\text{lb}/\text{pg}^2 \text{ abs}$ ) y gasto de aceite ( $\text{bl a c.s./día}$ ).

## Ecuaciones utilizadas

$$k = \frac{162.6 E_b \mu_o}{m^2 h}$$

$$s = 1.1513 \left[ \frac{b'}{m^2} - \log \left( \frac{k}{\phi \mu_o r_w^2} \right) + 3.2275 \right]$$

$$y = \frac{p_i - p_{wf}}{q_n}$$

$$x = \frac{1}{q_n} \sum_{j=1}^N (q_i - q_{j-1}) \log (t - t_{j-1})$$

$$k = \frac{J(\Delta p_o) E_b \ln r_e / r_w}{7.08 h}$$

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO(s)
1	Dimensión de memoria		SIZE 043	
2			XEQ K-SKIN	
3	Presión inicial	Pi	R/S	
4	Presión de fondo fluyendo	Pwf-n	R/S	
5	Gasto a c.s.	qn	R/S	
6	Tiempo(acumulado)	tn	R/S	
	Repetir pasos 4,5,6 (máximo 10)			
	Cálculo de coordenadas			
7			XEQ B	
	Valor de Y			Yn
	Valor de X			Xn
8	Apagar calculadora		ON	
9	Dibujar gráfica y obtener el valor de b' y m'			
10	Cálculo de permeabilidad		ON	
11			XEQ C	
12	Pendiente de la recta	m'	R/S	
13	Factor de volumen del aceite	Bo	R/S	
14	Viscosidad del aceite	Mo	R/S	
15	Espesor de la formación	h	R/S	
16	Valor de permeabilidad calculada			k
17			XEQ D	
18	Punto de intercepción	b'	R/S	
19	Porosidad	φ	R/S	
20	Compresibilidad del sistema	cf	R/S	



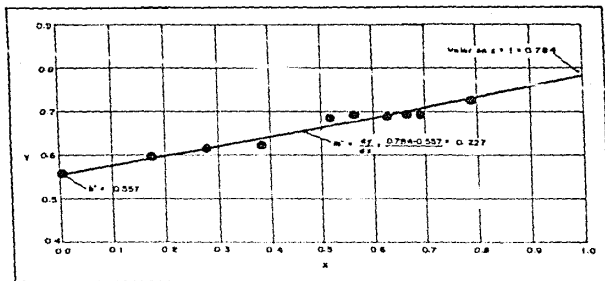
# APLICACION DEL PROGRAMA #2 Pagina 5 de 9

Ejemplo ;  
 $\mu=0.20$   $\mu_0=0.6$  cp  $h=40$  pies  $B_0=1.27$   $cf=0.000093$   $pg^2/lb$  abs.  $r_w=8.40$  pg  
 $J=0.70$  bl/dia/lb/pg<sup>2</sup>  $re=660$  pies Presión inicial=2906 lb/pg<sup>2</sup>abs.

Punto	Tiempo(hr)	Gasto(bl/dia)	Pwf(lb/pg <sup>2</sup> abs.)
1	1.00	1580	2023
2	1.50	1580	1968
3	1.89	1580	1941
4	2.40	1580	1921
5	3.00	1490	1892
6	3.45	1490	1882
7	3.98	1490	1873
8	4.50	1490	1867
9	4.80	1490	1865
i0	5.50	1440	1853

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salido de dato (s)	Observaciones
2906	XEQ K-SKIN		Ingreso de datos
2023	R/S		Pi
1580	R/S		Pwf
1.00	R/S		qn
1968	R/S		tn
1580	R/S		
1.50	R/S		
1941	R/S		
1580	R/S		
1.89	R/S		
1921	R/S		
1580	R/S		
2.40	R/S		
1892	R/S		
1490	R/S		
3.00	R/S		
1882	R/S		
1490	R/S		
3.45	R/S		
1873	R/S		
1490	R/S		
3.98	R/S		
1867	R/S		
1490	R/S		
4.50	R/S		
1865	R/S		
1490	R/S		
4.80	R/S		
1853	R/S		
1440	R/S		
5.50	R/S		
	XEQ B		Cálculo de coordenadas
		0.5589	Y1





Valores de x, y graficados, para una prueba de decremento con gasto variable. Después de la determinación de la pendiente y los puntos de intercepción de la línea, esta información se introduce al programa para obtener el valor de la permeabilidad.



# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Página 9 de 9

Campo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
Yacimiento \_\_\_\_\_ Pozo \_\_\_\_\_

METODO: PRUEBA DE DECREMENTO CON GASTO VARIABLE  
Presión Inicial,  $P_i$ , lb/Po<sup>2</sup> abs 2906

Punto	Tiempo, t	Gasto, q bl/día	Presión de fondo fluyendo lb/Po <sup>2</sup> abs	y	x
1	1.00	1580	2023	0.5589	0.000
2	1.50	1580	1968	0.5937	0.1761
3	1.89	1580	1941	0.6108	0.2765
4	2.40	1580	1921	0.6234	0.3802
5	3.00	1490	1892	0.6805	0.5193
6	3.45	1490	1882	0.6872	0.5690
7	3.98	1490	1873	0.6933	0.6241
8	4.50	1490	1867	0.6973	0.6739
9	4.80	1490	1865	0.6987	0.7000
10	5.50	1440	1853	0.7313	0.7870

Pendiente de la recta m	<u>0.227</u>	
Factor de volumen del aceite	<u>1.27</u>	
Viscosidad del aceite, c.p	<u>0.60</u>	
Espesor de la formación, Pie	<u>40</u>	
Permeabilidad calculada, md		<u>13.65</u>
Punto de intersección, b'	<u>0.557</u>	
Porosidad de la formación, fracción	<u>0.20</u>	
Compresibilidad total del sistema (lb/pg <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	<u>0.000093</u>	
Factor de daño calculado, s		<u>-0.82</u>
METODO: INDICE DE PRODUCTIVIDAD		
Indice de productividad IP, bl/día / lb/Po <sup>2</sup>	<u>0.70</u>	
Radio de drenaje estimado, re, pie	<u>660</u>	
Radio del Pozo, rw, Pg	<u>8.40</u>	
Factor de volumen, Bo	<u>1.27</u>	
Viscosidad del aceite, c.p	<u>0.60</u>	
Espesor de la formación, pie	<u>40</u>	
Permeabilidad calculada, K, md		<u>12.90</u>



**CALCULO DE PERMEABILIDAD A PARTIR DE PRUEBAS DE INCREMENTO**

**Programa No. 3**

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 3

Página 1 de 20

Título del programa Cálculo de permeabilidad a partir de pruebas de incremento

Autor Forrest A. Garb Tomás Becerra Arteaga

Fecha Febrero 1986

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables Este programa calcula el valor de permeabilidad, factor de daño y la caída de presión debida al daño, a partir de información obtenida de una prueba de incremento de presión, el programa puede ser utilizado para una prueba con gasto variable en pozo productor de aceite o para gasto constante en pozo productor de aceite o gas.

En los tres casos señalados es necesario construir una gráfica para obtener el valor de la pendiente de la recta que mejor se ajuste y el valor correspondiente de presión en t=1 hora.

En el caso de una prueba de incremento de presión con gasto constante los cálculos están basados en el método de Horner y para el caso de gasto variable en el de Odheh y Selig, además de los datos obtenidos de la prueba es necesario disponer de la viscosidad del aceite ( $\mu$ ), espesor de la formación ( $h$ ), porosidad (fracción), factor de volumen del aceite,

Accesorios Impresor (Opcional)

Limitaciones y Observaciones Es necesario disponer de la capacidad total de la memoria, si no se dispone de impresor se debe sustituir la instrucción

PRA por PROMPT así como oprimir R/S cada vez que se presente X.Pws,S.

Referencias \_\_\_\_\_

Waterflood Manual for Hewlett-Packard Calculators

F.A. Garb. Gulf Pub. Co. 1982

Contributors Guide for HP-41, HP-67, HP-97

Hewlett-Packard Co. 1981

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 3

Página 2 de 20

(CONTINUACION)

gasto estabilizado a c.s. (bl/dia), compresibilidad del sistema ( $\rho g^2/lb$  abs.) y radio del pozo ( $\rho g$ ).

Para el caso de una prueba de incremento en pozos productores de gas se requiere el valor de la viscosidad del gas ( $cp$ ), factor de compresibilidad del gas, gasto estabilizado a c.s. ( $m^3/d$ ) y la temperatura del yacimiento

Ecuaciones utilizadas

líquido:  $k_o = \frac{162.6 q_o \mu P_o}{h m}$

$$s = 1.1513 \left[ \frac{P_1 h r - P_w h}{m} - \log \left( \frac{s}{\rho M_g C_f \mu^2} \right) + 3.2275 \right]$$

$\Delta p_o = (0.07) s = m$

gas:  $k_g = \frac{1639.7 q_g M_g T Z}{h m}$

$$s = 1.1513 \left[ \frac{P_1 h r^2 - P_w r^2}{m^2} - \log \left( \frac{k}{\rho M_g C_f \mu^2} \right) + 3.2275 \right]$$

$$B_g = Z \frac{T}{520} \frac{14.65}{P}$$

$$C_f = C_o S_o + C_g S_g + C_w S_w + C_p$$

gasto variable

$$P_w = P_i - m \sum_{j=1}^N \frac{Q_j}{Q} \log \left( \frac{j n^{-1} - 1 + \Delta t}{1 n^{-1} + \Delta t} \right)$$

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

Página 3 de 20

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO(s)
1	Dimensión de memoria		SIZE 031	
	Seleccionar el método A ó B dependiendo del tipo de prueba			
A	Gasto constante pozo de aceite ó gas			
2			XEQ AH	
3	Tiempo ( $t_n=1$ )	$t_n$	ENTER	
4	Gasto, aceite (b1/d) ó gas ( $Mpic^E/d$ )	$q$	R/S	
5	Cálculo del valor de X		XEQ QC	
6	Tiempo de producción	$t_p$		
7	Incremento de tiempo	$\Delta t$	R/S	
8	Valor de X calculado			X
9	Repetir pasos 6,7,8 hasta completar $\Delta t$ , si el pozo es de aceite conti-			
	nuar en el paso # 14			
10	Cálculo de $P_{ws}^2$ (solo para gas)		XEQ P/2	
11	$P_{ws}$	$P_{ws}$	R/S	
12	$P_{ws}^2$			$P_{ws}^2 \times 10^6$
13	Repetir pasos 11,12 hasta completar			
14	Construir gráfica en papel semi-log y determinar $m$ (pendiente) y valor de presión en $t=1$ hora			
15	Seleccionar el tipo de cálculo dependiendo del fluido ( C ó D )			

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

Página 4 de 20

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO (s)
B	Gasto variable y pozo de aceite			
2			XEQ AH	
3	Tiempo de producción	$t_n$	ENTER	
4	Gasto aceite (bl/d) o gas ( $Mpi\bar{e}^3/d$ )	$q_n$	R/S	X
5	Repetir pasos 3 y 4 hasta completar valores de $t_n$ y $q_n$ (máximo 7)			
6	Cálculo de X		XEQ CO	
7	Incremento de tiempo	$\Delta t$	R/S	
8	Valor de X calculado			X
9	Repetir pasos 7 y 8 hasta completar $\Delta t$ y continuar en el paso D			
C	Cálculo de parámetros para pozo productor de gas			
20			XEQ KG	
21	Gasto ( $Mpi\bar{e}^3/d$ )	$q_g$	R/S	
22	Factor de compresibilidad del gas	Z	R/S	
23	Viscosidad del gas	$\mu_g$	R/S	
24	Temperatura de fondo	T	R/S	
25	Espesor de la formación	h	R/S	
26	Pendiente de la recta	$m'$	R/S	
27	Permeabilidad calculada			K
28	Cálculo del factor de daño y $\Delta p$		XEQ SG	
29	Presión en t=1 hora	$P_{1hr}$	R/S	
30	Radio del pozo	$r_w$	R/S	
31	Compresibilidad del sistema	cf	R/S	
32	Porosidad de la formación	$\phi$	R/S	

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

Página 5 de 20

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO(s)
33	Presión de fondo( $P_{wf}$ ) en $\Delta t=0$	$P_{wf}$	R/S	
34	Factor de daño calculado			S
35	Caída de presión debida al daño			$\Delta p$
D	Cálculo de parámetros para pozo			
	productor de aceite			
20			XEQ KA	
21	Gasto (bl/d)	$q_o$	R/S	
22	Factor de volumen del aceite	$B_o$	R/S	
23	Viscosidad del aceite	$\mu_o$	R/S	
24	Espesor de la formación	$h$	R/S	
25	Pendiente de la recta	$m'$	R/S	
26	Valor de permeabilidad calculada			K
27	Cálculo del factor de daño y $\Delta p$		XEQ SA	
28	Presión en $t=1$ hora	$P_{1hr}$	R/S	
29	Radio del pozo	$r_w$	R/S	
30	Compresibilidad del sistema	$c_f$	R/S	
31	Porosidad de la formación	$\phi$	R/S	
32	Presión de fondo( $P_{wf}$ ) en $t=0$	$P_{wf}$	R/S	
33	Factor de daño calculado			S
34	Caída de presión debida al daño			$\Delta p$

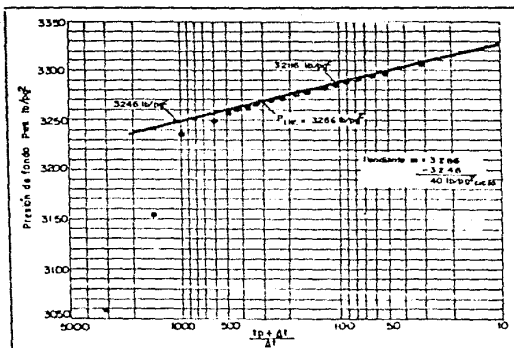
# APLICACION DEL PROGRAMA # 3 Pagina 6 de 20

Ejemplo

Prueba de incremento de presión con gasto constante (aceite)  
 $t_p=310$  hr ,  $Pwf(\Delta t=0)=2761$  lb/pg<sup>2</sup> abs ,  $Q_o=4900$  bl/d ,  $\beta=0.09$  ,  $h=482$  pies  
 $M_o=0.20$  cp ,  $B_o=1.55$  ,  $c_f=0.0000226$  pg<sup>2</sup>/lb abs ,  $r_w=4.25$  pg

Punto	t(hr)	Pws(lb/pg <sup>2</sup> abs)	Punto	t(hr)	Pws(lb/pg <sup>2</sup> abs)
1	0.10	3507	12	1.68	3274
2	0.21	3153	13	1.99	3276
3	0.31	3234	14	2.51	3280
4	0.52	3249	15	3.04	3283
5	0.63	3256	16	3.46	3286
6	0.73	3260	17	4.08	3289
7	0.84	3263	18	5.03	3293
8	0.94	3266	19	5.97	3297
9	1.05	3267	20	10.05	3306
10	1.15	3268	21	20.00	3317
11	1.36	3271			

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
	XEQ AH		
1.00	ENTER		
4900	R/S		Gasto de aceite estabilizado
	XEQ QC		
J10	R/S		Valor de $t_p$
0.10	R/S	3101.0	Valor de $q_{1X}=t_p/\Delta t + 1$
0.21	R/S	1477.0	
0.31	R/S	1001.0	"
0.52	R/S	597.2	"
0.63	R/S	499.1	"
0.73	R/S	425.7	"
0.84	R/S	370.0	"
0.94	R/S	330.8	"
1.05	R/S	296.2	"
1.15	R/S	270.6	"
1.36	R/S	228.9	"
1.68	R/S	185.5	"
1.99	R/S	156.8	"
2.51	R/S	124.5	"
3.04	R/S	103.0	"
3.46	R/S	90.6	"
4.08	R/S	77.0	"
5.03	R/S	62.6	"
5.97	R/S	52.9	"
10.05	R/S	31.8	"
20.00	R/S	16.5	"
			Dibujar gráfica en papel semilogarítmico y obtener el valor de la pendiente de la recta que mejor se ajuste (m) y el valor de presión en $t=1$ hora



Datos graficados para determinar la pendiente de la recta y el valor de P (1 hora). Posteriormente esta información se introduce al programa para obtener el valor del factor de daño y permeabilidad.





# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Pagina 9 de 20

Campo \_\_\_\_\_ Fecha Febrero 1986  
 Yacimiento \_\_\_\_\_ Pozo \_\_\_\_\_

## DATOS PARA OBTENER PERMEABILIDAD

Tipo de yacimiento	<u>    Aceite    </u>
Gasto estabilizado	
$q_0, \text{b/dia}, (q_0, \text{M pie}^3 \text{cs/dia})$	<u>    4900    </u>
Factor de volumen del aceite, $B_0$	
Factor de compresibilidad del gas, $Z$	<u>    1.55    </u>
Temperatura del yacimiento, $T, ^\circ\text{F}$ (solo para gas)	<u>    ----    </u>
Viscosidad del fluido, $\text{cp}$	<u>    0.20    </u>
Espesor de la formación, $h, \text{pie}$	<u>    482    </u>
Pendiente de la línea, $m, (\text{m})^*$	<u>    40    </u>
Permeabilidad calculada, $\text{md}$	<u>    12.81    </u>

## DATOS PARA OBTENER EL FACTOR DE DAÑO

Presión de fondo fluyendo, $P_{ws}, \text{lb/pg}^2$ (en $\Delta t=0$ )	<u>    2761    </u>
Presión (1 hora) a partir de la línea, $P_{1hr}, \text{lb/pg}^2$	<u>    3266    </u>
Porosidad de la formación $\phi$ , fracción	<u>    0.09    </u>
Compresibilidad del sistema, $c_t (\text{lb/pg}^2)^{-1}$	<u>    0.0000226    </u>
Radio del pozo, $r_w, \text{pg}$	<u>    4.25    </u>
Factor de daño calculado, $S$	<u>    8.58    </u>
Caída de presión calculada	<u>    298.6    </u>

\*  $\text{lb/pg}^2/\text{ciclo}$  para aceite;  $(\text{lb/pg}^2)^2/\text{ciclo}$  para gas

Campo \_\_\_\_\_ Yacimiento \_\_\_\_\_  
 Pozo \_\_\_\_\_ Fecha Febrero 1986

Punto	$\Delta t$ , (hrs)	$x = \frac{1D + \Delta t}{\Delta t}$	Presión, $P_{ws}$ lb/ pg	$P_{ws} - P_{wf}$	$P_{ws}^2$ (solo gas)
1	0.10	3101.0	3057	296	
2	0.21	1477.0	3153	392	
3	0.31	1001.0	3234	473	
4	0.52	597.2	3219	488	
5	0.63	493.1	3256	493	
6	0.73	425.7	3260	499	
7	0.84	370.0	3263	502	
8	0.94	330.8	3266	505	
9	1.05	296.2	3267	506	
10	1.15	270.6	3268	507	
11	1.36	228.9	3271	510	
12	1.68	185.5	3274	513	
13	1.99	156.8	3276	515	
14	2.51	124.5	3280	519	
15	3.04	103.0	3283	522	
16	3.46	90.6	3286	525	
17	4.08	77.0	3289	528	
18	5.03	62.6	3293	532	
19	5.97	59.2	3297	536	
20	10.05	31.8	3306	545	
21	20.00	16.5	3317	556	
22					
23					
24					
25					

# APLICACION DEL PROGRAMA # 3

Pagina II de 20

Ejemplo ;

Prueba de incremento de presión con gasto constante

Pozo productor de gas

$t_p=4320$  hr ,  $P_{wf}(en \Delta t=0)=1693$  lb/pg<sup>2</sup> abs.  $\phi=0.184$  ,  $Q_g=5000$  Mpie<sup>3</sup>/dia

Esesor=63 pies  $\mu_g=0.02$  cp ,  $Z=0.83$  ,  $c_f=0.000421$  pg/lb abs,  $r_w=4$  pg,  $T=175^\circ F$

Punto  $\Delta t$ (hr) Pws (lb/pg<sup>2</sup> abs.)

1	0	1693
2	1.0	1925
3	2.0	2165
4	5.0	2215
5	13.6	2260
6	21.5	2281
7	35.0	2301
8	45.0	2312
9	60.0	2323

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
1.00	XEQ All		
	ENTER		
5000	R/S		Gasto de gas estabilizado
	XEQ QC		
4320	R/S		$t_p$
1.0	R/S	4321	$X = t_p / \Delta t + 1$
2.0	R/S	2161	"
5.0	R/S	865	"
13.6	R/S	318.7	"
21.5	R/S	201.9	"
35.0	R/S	124.4	"
45.0	R/S	97.0	"
60.0	R/S	73.0	"
	XEQ P*2		
1925	R/S	3.71	$P_{ws}^2 \times 10^6$
2165	R/S	4.69	"
2215	R/S	4.91	"
2260	R/S	5.11	"
2281	R/S	5.20	"
2301	R/S	5.29	"
2312	R/S	5.35	"
2323	R/S	5.40	"
			Dibujar gráfica en papel
			semilogaritmico, obtener
			el valor de la pendiente
			de la recta que mejor se
			ajuste y el valor de presión
			en $t=1$ hora





# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Pagina 14 de 20

Campo \_\_\_\_\_ Fecha Febrero 1986  
 Yacimiento \_\_\_\_\_ Pozo \_\_\_\_\_

## DATOS PARA OBTENER PERMEABILIDAD

Tipo de yacimiento	<u>Gas</u>
Gasto estabilizado	
$q_0, b/\text{dia}, (a_0, M \text{ pie}^3 \text{ cs}/\text{dia})$	<u>5000</u>
Factor de volumen del aceite, $B_0$	
Factor de compresibilidad del gas, $Z$	<u>0.83</u>
Temperatura del yacimiento, $T, ^\circ\text{F}$ (solo para gas)	<u>175</u>
Viscosidad del fluido, $\text{cp}$	<u>0.02</u>
Espesor de la formación, $h, \text{pie}$	<u>63</u>
Pendiente de la línea, $m, (m)^{-1}$	<u>455000</u>
Permeabilidad calculada, $\text{md}$	<u>3.01</u>

## DATOS PARA OBTENER EL FACTOR DE DARO

Presión de fondo fluyendo, $P_{ws}, \text{lb}/\text{pg}^2$ ( $\text{en } \Delta t = 0$ )	<u>1693</u>
Presión (1 hora) a partir de la línea, $P_{1hr}, \text{lb}/\text{pg}^2$	<u>2142</u>
Porosidad de la formación $\phi$ , fracción	<u>0.184</u>
Compresibilidad del sistema, $c_t$ ( $\text{lb}/\text{pg}^2$ ) <sup>-1</sup>	<u>0.000421</u>
Radio del pozo, $r_w, \text{pg}$	<u>4</u>
Factor de daño calculado, $S$	<u>-0.27</u>
Caída de presión calculada	<u>-24.53</u>

\*  $\text{lb}/\text{pg}^2/\text{ciclo}$  para aceite; ( $\text{lb}/\text{pg}^2$ )<sup>2</sup>/ $\text{ciclo}$  para gas

Campo \_\_\_\_\_ Yacimiento \_\_\_\_\_  
 Pozo \_\_\_\_\_ Fecha Febrero 1986

Punto	$\Delta t$ , (hrs)	$x = \frac{ip + \Delta t}{\Delta t}$	Presión, $P_{ws}$ lb/pg	$P_{ws} - P_{wf}$	$P_{ws}^2 \times 10^6$ (solo gas)
1	0.0		1693		
2	1.0	4321	1925	232	3.71
3	2.0	2161	2165	472	4.69
4	5.0	865	2315	622	4.91
5	13.6	318.7	2260	567	5.11
6	21.5	201.9	2281	588	5.20
7	35.0	124.4	2301	608	5.29
8	45	97	2312	619	5.35
9	60	73	2323	630	5.40
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					



# APLICACION DEL PROGRAMA # 3

Pagina 16 de 20

Ejemplo:

Prueba de incremento de presión con gasto variable

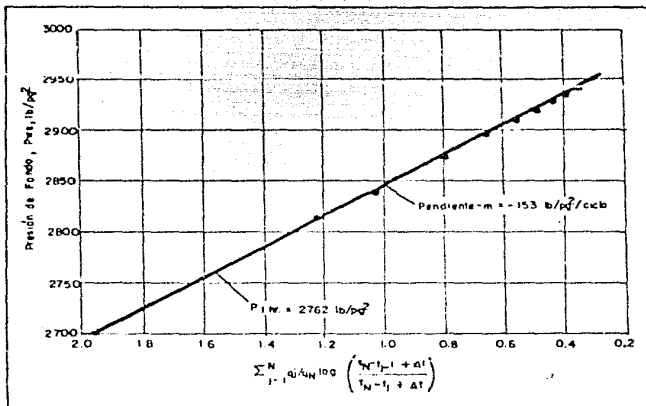
Pozo productor de aceite

$Pwf$  en  $\Delta t=0 = 2000$  lb/pg<sup>2</sup> abs.  $Q_0=159.5$  bl/día  $M=0.20$  Espesor = 1 pie

$\mu_0=0.6$  cp  $B_0=1.0$   $c_f=0.000017$  pg/lb abs.  $rw=6$  pg

Gasto	Tiempo (hr)	Acumulado	Qo (bl/día)	Punto	$\Delta t$ (hr)	Pws(lb/pg <sup>2</sup> abs)
1	3		478.5	1	1	2813
2	6		319.0	2	2	2838
3	9		159.5	3	3	2838
				4	5	2872
				5	7	2895
				6	9	2910
				7	11	2919
				9	13	2930
				10	15	2935
					17	2942

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
	XEQ AH		
3	ENTER		tp1
478.5	R/S		q1
6	ENTER		tp2
319.0	R/S		q2
9	ENTER		tp3
159.5	R/S		q3
	XEQ CO		
1	R/S	1.5528	X
2	R/S	1.2211	"
3	R/S	1.0280	"
5	R/S	0.7574	"
7	R/S	0.6533	"
9	R/S	0.5563	"
11	R/S	0.4851	"
13	R/S	0.4305	"
15	R/S	0.3871	"
17	R/S	0.3517	"
			Dibujar gráfica en coordenadas cartesianas, obtener el valor de la pendiente de la recta que mejor se ajuste y el valor de presión en t=1hora



Datos graficados para determinar la pendiente de la recta y el valor de P1 (hora). Posteriormente esta información se introduce al programa para obtener el valor del factor de daño y permeabilidad.



# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Pagina 19 de 20

Campo \_\_\_\_\_  
Yacimiento \_\_\_\_\_

Fecha Febrero 1986  
Pozo \_\_\_\_\_

Gasto	Tiempo acumulado t.J, hrs	Gasto bl/día ó Mpie <sup>3</sup> cs/día
1	3	478.5
2	6	319.0
3	9	159.5
4	_____	_____
5	_____	_____
6	_____	_____
7	_____	_____

Punto	Δt, hrs -	(x)	(y)	
			Presión Pws lb/pc <sup>2</sup>	Presión <sup>2</sup> Pws <sup>2</sup> × 10 <sup>-6</sup>
1	1	1.5528	_____	_____
2	2	1.2211	2813	_____
3	3	1.0280	2838	_____
4	5	0.7999	2872	_____
5	7	0.6533	2895	_____
6	9	0.5563	2910	_____
7	11	0.4851	2919	_____
8	13	0.4305	2920	_____
9	15	0.3871	2925	_____
10	17	0.3517	2922	_____
11	_____	_____	_____	_____
12	_____	_____	_____	_____
13	_____	_____	_____	_____
14	_____	_____	_____	_____
15	_____	_____	_____	_____
16	_____	_____	_____	_____
17	_____	_____	_____	_____
18	_____	_____	_____	_____
19	_____	_____	_____	_____
20	_____	_____	_____	_____
21	_____	_____	_____	_____
22	_____	_____	_____	_____
23	_____	_____	_____	_____
24	_____	_____	_____	_____
25	_____	_____	_____	_____



## COMPORTAMIENTO DE LOS YACIMIENTOS A TRAVES DEL PROCESO DE INYECCION DE AGUA

La selección de un patrón de inyección es uno de los primeros pasos - en el diseño de un proyecto de recuperación secundaria. En la selección debe considerarse toda la información disponible del yacimiento, pozos existentes, su localización, así como los índices de inyectividad y productividad.

La mejor forma de determinar el índice de inyectividad es a través de una prueba piloto. Muskat y Deppe desarrollaron correlaciones para estimar este valor suponiendo un medio poroso homogéneo. Estas correlaciones pueden proporcionar un primer valor confiable del índice de inyectividad, para realizar el diseño de las instalaciones de la prueba. La eficiencia de desplazamiento depende del volumen poroso en contacto con el agua, en la selección del patrón de inyección deberán considerarse las características del yacimiento como son, permeabilidad direccional y zonas de fracturamiento.

El programa No.4 calcula el valor del índice de inyectividad o el incremento de presión en el yacimiento para seis patrones de inyección y el programa No.5 permite estimar el valor de la eficiencia areal antes y después de la irrupción en tres diferentes patrones de inyección. Entre los métodos de predicción utilizados en recuperación secundaria se encuentran el de avance frontal (Buckley-Leverett), Stiles, y Dykstra-Parsons.

El método de Stiles incluye básicamente la consideración de diferentes

posiciones del frente de invasión en capas lineales saturadas de líquido, con diferentes permeabilidades, considerando cada capa aislada de las demás. Se supone que el volumen de agua inyectada en cada capa depende únicamente del valor de  $k_h$  de esa capa. Esto es equivalente a utilizar una relación de movilidad unitaria.

El método de Stiles supone un desplazamiento de aceite tipo pistón, por lo que después de la irrupción de agua en una capa, solamente se produce agua de la misma.

El trabajo de Dykstra-Parsons presenta una correlación entre la recuperación por medio de inyección de agua, la relación de movilidad y la distribución de permeabilidad. Esta correlación se basó en cálculos aplicados a un modelo lineal estratificado. Se llevaron a cabo más de 200 pruebas de inyectividad en alrededor de 40 muestras de núcleos de California, en los cuales se midieron las saturaciones iniciales de fluidos, relaciones de movilidad, relaciones de producción agua-aceite y las recuperaciones fraccionales de aceite.

Los resultados presentados por Dykstra-Parsons relacionaron la recuperación de aceite, con relaciones agua-aceite de 1,5, 25 y 100, considerando una fracción del aceite inicialmente in situ, utilizando una variación de permeabilidad, una relación de movilidad y las saturaciones de agua congénita y residual al término de la inyección. El método supone un barrido lineal, puesto que se basó en pruebas de laboratorio realizadas sobre núcleos, con el objeto de medir el efecto de estratificación de la permeabilidad en las predicciones de inyección de agua y utilizando una distribución logarítmica normal de la permeabilidad denominada "coeficiente de variación de permeabilidad".

Los programas No. 8 y 9 utilizan el método de Dykstra-Parsons para estimar la distribución de permeabilidad y evaluar el comportamiento del medio poroso sometido a inyección de agua, mientras que el programa - No.7 utiliza el método de Stiles, y el programa No.6 el de Avance Frontal.



DETERMINACION DEL INDICE DE INYECTIVIDAD

Programa No. 4

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 4 Pagina 1 de

Título del programa Determinación del índice de inyectividad

Autor Forrest A. Garb Tomás Becerra Arteaga

Fecha Febrero 1986

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables Este programa calcula el valor del gasto de inyección o la presión diferencial para un arreglo en línea alterna línea directa cinco, siete y nueve pozos invertido.

Las ecuaciones utilizadas son las establecidas por Muskat y Deppe para una relación de movilidad unitaria en un medio poroso homogéneo.

Es necesario disponer de los valores de viscosidad del aceite( $\mu_p$ ), permeabilidad absoluta( $k$ ) por estabilidad relativa al aceite (fracción), distancia entre pozos inyectoros y entre pozo productor e inyector( $pie$ ), espesor de la formación( $h$ ), radio del pozo( $r_w$ ), y la relación de producción entre pozos.

Accesorios Impresor (Opcional)

Limitaciones y Observaciones Para poder utilizarse sin impresor es necesario borrar la instrucción P:A

Referencias \_\_\_\_\_

Waterflood Manual for Hewlett-Packard Calculators

F.A.Garb. Gulf Pub. Co 1982

Contributors Guide for 91-11, 91-87, 91-97

Hewlett-Packard Co. 1981

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 4

Página 2 de 10

(CONTINUACION)

## Ecuaciones utilizadas

### A. línea directa $d \neq 1$

$$I = \frac{0.0015381 k h_p h_{sp}}{\mu_o \left( \log \frac{d}{r_w} + 0.682 \frac{d}{r_w} - 0.902 \right)}$$

$\Delta \Delta \Delta$

### línea alterna

$$I = \frac{0.0015381 k h_p h_{sp}}{\mu_o \left( \log \frac{d}{r_w} + 0.682 \frac{d}{r_w} - 0.902 \right)}$$

$\Delta \Delta \Delta$

### B. Cinco Pozos Invertido

$$I = \frac{0.0015381 k h_p h_{sp}}{\mu_o \left( \log \frac{d}{r_w} - 0.708 \right)}$$

$\Delta \Delta \Delta \Delta \Delta$

### C. Siete pozos invertido

$$I = \frac{0.0015381 k h_p h_{sp}}{\mu_o \left( \log \frac{d}{r_w} - 0.2472 \right)}$$

$\Delta \Delta \Delta \Delta \Delta \Delta \Delta$

### Nueve pozos invertido

$$I = \frac{0.0015381 k h_p h_{sp}}{\mu_o \left[ \frac{(2+R)}{2+R} \right] \left( \log \frac{d}{r_w} - 0.883 \right)}$$

$\Delta \Delta \Delta \Delta \Delta \Delta \Delta \Delta \Delta$

### Pozo lateral

$$I = \frac{0.0030762 k h_p h_{sp}}{\mu_o \left[ \frac{(3+R)}{2+R} \right] \left( \log \frac{d}{r_w} - 0.183 \right) - \frac{0.307}{2+R}}$$

$\Delta \Delta \Delta \Delta \Delta$

$\Delta$  = Pozo inyector  
 $\bullet$  = Pozo productor

$I$  = costo de inyección b/d  
 $k$  = permeabilidad, md  
 $h_p$  = permeabilidad relativa del fluido, del yacimiento, fracción  
 $h$  = espesor, pies  
 $\Delta p$  = diferencial de presión del pozo productor y el inyector lb/psf  
 $\mu_o$  = viscosidad del fluido del yacimiento, cp  
 $r_w$  = radio del pozo dg  
 $d, d$  = dimensiones del arreglo, pies  
 $R$  = relación de producción entre el pozo lateral y el pozo, fracción

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

Página 3 de 10

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO (s)
1	Dimensión de memoria		SIZE 024	
2			XEQ INYECT	
3	Permeabilidad absoluta	K	R/S	
4	Permeabilidad relativa al aceite	K <sub>ro</sub>	R/S	
5	Espesor de la formación	h	R/S	
6	Si se desea conocer el valor del gasto de inyección, introducir la presión diferencial y continuar en 8			
	Presión diferencial	$\Delta p$	R/S	
6	Si se desea conocer la presión diferencial introducir el cero	0.00	R/S	
7	Gasto de inyección	i	R/S	
8	Radio del pozo	r <sub>w</sub>	R/S	
9	Viscosidad del aceite	$\mu_o$	R/S	
10	Distancia entre pozo inyector y productor	d	R/S	
	Cálculo del gasto de inyección ó presión diferencial			
11	Arreglo en línea directa y alterna		XEQ LIN-DIR	
12	Distancia entre pozos inyectores		R/S	
13	Gasto de inyección ó presión	a		i ó $\Delta p$
14	Arreglo de cinco pozos invertido		XEQ CINCO	
15	Gasto de inyección ó presión			i ó $\Delta p$
16	Arreglo de siete pozos invertido		XEQ SIETE	
17	Gasto de inyección ó presión			i ó $\Delta p$

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO (s)
18	Arreglo de nueve pozos invertido			
	(Pozos productores en las esquinas)		XEQ NUEVEEC	
19	Relación de gastos de producción del pozo de esquina y pozo lateral	R	R/S	
20	Gasto de inyección ó presión			$i \delta \Delta p$
21	Arreglo de nueve pozos invertido			
	(Pozos productores laterales)		XEQ NUEVEL	
22	Relación de gastos de producción del pozo de esquina y pozo lateral	R	R/S	
23	Gasto de inyección ó presión			$i \delta \Delta p$
	Seleccionar alternativa A ó B			
A	Si se desea conservar los datos del yacimiento y cambiar el valor del gasto de inyección			
			XEQ CAMBIOI	
24	Nuevo valor del gasto de inyección	i	R/S	
25	Repetir los pasos 11 al 23			
B	Si se desea conservar los datos de yacimiento y cambiar el valor de la presión diferencial			
			XEQ CAMBIO P	
24	Nuevo valor de presión diferencial	$\Delta p$	R/S	
25	Repetir los pasos 11 al 23			

# APLICACION DEL PROGRAMA # 4

## Ejemplos

- 1)  $K=76$  md  $k_{ro}= 1.00$  Espesor=18 pies Viscosidad del aceite = 4.6 cp  
radio del pozo = 4.5 pg Distancia entre pozo productor e inyector=660 pies  
Distancia entre pozos inyectores = 660 pies  
Presión diferencial = 750 lb/pg<sup>2</sup>  
Presión diferencial = 200 lb/pg<sup>2</sup>  
Relación de producción entre el pozo de esquina y lateral = 1.5
- 2) Mismos datos, con gasto de inyección = 140 y 300 bl/día

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
	SIZE 024		
	XEQ INYECT		
76	R/S		K
1.00	R/S		$k_{ro}$
18	R/S		Espesor
750	R/S		$\Delta p$
4.5	R/S		$r_w$
4.6	R/S		$\mu_o$
660	R/S		a
	XEQ LIN-DIR		
660	R/S	133.38	qi
	XEQ CINCO	115.242	qi
	XEQ SIETE	152.573	qi
	XEQ NUEVEC		
1.5	R/S	153.573	qi
	XEQ NUEVEL		
1.5	R/S	218.124	qi
	XEQ CAMBIOP		
200	R/S		$\Delta p$
	XEQ LIN-DIR		
660	R/S	30.235	qi
	XEQ CINCO	30.731	qi
	XEQ SIETE	40.686	qi
	XEQ NUEVEC		
1.5	R/S	40.953	qi
	XEQ NUEVEL		
1.5	R/S	46.498	qi
	XEQ CAMBIOI		
140	R/S		qi
	XEQ LIN-DIR		
660	R/S	926.067	$\Delta p$
	XEQ CINCO	911.13	$\Delta p$
	XEQ SIETE	688.19	$\Delta p$



# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Pagina 7 de 10

Yacimiento \_\_\_\_\_

Fecha Febrero 1986

Permeabilidad de la formación, md	76
Permeabilidad relativa, fracción	1.00
Espesor, pies	18
Incremento de presión, lb/Pg <sup>2</sup>	---
Viscosidad del aceite, cp	4.6
Radio del pozo, Pg	4.5
Distancia entre pozos inyectores, pie, a	660
Distancia entre pozo productor e inyector, pie, d	660
Gasto de inyección, $\frac{bl}{día}$ ,	300
Gasto de inyección bl/día, línea directa $\Delta p, lb/Pg^2$	1984.43
Gasto de inyección bl/día, línea alterna $\Delta p, lb/Pg^2$	1984.43
Gasto de inyección, bl/día, cinco pozos invertido $\Delta p, lb/Pg^2$	1952.42
Gasto de inyección, bl/día, siete pozos invertido $\Delta p, lb/Pg^2$	1474.70
Relación de producción, fracción	1.5
Gasto de inyección bl/día, nueve pozos invertido (pozo c) $\Delta p, lb/Pg^2$	1165.1
Gasto de inyección bl/día, nueve pozos invertido (pozo lateral) $\Delta p, lb/Pg^2$	1290.38



Yacimiento \_\_\_\_\_

Fecha Febrero 1986

Permeabilidad de la formación, md	<u>76</u>
Permeabilidad relativa, fracción	<u>1.00</u>
Espesor, pies	<u>18</u>
Incremento de presión, lb/Pg <sup>2</sup>	<u>750</u>
Viscosidad del aceite, cp	<u>4.6</u>
Radio del pozo, Pg	<u>4.5</u>
Distancia entre pozos inyectoros, pie, a	<u>660</u>
Distancia entre pozo productor e inyector, pie, d	<u>660</u>
Gasto de inyección $\frac{\text{bl}}{\text{día}}$ ,	<u>----</u>
Gasto de inyección bl/día, línea directa $\Delta p, \text{lb/Pg}^2$	<u>113.38</u>
Gasto de inyección bl/día, línea alterna $\Delta p, \text{lb/Pg}^2$	<u>113.38</u>
Gasto de inyección, bl/día, cinco pozos invertido $\Delta p, \text{lb/Pg}^2$	<u>115.247</u>
Gasto de inyección, bl/día, siete pozos invertido $\Delta p, \text{lb/Pg}^2$	<u>152.573</u>
Relación de producción, fracción	<u>1.5</u>
Gasto de inyección bl/día, nueve pozos invertido (pozo c) $\Delta p, \text{lb/Pg}^2$	<u>153.574</u>
Gasto de inyección bl/día, nueve pozos invertido (pozo lateral) $\Delta p, \text{lb/Pg}^2$	<u>218.124</u>

Yacimiento \_\_\_\_\_

Fecha Febrero 1986

Permeabilidad de la formación, md	<u>76</u>
Permeabilidad relativa, fracción	<u>1.00</u>
Espesor, pies	<u>18</u>
Incremento de presión, lb/Pg <sup>2</sup>	<u>200</u>
Viscosidad del aceite, cp	<u>4.6</u>
Radio del pozo, Pg	<u>4.5</u>
Distancia entre pozos inyector, pie, a	<u>660</u>
Distancia entre pozo productor e inyector, pie, d	<u>660</u>
Gasto de inyección, $\frac{bl}{dia}$	<u>-----</u>
Gasto de inyección bl/día, línea directa $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>30.235</u>
Gasto de inyección bl/día, línea alterna $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>30.235</u>
Gasto de inyección, bl/día, cinco pozos invertido $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>30.731</u>
Gasto de inyección, bl/día, siete pozos invertido $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>40.686</u>
Relación de producción, fracción	<u>1.5</u>
Gasto de inyección bl/día, nueve pozos invertido (pozo c) $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>40.953</u>
Gasto de inyección bl/día, nueve pozos invertido (pozo lateral) $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>46.498</u>

Yacimiento \_\_\_\_\_

Fecha Febrero 1986

Permeabilidad de la formación, md	<u>76</u>
Permeabilidad relativa, fracción	<u>1.0</u>
Espesor, pies	<u>18</u>
Incremento de presión, lb/Pg <sup>2</sup>	<u>---</u>
Viscosidad del aceite, cp	<u>4.6</u>
Radio del pozo, Pg	<u>4.5</u>
Distancia entre pozos inyectores, pie, a	<u>660</u>
Distancia entre pozo productor e inyector, pie, d	<u>660</u>
Gasto de inyección, $\frac{bl}{día}$	<u>140</u>
Gasto de inyección bl/día, línea directa $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>926.07</u>
Gasto de inyección bl/día, línea alterna $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>926.07</u>
Gasto de inyección, bl/día, cincopozos invertido $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>911.13</u>
Gasto de inyección, bl/día, siete pozos invertido $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>688.19</u>
Relación de producción, fracción	<u>1.5</u>
Gasto de inyección bl/día, nueve pozos invertido (pozo c) $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>683.71</u>
Gasto de inyección bl/día, nueve pozos invertido (pozo lateral) $\Delta p, lb/Pg^2$	<u>602.18</u>

EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE AREA BARRIDA

Programa No. 5

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 5 Página 1 de

Título del programa Evaluación de la eficiencia de área barrida

Autor Forrest A. Garb, Fosás Herrera Artanga

Fecha Febrero 1986

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables Este programa calcula la eficiencia de área barrida como una función de la relación de movilidad y el volumen de agua inyectado, el cálculo de las eficiencias está basado en los modelos obtenidos por Dyes, Caudle y Erickson mediante radiografías. La eficiencia de área barrida posterior a la irrupción se calcula por el método de Graig, Geffen y Morse donde se supone que el desplazamiento es tipo pistón y se desprecian los efectos de heterogeneidades verticales. El programa calcula la relación de movilidad y la eficiencia de área barrida a la irrupción para tres diferentes arreglos: línea alterna, línea directa y cinco pozos invertido. Para calcular el volumen poroso de hidrocarburos inyectado y la eficiencia de área barrida se utiliza el valor de la relación del volumen de agua inyectado y el volumen de agua inyectado a la irrupción.

Accesorios Impresor (Opcional)

Limitaciones y Observaciones \_\_\_\_\_

Referencias \_\_\_\_\_

Waterflood Manual for Hewlett-Packard Calculators

F.A. Garb, Gulf Pub. Co. 1982

Contributors Guide for H-41, H-67, H-97

Hewlett-Packard Co. 1981



# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

Página 3 de 8

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO (s)
1	Dimensión de memoria		SIZE 008	
2			XEQ EFICL	
3	Permeabilidad relativa al aceite	Kro	R/S	
4	Permeabilidad relativa al agua	Krw	R/S	
5	Viscosidad del aceite	$\mu_o$	R/S	
6	Viscosidad del agua	$\mu_w$	R/S	
	Relación de movilidad calculada			M
	Seleccionar tipo de arreglo			
8	Línea alterna		XEQ LINALT	
9	Eficiencia areal a la irrupción			Ebt
8	Línea directa		XEQ LINDIR	
9	Eficiencia areal a la irrupción			Ebt
8	Cinco pozos invertido		XEQ EF-5	
9	Eficiencia areal a la irrupción			Ebt
	Eficiencia posterior a la			
	irrupción			
10			XEQ EFPOST	
11	Relación de volumen de agua invec-	Qi/Qir	R/S	
12	Volumen poroso de hidrocarburos <sup>Lado</sup> inyectado			VPHCI
13	Eficiencia de área barrida			E
14	Repetir paso 11 para diferentes			
	valores de Qi/Qir			

# APLICACION DEL PROGRAMA # 5

Ejemplo	Cinco pozos invertido	Línea alterna	Línea directa
Kro adelante del frente	0.70	0.60	0.70
Krw atras del frente	0.30	0.20	0.30
Viscosidad del aceite, cp	2.00	20.00	0.30
Viscosidad del agua, cp	0.50	0.30	0.50
Qi/Qir			
"	1.10	1.50	1.20
"	1.20	2.00	1.50
"	1.30	3.00	2.00
"	1.40	4.00	3.00
"	1.50	5.00	
"	2.00		
"	3.00		

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
	SIZE 008		
	XEQ EFICI		Cálculo para cinco pozos
0.70	R/S		invertido
0.30	R/S		
2.00	R/S		
0.50	R/S	0.583	Relación de movilidad (A)
	XEQ EF-5	0.623	Eficiencia de área barrida
	XEQ EFPOST		a la irrupción (B)
1.1	R/S	0.686	Volumen poroso de hidrocarburos
		0.650	inyectado (X)
			Eficiencia de área barrida
1.20	R/S	0.718	posterior a la irrupción(Y)
		0.674	X
1.30	R/S	0.810	Y
		0.696	X
1.40	R/S	0.872	Y
		0.717	X
1.50	R/S	0.935	Y
		0.736	X
2.00	R/S	1.216	Y
		0.816	X
3.00	R/S	1.870	Y
		0.928	X
	XEQ EFICI		Cálculo para línea alterna
0.60	R/S		
0.20	R/S		
20.00	R/S		
0.30	R/S	0.045	A
	XEQ LINALF	0.530	B
	XEQ EFPOST		
1.50	R/S	0.795	X
		0.643	Y





# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Página 6 de 8

Campo \_\_\_\_\_ Fecha Febrero 1986  
 Yacimiento \_\_\_\_\_ Tipo de arreglo Línea directa

## Datos de Ingreso

1	$K_{ro}$ adelante del frente, fracción	<u>0.700</u>
2	$K_{rw}$ atrás del frente, fracción	<u>0.300</u>
3	Viscosidad del aceite del yacimiento, cp	<u>0.300</u>
4	Viscosidad del agua del yacimiento, cp	<u>0.500</u>

## Datos calculados

Relación de Movilidad, M	<u>3.889</u>
Eficiencia en la zona lavada a la irrupción, E <sub>i</sub>	<u>0.793</u>
Eficiencias en la zona lavada después de la irrupción	

<u>Qiny/Q irrupción</u>	<u>Volumen Poroso de hidrocarburos inyectado</u>	<u>Eficiencia en la zona lavada</u>
<u>1.2</u>	<u>0.952</u>	<u>0.844</u>
<u>1.5</u>	<u>1.190</u>	<u>0.906</u>
<u>2.0</u>	<u>1.587</u>	<u>0.986</u>
<u>3.0</u>	<u>2.380</u>	<u>1.000</u>
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Campo \_\_\_\_\_

Fecha Febrero 1986

Yacimiento \_\_\_\_\_

Tipo de arreglo Cinco pozos invertidoDatos de Ingreso

1	$K_{ro}$ adelante del frente, fracción	<u>0.700</u>
2	$K_{rw}$ atrás del frente, fracción	<u>0.300</u>
3	Viscosidad del aceite del yacimiento, cp	<u>2.000</u>
4	Viscosidad del agua del yacimiento, cp	<u>0.500</u>

Datos calculados

Relación de Movilidad, M	<u>0.583</u>
Eficiencia en la zona lavada a la irrupción, $E_i$	<u>0.623</u>
Eficiencias en la zona lavada después de la irrupción	

$Q_{inj}/Q_{irrupción}$	Volumen Poroso de hidrocarburos inyectado	Eficiencia en la zona lavada
<u>1.1</u>	<u>0.686</u>	<u>0.650</u>
<u>1.2</u>	<u>0.748</u>	<u>0.674</u>
<u>1.3</u>	<u>0.810</u>	<u>0.696</u>
<u>1.4</u>	<u>0.872</u>	<u>0.717</u>
<u>1.5</u>	<u>0.935</u>	<u>0.736</u>
<u>2.0</u>	<u>1.246</u>	<u>0.816</u>
<u>3.0</u>	<u>1.870</u>	<u>0.928</u>
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Campo \_\_\_\_\_

Fecha Febrero 1986

Yacimiento \_\_\_\_\_

Tipo de arreglo línea alternaDatos de ingreso

1	$K_{ro}$ adelante del frente, tracción	<u>0.600</u>
2	$K_{rw}$ atrás del frente, tracción	<u>0.200</u>
3	Viscosidad del aceite del yacimiento, cp	<u>20.000</u>
4	Viscosidad del agua del yacimiento, cp	<u>0.300</u>

Datos calculados

Relación de Movilidad, M

0.045Eficiencia en la zona lavada a la irrupción,  $E_i$ 0.530

Eficiencias en la zona lavada después de la irrupción

$Q_{inj}/Q$ irrupción	Volumen Poroso de hidrocarburos inyectado	Eficiencia en la zona lavada
<u>1.5</u>	<u>0.795</u>	<u>0.643</u>
<u>2.0</u>	<u>1.060</u>	<u>0.722</u>
<u>3.0</u>	<u>1.590</u>	<u>0.835</u>
<u>4.0</u>	<u>2.120</u>	<u>0.915</u>
<u>5.0</u>	<u>2.650</u>	<u>0.977</u>
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

ESTIMACION DE LA EFICIENCIA DE DESPLAZAMIENTO

Programa No. 6

## DESCRIPCION DEL PROGRAMA 6

Pagina 1 de 1

Título del programa: Estimación de la eficiencia de desplazamiento

Autor: Forrest A. Garb, Tomás Becerra Arceaga

Fecha: Febrero 1986

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables: Este programa calcula el comportamiento de la curva de flujo fraccional y el avance del frente en un desplazamiento realizado por inyección de agua basándose en las relaciones establecidas por Buckley-Leverett y Welge en las que se considera al medio poroso como homogéneo de área transversal constante, no existe saturación de gas residual detrás del frente, el flujo se presenta en régimen permanente, se desprecian los efectos de gravedad y capilaridad, y el desplazamiento es de tipo pistón.

Es necesario disponer del comportamiento de la relación de permeabilidad en función de la saturación de agua representada en papel semi-logarítmico (ver fig. 1) y obtener las coordenadas inicial y final que determinan la línea recta que mejor se ajuste, el programa calculará los coeficientes de una relación exponencial entre  $S_w$  y  $k_0/k_w$ , posteriormente el comporta-

Accesorios: Impresor

Limitaciones y Observaciones: \_\_\_\_\_

Referencias: \_\_\_\_\_

Waterflood Manual for Hewlett-Packard Calculators

F.A. Garb, Gulf Pub. Co. 1982

Contributors Guide for HP-41C-67 HP-97

Hewlett-Packard Co. 1981

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 6

Página 2 de 11

(CONTINUACION)

miento de flujo fraccional, su derivada, la relación de permeabilidad y el avance del frente para tres diferentes tipos en intervalos de saturación de agua de 0.05 desde  $S_{wc}$  hasta  $1-S_{or}$ .

Para poder obtener la saturación de agua a la irrupción es necesario construir la curva de flujo fraccional con los datos anteriormente calculados y trazar una recta desde  $S_{wc}$  hasta el punto tangente a la curva, el valor de  $S_w$  estimado en la grafica deberá ser introducido para poder calcular en forma analítica el valor de  $S_w$  a la irrupción.

Finalmente el programa calculará para diferentes valores de saturación de agua en el frente, el volumen poroso inyectado, la saturación de agua promedio y su valor correspondiente en la curva de flujo fraccional.

Ecuaciones utilizadas

1. Flujo Fraccional

$$f_w = \frac{1}{1 + \frac{K_{rw}}{K_{ro}} \frac{1-S_w}{S_w}}$$

2. Relación de permeabilidad relativa

$$\frac{K_r}{K_o} = ae^{-bS_w}$$

3. Derivada de  $f_w$ .

$$\frac{\partial f_w}{\partial S_w} = \frac{\frac{K_{rw}}{K_{ro}}}{\left[1 + \frac{K_{rw}}{K_{ro}} \frac{1-S_w}{S_w}\right]^2}$$

4. Avance frontal:

$$x = \frac{5.615 q t}{\phi h w} \frac{d f_w}{d S_w} S_w$$

5. Relaciones de Saturación:

$$a. \bar{S}_w - S_{w2} = Q_1 t_{o2} \quad b. Q_1 = \left(\frac{d f_w}{d S_w}\right) S_{w2}$$

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

Página 3 de 1

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO (s)
1	Dimensionamiento de la formación		SIZE 026	
2			NR0 0-1	
3	Saturación de agua al término de la recta	Sw <sub>1</sub>	R/S	
4	Relación de permeabilidad en Sw <sub>1</sub>	ko/kw <sub>1</sub>	R/S	
5	Saturación de agua al inicio de la recta	Sw <sub>2</sub>	R/S	
6	Relación de permeabilidad en Sw <sub>2</sub>	ko/kw <sub>2</sub>	R/S	
7	Viscosidad del aceite	$\mu_o$	R/S	
8	Viscosidad del agua	$\mu_w$	R/S	
9	Saturación de agua cementita	Swc	R/S	
10	Saturación de aceite residual	Sor	R/S	
11	Espesor de la formación	h	R/S	
12	Ancho del frente	W	R/S	
13	Costo de inyección	01	R/S	
14	Porosidad	X	R/S	
15	Tiempo de evaluación 1 (años)	t1	R/S	
16	Tiempo de evaluación 2 (años)	t2	R/S	
17	Tiempo de evaluación 3 (años)	t3	R/S	
	Coefficiente de la relación Sw ko/kw			b
	Coefficiente de la relación Sw ko/kw			a
18	Saturación de agua			Swc+0.05
	Relación de permeabilidad			ko/kw
	Fracción de agua			f <sub>w</sub>
	Derivada de f <sub>w</sub>			$\frac{df_w}{dt}$
	Avance del frente en t1 (pies)			X en t1
	Avance del frente en t2 (pies)			X en t2
	Avance del frente en t3 (pies)			X en t3





# APLICACION DEL PROGRAMA # 6

Ejemplo  
 Sw correspondiente al punto donde termina de definirse la recta = 0.30  
 Ko/kw correspondiente al punto donde termina de definirse la recta = 17.0  
 Sw correspondiente al punto donde empieza a definirse la recta = 0.70  
 Ko/kw correspondiente al punto donde termina de definirse la recta = 0.17  
 $\mu = 0.25$   $M_o = 2.0$  cp  $M_w = 1.0$  cp  $S_wc = 0.20$   $S_{or} = 0.20$  Espesor = 20 pies  
 Gasto de inyección = 900 bl/día Ancho del frente = 1320 pies  
 Determinar el comportamiento del avance para 50, 120, 240 días  
 Determinar el comportamiento del avance para Sw a la irrupción = 0.6, 0.70, 0.80

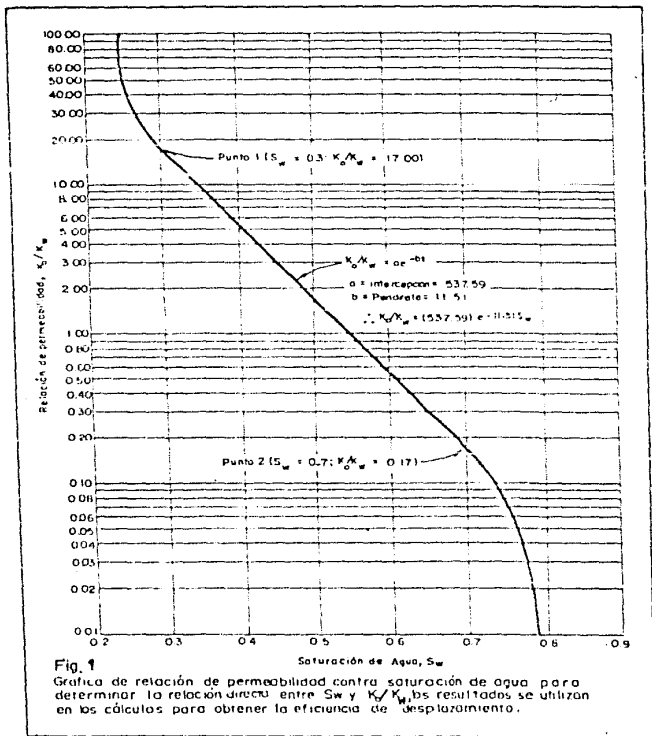
Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
	NEG SIZBEG		
	Vec B-1		
0.30	R/S		Sw
17	R/S		Ko/Kw
0.70	R/S		Sw
0.17	R/S		Ko/kw
1.00	R/S		$M_w$
2.00	R/S		$M_o$
0.26	R/S		$S_wc$
0.20	R/S		$S_{or}$
20.0	R/S		Espesor
1320	R/S		Ancho
900	R/S		Gasto de inyección
0.25	R/S		$\mu$
00.00	R/S		t1
120.00	R/S		t2
240.00	R/S		t3
		11.51	b coef. de rel. Sw-Ko/kw
		37.50	a coef. de rel. Sw-Ko/kw
		0.25	Sw (A)
		30.23	Ko/kw (B)
		0.022	Tw (C)
		0.70	dfw/dSw (D)
		31	X en t1 (E)
		0.2	X en t2 (F)
		123	X en t3 (G)
		0.30	A
		17.0	B
		0.105	C
		1.083	D
		50	E
		100	F
		100	G

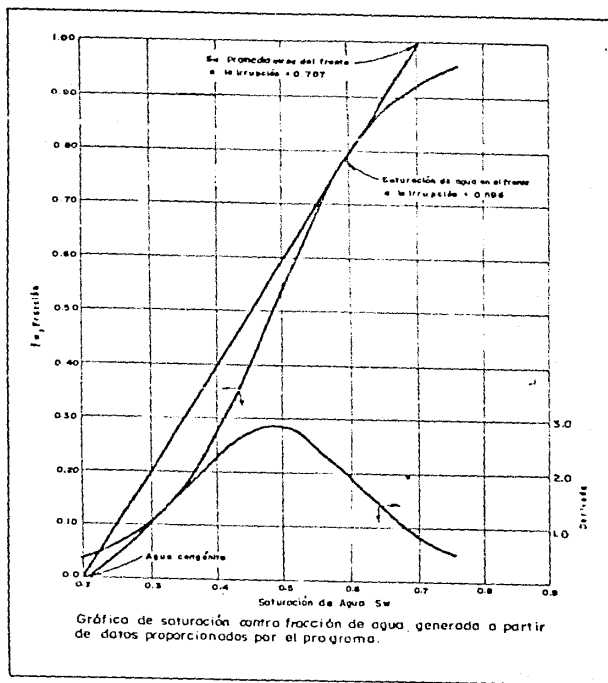
( CONTINUACION )

Ingreso de dato(s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
		0.775	A
		0.775	B
		0.177	C
		1.0017	D
		2.0017	E
		3.01	F
		3031	G
		0.40	A
		0.48	B
		0.271	C
		2.2725	D
		3.01	E
		303	F
		448	G
		0.45	A
		3.09	B
		0.308	C
		0.330	D
		437	E
		369	F
		507	G
		0.50	A
		1.20	B
		0.504	C
		2.5079	D
		131	E
		233	F
		325	G
		0.55	A
		0.90	B
		0.577	C
		0.549	D
		1.00	E
		2.01	F
		1621	G
		0.60	A
		0.51	B
		0.733	C
		1.000	D
		80	E
		177	F
		969	G
		0.75	A
		0.20	B
		0.299	C
		1.243	D
		6.0	E
		121	F
		131	G

( CONTINUACION )

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
		0.70	A
		0.71	B
		0.72	C
		0.73	D
		38	E
		7	F
		153	G
		0.75	A (obtener la curva de flujo)
		0.76	B (transmitir y la derivada)
		0.754	C de la curva de flujo tras
		0.764	D (obtener la curva de flujo)
		0	E Sw en el frente a la
		0	F (truncación)
0.50	N/A DE R/S	0.507	Valor estimado de Sw a la irrupción
		0.507	Valor calculado de Sw a la irrupción
		0.507	ko/μw a la irrupción
		0.507	rw a la irrupción
		0.507	dμw/dSw a la irrupción
		0.507	Vol. poroso investido a la irrupción
0.500	N/A DE R/S	0.507	Sw en el frente (d)
		0.500	ko/μw en el frente (l)
		0.500	rw en el frente (j)
		0.507	dμw/dSw en el frente (k)
		0.507	Vol. poroso investido a la irrupción
		0.507	Sw promedio (a)
0.598	R/S	0.598	J
		0.598	J
		1.907	L
		0.598	L
		0.598	S
0.600	R/S	0.600	H
		0.600	I
		0.600	J
		1.907	L
		0.600	L
0.700	R/S	0.700	H
		0.700	I
		0.700	J
		1.907	L
		0.700	L
0.800	R/S	0.800	H
		0.800	I
		0.800	J
		0.800	K
		1.907	L
		0.800	L
		0.800	S





# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Página 10 de 11

Campo \_\_\_\_\_

Yacimiento \_\_\_\_\_

## Flujo Fraccional \_\_\_\_\_

Saturación de agua correspondiente al punto donde termina de definirse la recta $S_{w1}$ , fracción	<u>0.30</u>
Relación de permeabilidad relativa en $S_{w1}$	<u>17</u>
Saturación de agua correspondiente al punto donde empieza a definirse la recta $S_{w2}$ , fracción	<u>0.70</u>
Relación de permeabilidad relativa correspondiente a $S_{w2}$	<u>0.17</u>
Viscosidad del agua, cp	<u>1.0</u>
Viscosidad del aceite, cp	<u>2.0</u>
Saturación de agua congenita $S_{wc}$ , fracción	<u>0.20</u>
Saturación de aceite residual $S_{ro}$ , fracción	<u>0.20</u>

## Avance Frontal \_\_\_\_\_

Espesor de la formación, h, pies	<u>20</u>
Ancho del frente, w, pies	<u>1320</u>
Gasto de inyección, b/d.	<u>900</u>
Porosidad de la formación, $\alpha$ , fracción	<u>0.25</u>
Evaluación del avance a un tiempo $t_1$ , días	<u>60</u>
Evaluación del avance a un tiempo $t_2$ , días	<u>120</u>
Evaluación del avance a un tiempo $t_3$ , días	<u>240</u>





EVALUACION MEDIANTE EL METODO DE STILES

Programa No. 7

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 7

Página 1 de 6

Título del programa Evaluación mediante el método de Stiles

Autor Forrest A. Garb, Félix Becerra Arteaga

Fecha Febrero 1986

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables Este programa calcula el factor de recuperación y la relación agua-aceite para un yacimiento estratificado sojetido a un desplazamiento por inyección de agua, el cálculo se realiza mediante el método establecido por Stiles, el cual supone que el avance del frente en cada capa es proporcional a la permeabilidad absoluta de esta, no se presenta co inyección de flujo entre las capas, el desplazamiento es de tipo pistón, todas las capas tienen el mismo valor de porosidad y la misma permeabilidad efectiva al aceite, todas las capas sufren el mismo cambio de saturación de agua, el régimen de flujo es permanente y cada volumen de agua inyectado desplaza el mismo volumen de fluido. Es necesario introducir los valores de permeabilidad (d) en orden descendente, el espesor de cada estrato (nie), el factor de volumen del

Accesorios Impresor

Limitaciones y Observaciones Es necesario disponer de la capacidad total de memoria

Referencias

Waterflood Annual for Hewlett-Packard Calculators

F.A. Garb Gulf Po. Co. 1982

Contributors guide for H-41 H-67 H-97

hewlett-packard co. 1981

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 7

Página 2 de 6

(CONTINUACION)

aceite a la presión final de desplazamiento, el gasto de inyección (bl/día) así como el volumen de aceite móvil (bl) el cual puede calcularse con las ecuaciones 2 y 3 en función de los parámetros indicados

$$1) RAA = \frac{C}{1-C} \frac{k_{rw}}{\mu_w} \frac{h_0}{k_{ro}} \text{ Bof}$$

$$2) Y = (1 - Rec)(1 - Swc)(Boi) / (Bof)$$

$$3) Vac = 7758 (Ev) (h) (A) (\phi) (Y - Sor) / (Bof)$$

Vac = Volumen de aceite móvil, bl

Ev = Eficiencia volumétrica, frc.

$\phi$  = Porosidad, frc.

h = Espesor, pie

RAA = Relación agua-aceite

C = Fracción acumulativa de KH

A = Área del arreglo, acre

Swc = Saturación de agua congénita, frc.

Rec = Factor de recuperación al inicio del desplazamiento, frc.

Boi = Factor de volumen del aceite a la presión inicial del desplazamiento

Bof = Factor de volumen del aceite a la presión final del desplazamiento

Sor = Saturación de aceite residual después del desplazamiento, frc.

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SAIDA DE DATO (s)
1	Dimensión de memoria		SIZE 031	
2			XEO SF	
3	Espesor del estrato, pie	n	ENTER	
4	Permeabilidad, md	k	r/S	
	Repetir pasos 3 y 4 (maximo 20)			M Mkh
5			XEO R	Número Fracción de espesor agua Fracción K <sub>rw</sub> C acumulada $\Delta c/\Delta n$ Factor de recuperación
6			XEO C	
7	Relación de movilidad	$\mu_{ra}$	R/S	
8	Factor de volumen del aceite a presión final	$\omega_{of}$	r/S	
9			XEO D	Relación Agua-Aceite
10	Volumen de aceite móvil, bl	Vac	r/S	
				Número Np acumulado $\Delta Np$ Fracción de agua en vac. Gasto de agua promedio. Tiempo para producir $\Delta Np$ Tiempo para llenado. Volumen acum. de agua inye- ctado después del llenado.

# APLICACION DEL PROGRAMA # 7

Pagina 4 de 6

Ejemplo			
Nuestra	Espesor (pie)	Permeabilidad (md)	
1	1	776	Relación de movilidad = 1.3232
2	1	454	Bo a la presión inicial = 1.215
3	1	349	Bo a la presión final = 1.073
4	1	308	$\lambda = 0.19$ Swc=0.24 Area=20 acres
5	1	295	Espesor=5 pies.Eficiencia volumetrica=0.85
6	1	282	Factor de recuperación al inicio del
7	1	273	desplazamiento =0.1209
8	1	262	+ Saturación de aceite residual después del
9	1	228	desplazamiento = 0.225
10	1	187	$Y = (1 - 1.209)(1 - .24)(1.073)/(1.215) = 0.59$
11	1	178	$Vac = (7758)(.85)(20)(5)(.19)(.59 - .225)/(1.073)$
12	1	161	$Vac = 42,20$ bbl
13	1	159	
14	1	148	
15	1	127	
16	1	109	
17	1	88	+ A partir de datos de laboratorio
18	1	77	
19	1	49	
20	9		

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
	SIZE 031		
	NO ST		
1-	ENTER		Espesor
776	R/S		Permeabilidad
1	ENTER		
454	R/S		
1	ENTER		
349	R/S		
1	ENTER		
308	R/S		
1	ENTER		
295	R/S		
1	ENTER		
282	R/S		
1	ENTER		
273	R/S		
1	ENTER		
262	R/S		
1	ENTER		
228	R/S		
1	ENTER		
178	R/S		
1	ENTER		
161	R/S		
1	ENTER		
159	R/S		
1	ENTER		
148	R/S		
1	ENTER		
127	R/S		
1	ENTER		
109	R/S		
1	ENTER		
88	R/S		
1	ENTER		

( CONTINUACION )

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
2	ENTER		
87	R/S		
1	ENTER		
77	R/S		
9	ENTER		
49	R/S		
	XEQ B		
		29	$\sum h$
		5076	$\sum Kh$
		1	Estrato (A)
		0.0345	Fración de espesor acum(B)
		0.1125	Fración de espesor acum(B)
		4.4334	Fración de espesor acum(B)
		0.2256	Factor de recuperación (E)
		20	A
		1.0000	B
		1.0000	C
		0.2790	D
		1.0000	E
	XEQ C		
1.3232	R/S		Relación de movilidad
1.073	R/S		Factor de volumen del aceite
		1	
		0.2040	Relación agua-aceite
		20	
		1.0000	Relación agua-aceite
	XEQ D		
42620	R/S		Vol. de aceite móvil
		1	
		9613	$\Delta xp$ acumulado (F)
		9613	$\Delta xp$ (G)
		0.0000	Fración de agua en yac. (H)
		93.2	Gasto de aceite promedio (I)
		103	Tiempo para producir $\Delta xp$ (J)
		103	Tiempo para producir $\Delta xp$ (J)
		10315	Vol. acumulado de agua inyectado
			después del llenado (L)
		20	
		42620	P
		4808	G
		0.9329	H
		4.3	I
		70	J
		2013	K
		20135	L

# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Pag. 6 de 6

Muestra No.	Espesor h, pies	Permeabilidad K. md	Fración de espesor acumulada	Fración de $Kh = C$ acumulada	$K' \frac{\Delta C}{\Delta h}$	Factor de recuperación	Fración de agua producida	Producción acumulada al día (bbl)	$\Delta N_p$	Fración de agua en el yacimiento	Gasto Promedio bl/día	Tiempo por el cual producir (días)	Tiempo acumulado después de la inyección (días)	Volumen acumulado de agua inyectado después de la inyección
1	1	77.6	0.0345	0.1529	4.4334	0.2256	0.2090	9.613	9.613	0	93.2	103	103	10.315
2	1	45.4	0.0690	0.2423	2.5838	0.3611	0.4123	15.389	5.776	0.1928	75.2	77	180	17.992
3	1	34.9	0.1034	0.3111	1.9939	0.4489	0.4907	19.134	3.745	0.2973	65.5	57	237	23.711
4	1	30.8	0.1379	0.3717	1.7497	0.4950	0.4565	21.096	1.962	0.3740	56.3	34	271	27.074
5	1	29.5	0.1724	0.4399	1.6854	0.5107	0.5171	21.765	6.69	0.4391	52.3	13	284	28.354
6	1	28.2	0.2069	0.4854	1.6111	0.5253	0.5725	22.430	6.66	0.4994	46.7	14	298	29.781
7	1	27.3	0.2414	0.5392	1.5697	0.5368	0.6243	22.879	1.48	0.5552	41.5	11	309	30.662
8	1	26.2	0.2759	0.5908	1.4968	0.5492	0.6721	23.408	5.29	0.6076	36.6	14	4.63	32.310
9	1	22.8	0.3103	0.6357	1.3526	0.5900	0.7124	25.146	1.738	0.6564	32.0	54	377	37.737
10	1	18.7	0.3448	0.6726	1.0684	0.6513	0.7447	27.787	2.611	0.6978	26.1	93	4.70	47.009
11	1	17.8	0.3793	0.7076	1.0169	0.6668	0.7746	29.420	6.63	0.7311	25.1	26	4.97	49.654
12	1	16.1	0.4138	0.7354	0.9198	0.6971	0.8011	29.710	1.290	0.7620	23.2	58	5.55	55.470
13	1	15.9	0.4483	0.7707	0.9684	0.7097	0.8268	29.663	15.3	0.7997	19.6	8	5.63	56.251
14	1	14.8	0.4828	0.7998	0.8455	0.7145	0.8501	30.666	8.02	0.8164	17.1	47	6.09	60.898
15	1	12.7	0.5172	0.8249	0.7256	0.7286	0.8699	32.330	1.664	0.8409	14.8	112	7.22	72.163
16	1	10.9	0.5517	0.8463	0.6227	0.7965	0.8666	34.033	1.704	0.8618	12.9	132	8.54	85.389
17	1	8.8	0.5862	0.8637	0.5028	0.8673	0.9000	36.538	2.505	0.8793	11.2	223	1.077	107.656
18	2	8.7	0.5552	0.8580	0.4930	0.8604	0.9259	36.669	1.31	0.8934	9.9	13	1.090	108.978
19	1	7.7	0.6897	0.9131	0.4399	0.8872	0.9372	37.812	1.142	0.9209	7.4	15.5	1.245	124.472
20	9	4.9	1.0000	1.0000	0.2799	1.0000	1.0000	42.620	4.808	0.9329	6.3	7.69	2.014	201.356

$M h = 29$   
 $M Kh = 5.076$

EVALUACION MEDIANTE EL METODO DE DYKSTRA-PARSONS

Programa No. 8



## DESCRIPCION DEL PROGRAMA 8

Página 1 de

Título del programa Evaluación mediante el método de Dykstra-ParsonsAutor Forrest A. Garb Tomas Becerra ArteagaFecha Mayo 1986

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables Este programa calcula mediante el método de Dykstra-Parsons la eficiencia volumétrica, producción de aceite, relación agua-aceite producido, gasto promedio de aceite y agua producido, producción de agua, tiempo necesario para producir  $\Delta N_p$ , y la fracción de agua producida para cada capa de un yacimiento estratificado.

Es necesario disponer de los valores de permeabilidad absoluta ( $k_d$ ) de cada estrato (máximo 20) e introducir su valor entero en orden decreciente.

El método de Dykstra-Parsons supone que la permeabilidad es la misma en cada punto del estrato, cada estrato está dividido por una barrera impermeable que no permite el flujo en forma transversal y todos los estratos tienen el mismo espesor.

Adicionalmente a los datos de permeabilidad se debe disponer de la relación de movilidad, volumen de aceite móvil y el factor de volumen del aceite a la presión final del desplazamiento.

Accesorios Impresor

Limitaciones y Observaciones Se recomienda utilizar el lector de tarjetas grabando la primera y segunda parte del programa

Referencias \_\_\_\_\_

Waterflood Manual for Hewlett-Packard CalculatorsF.A. Garb Gulf Po. Co 1982Contributors Guide for III-41, III-C7, III-97Hewlett-Packard Co. 1981

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 8

Página 2 de 8

(CONTINUACION)

$$C = X + \frac{(N-X)\Delta}{(A-1)} \frac{\sum_{i=X+1}^N \sqrt{A^2 + \frac{k_i}{k_X} (1-A^2)}}{A-1}$$

$$RAA = \sum_{i=1}^X k_i / \sum_{i=X+1}^N k_i / \sqrt{A^2 + \frac{k_i}{k_X} (1-A^2)}$$

C= Eficiencia volumetrica acumulada

RAA= Relación agua-acete producido

$$A = \frac{K_{rw}/\phi}{K_{ro}/\omega}$$

N=Número de estratos (todos del mismo espesor)

X=Número de la última capa que se ha invadido totalmente

K1=Valor máximo de permeabilidad cuando i=1

Kn=Valor mínimo de permeabilidad cuando i=N

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

Página 3 de 8

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO(S)
	Dimensión de memoria		SIZE 031	
1	Grabar la segunda parte del programa			
2	Introducir la primera parte del programa			
3			XEQ DP1	
4	Número de datos de permeabilidad	N	R/S	
5	Valor de permeabilidad (entero)	Ku	R/S	
6	Repetir el paso 5 hasta terminar de introducir todos los valores de permeabilidad			$\sum k$
7			XEQ B	
8	Relación de movilidad		R/S	
	Eficiencia volumétrica acumulada			$C_n$
9	Introducir la segunda parte del programa			
10			XEQ DP2	
11	Bo a la presión final	BoF	R/S	
	Relación Agua-Aceite			RAA
			XEQ D	
12	Vol. de aceite móvil (M bl)	VaM	R/S	
13	Gasto de inyección	Qi	R/S	
				$Np(A)$
				$\Delta Np(B)$
				$Wp(C)$
				$\Delta Wp(D)$
	Vol. acumulado de agua después del llenado (M bl)			(E)



# APLICACION DEL PROGRAMA # 8

Página 5 de 5

Ejemplo	Permeabilidad	Relación de movilidad = 5.34
	1132	Gasto de inyección = 4800 bl/día
	791	Factor de volumen del aceite a la
	562	presión final del desplazamiento=1.062
	416	Volumen de aceite móvil= 4811.56X10 <sup>3</sup> bl
	325	
	271	
	238	
	217	
	199	
	182	Volumen de aceite móvil = $\frac{77580(1-S_{wc})}{101}$ (bl/acrc-pic)
	163	
	142	
	121	
	101	
	84	
	70	
	59	
	49	
	33	
	4	

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
	XEQ DP1	N	Kn
20	R/S		
1132	R/S		
791	R/S		
562	R/S		
416	R/S		
325	R/S		
271	R/S		
238	R/S		
217	R/S		
199	R/S		
182	R/S		
163	R/S		
142	R/S		
121	R/S		
101	R/S		
84	R/S		
70	R/S		
59	R/S		
49	R/S		
33	R/S		
4	R/S	0.60	
	XEQ B		
5.34	R/S	0.1676	Relación de movilidad
		0.2361	Eficiencia volumétrica acum.
		0.3108	"
		0.3880	"
		0.4625	"
		0.5252	"
		0.5738	"
		0.6086	"
		0.6393	"
		0.6679	"

( CONTINUACION )

Ingreso de dato (s)	Tecia (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
		0.6992	
		0.7432	
		0.7731	
		0.8090	
		0.8472	
		0.8792	
		0.9055	
		0.9270	
		0.9537	
			Introducir la segunda parte
	NEW DP2		del programa
1.002	R/S		Factor de volumen del aceite
		0.000	
		1.240	
		2.59	
		3.91	
		5.09	
		6.07	
		7.03	
		8.51	
		10.11	
		12.85	
		16.97	
		22.68	
		30.24	
		40.37	
		53.93	
		71.46	
		104.79	
		170.79	
		284.54	
		5867.30	
	XP0 D		
4811.56	R/S		Vol. de aceite móvil (M bl)
4800	R/S		Costo de inyección (bl/día)
		800.42	(A)
		0.000	(B)
		0.000	(C)
		850.42	(D)
		178.4	(E)
		4.52	(F)
		0.000	(G)
		0.000	(H)
		0.000	(I)
		0.000	(J)
		0.000	(K)
		1136.01	329.59
		408.66	408.69
		1615.14	336.5
		158.1	2.085
		2.587	4.072
		0.5538	
		1495.43	359.42
		930.91	1339.61
		2927.70	609.90
		273.1	1.343
		3.405	4.749
		0.7235	

( CONTINUACION )

Ingreso de dato (\$)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones	
		1866.89 371.45	(A)	(B)
		1932.38 2971.98	(C)	(D)
		1774.61 994.70	(E)	(F)
		184.80 0.905	(G)	(H)
		1.773 1.739	(I)	(J)
		0.7963	(K)	
		2760.39 233.36		
		1640.53 8088.73		
		11020.36 2295.90		
		304.40 11.593		
		1.774 1.765		
		0.7963		
		1919.34 297.60		
		1934.48 2770.38		
		16143.27 3363.20		
		100.20 0.345		
		4.433 1.778		
		0.9278		
		3710.19 178.03		
		5383.56 24178.16		
		28148.38 5920.50		
		1161.0 0.153		
		1.737 1.791		
		0.968		
		4230.32 158.78		
		11648.21 5312048		
		57163.08 1260270		
		2461.80 0.063		
		1.731 1.796		
		0.9877		
		4588.78 196.00		
		11095.11 1005155		
		150924.84 31442.		
		12756.7 0.010		
		1.789 1.799		
		0.9979		
		4811.56 222.78		
		1529998 1676049.5		
		16811584 350168.3		
		318725.9 0.001		
		1.053 1.664		
		0.9996		

# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Pag. 6 de 8

Muestra No.	Permeabilidad K, md	Eficiencia volumetrica	Relacion Agua aceite en superficie	Acetile Produccion ( Mbl )	$\Delta N_p$ (Mbl)	$\Delta w_p$ (Mbl)	Agua produ- cida acumulada $W_p$ (Mbl)	Volumen acumulado de agua produ- cida de tiempo de $(Mbl)$	Tempo acumulado de $(horas)$	Incremento de tiempo $\Delta t$ (dias)	Gasto promedio de aceite $q_w$ (Mbl/dia)	Gasto promedio de agua producido $q_w$ (Mbl/dia)	Incremento de tiempo $\Delta t$ (dias) por produ- cion	Fraction de agua promedio fw
1	1132	0.1676	0.00	806.42	806.42	0.00	0.00	865.42	178.4	178.4	4.520	0.000	4.520	0.0000
2	791	0.2361	1.24	1136.01	329.59	408.69	408.69	1615.14	336.5	158.1	2.085	2.587	4.672	0.5538
3	562	0.3108	2.59	1495.43	359.42	930.91	1339.61	2927.76	609.9	273.4	1.314	3.405	4.719	0.7215
4	416	0.3880	3.91	1866.89	371.45	1492.39	2791.96	4774.61	594.7	364.6	0.900	3.773	4.739	0.7953
5	325	0.4625	5.09	2224.87	357.96	1822.12	4614.12	6976.93	1453.5	458.8	0.780	3.971	4.751	0.8358
6	271	0.5252	6.07	2527.03	302.17	1834.15	6448.25	9131.96	1902.5	449.0	0.673	4.085	4.758	0.8685
7	238	0.5738	7.03	2760.39	233.36	1640.53	8088.73	11020.26	2295.9	393.4	0.593	4.171	4.765	0.8755
8	217	0.6086	8.21	2928.32	167.92	1378.65	9467.35	12577.22	2620.3	324.4	0.518	4.252	4.769	0.8914
9	199	0.6393	10.11	3075.55	147.23	1488.83	10955.33	14222.17	2963.0	342.7	0.430	4.346	4.775	0.9100
10	182	0.6679	12.85	3213.64	138.09	1779.48	12730.39	16143.27	3363.2	400.7	0.345	4.433	4.778	0.9278
11	163	0.6992	16.97	3364.24	150.69	2555.71	15286.11	18686.94	3929.9	565.7	0.266	4.518	4.784	0.9444
12	142	0.7342	22.68	3532.17	167.92	3804.30	19094.62	22645.76	4759.9	800.6	0.202	4.586	4.788	0.9578
13	121	0.7711	30.24	3710.19	178.03	5383.96	24478.16	28418.38	5920.5	1161.0	0.153	4.637	4.791	0.9680
14	101	0.8096	40.47	3895.44	185.25	7496.87	31975.03	36111.96	7523.3	1602.8	0.116	4.677	4.793	0.9759
15	84	0.8462	53.93	4071.54	176.10	9497.24	4472.27	45796.25	9640.9	2017.6	0.087	4.707	4.794	0.9818
16	70	0.8792	73.36	4230.32	158.78	11649.21	53120.46	57613.08	12002.7	2461.8	0.064	4.731	4.796	0.9866
17	59	0.9059	104.79	4358.79	128.47	13462.23	66582.71	71211.75	14835.8	2833.1	0.045	4.752	4.797	0.9905
18	49	0.9276	176.79	4462.72	103.93	18373.73	84956.44	99696.85	18686.6	3850.6	0.027	4.771	4.798	0.9944
19	33	0.9537	484.64	4589.78	126.06	61056.11	146051.55	150924.84	31442.7	12736.1	0.010	4.789	4.799	0.9979
20	4	1.0000	6867.90	4811.56	222.78	152999.97	1676049.54	1681159.42	35018.6	318725.9	0.001	1.663	1.664	0.9996

$K = 5.159$

92



ESTIMACION DE LA DISTRIBUCION DE PERMEABILIDAD

Programa No. 9

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA 9

Página 1 de 4

Título del programa Estimación de la distribución de permeabilidad

Autor Forrest A. Garb Tomás Becerra Arteaga

Fecha Febrero 1986

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables Este programa genera veinte valores de permeabilidad en base a un valor de permeabilidad representativo y un factor de variación de permeabilidad, para poder utilizar el programa es necesario disponer de un valor de permeabilidad obtenido a partir de una prueba de incremento, índice de productividad o prueba en el laboratorio, el factor de variación de permeabilidad varía de 0.2 a 0.4 para arenas limpias, de 0.5 a 0.7 para conglomerados, y para calizas o dolomitas tiene un gran margen de variación dependiendo de la porosidad secundaria y el sistema de fracturas.

El programa calcula veinte valores de permeabilidad suponiendo que la distribución de probabilidad es del tipo logarítmico normal con incrementos de probabilidad del 5%.

Accesorios Impresor (Opcional)

Limitaciones y Observaciones Para poder utilizar el programa sin impresor es necesario sustituir la instrucción ERA por PROSET y oprimir R/S cada vez que se presente el valor de K<sub>h</sub>

## Referencias

Waterflood Manual for Hewlett-Packard Calculators

F.A. Garb Gulf Pub. Co. 1982

Contributors Guide for HP-41, HP-47, HP-97

Hewlett-Packard Co. 1981

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO(s)
1	Dimensión de memoria		SIZE 027	
2			XEQ PERM	
3	Permeabilidad promedio, $\mu d$	$\bar{K}$	R/S	
4	Factor de variación, fracción	V	R/S	
				K1
				K2
				K3
				K4
				K5
				K6
				K7
				K8
				K9
				K10
				K11
				K12
				K13
				K14
				K15
				K16
				K17
				K18
				K19
				K20



# RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Página 4 de 4

Yacimiento \_\_\_\_\_

Fecha . \_\_\_\_\_

Febrero 1986 \_\_\_\_\_

Permeabilidad promedio  
Factor de Variación, V

,  $\bar{K}$   $\frac{10}{0.60}$

<u>Estrato</u>	<u>Permeabilidad</u>	<u>Estrato</u>	<u>Permeabilidad</u>
<u>1</u>	<u>60.25</u>	<u>11</u>	<u>9.44</u>
<u>2</u>	<u>37.40</u>	<u>12</u>	<u>8.41</u>
<u>3</u>	<u>28.69</u>	<u>13</u>	<u>7.47</u>
<u>4</u>	<u>23.55</u>	<u>14</u>	<u>6.60</u>
<u>5</u>	<u>19.98</u>	<u>15</u>	<u>5.78</u>
<u>6</u>	<u>17.29</u>	<u>16</u>	<u>5.00</u>
<u>7</u>	<u>15.16</u>	<u>17</u>	<u>4.25</u>
<u>8</u>	<u>13.39</u>	<u>18</u>	<u>3.49</u>
<u>9</u>	<u>11.89</u>	<u>19</u>	<u>2.67</u>
<u>10</u>	<u>10.59</u>	<u>20</u>	<u>1.66</u>

## ESTIMACION DE RESERVAS

De poco serviría caracterizar los yacimientos, identificar sus mecanismos de desplazamiento y analizar su comportamiento futuro, si no fuera factible controlar y modificar su explotación a fin de obtener mayores recuperaciones de hidrocarburos.

La localización de los pozos, su terminación y los gastos de producción son las medidas principales de control que el ingeniero de yacimientos establece para lograr ese objetivo. Además, se debe tener un conocimiento confiable de las reservas contenidas en los yacimientos.

En el caso de campos sujetos a recuperación primaria, existen varios métodos para estimar las reservas, desde el balance de materia, el cual considera al yacimiento como un tanque con propiedades promedio, hasta un sofisticado simulador que pudiera considerar la composición de los fluidos y quizá hasta en tres dimensiones.

Por otro lado, cuando se desean estimar las reservas en un yacimiento que será sometido a inyección de agua, la simplicidad de la ecuación de balance de materia justifica su uso, proporcionando una aproximación aceptable de los volúmenes de aceite antes y después del proceso.

El programa No. 10 utiliza este concepto de balance de materia para poder evaluar las reservas y factores de recuperación secundaria en dichos yacimientos.

**ESTIMACION DE RESERVAS**

**Programa No. 10**

# DESCRIPCION DEL PROGRAMA IO Page 1 de

Título del programa Estimación de reservas

Autor Forrest A. Garb Tomás Becerra Arteaga

Fecha Agosto 1987

Descripción del programa, Ecuaciones y Variables Este programa calcula la producción de aceite en un arreglo sometido a un proceso de inyección de agua y compara la producción obtenida con el volumen de aceite inicial en el arreglo y la recuperación primaria obtenida a partir de una extrapolación de la historia de producción

Es necesario disponer de datos obtenidos de laboratorio o estimar el valor de la saturación de aceite residual saturación de gas residual, eficiencia de desplazamiento vertical y horizontal, porosidad, espesor, saturación de agua, área del arreglo, número de pozos inyectoras, gasto de inyección y producción de aceite acumulada.

Accesorios Impresor

Limitaciones y Observaciones El término "zona lavada" se refiere a la zona en contacto con el agua inyectada

Referencias

Waterflood Manual for Hewlett-Packard Calculators

F.A. Garb Gulf Pub. Co. 1982

Contributors Guide for HP-41C, HP-67, HP-97

Hewlett-Packard Co. 1981



# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

Página 2 de 7

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO (s)
1	Dimensionamiento de teorica		SIZE 030	
2			NOO PROYEC	
3	Espesor (pies)	h	R/S	
4	Bo a la presión inicial	Boi	R/S	
5	Bo a la presión inicial de inyección	Bof	R/S	
6	Bo a la presión promedio del desplazamiento	BoP	R/S	
7	Porosidad (fracción)	$\alpha$	R/S	
8	Saturación de agua (fracción)	Sw	R/S	
9	Area del arreglo (acres)	A	R/S	
10	Volumen del arreglo (acre-pie)			V
11	Volumen poroso del arreglo (bl)			PV
12	Saturación de aceite residual después del desplazamiento (fracción)	Sor	R/S	
13	Saturación de gas residual después de la inyección (área no lavada)	Sgr	R/S	
15	Producción de aceite acumulada al inicio de la inyección (bl)	Np	R/S	
16				Np/V
17	Volumen de aceite inicial (bl/acre-pie)			N
18	Volumen de aceite en el yacimiento al inicio de la inyección (bl/acre-pie)			N-Np/V
19	Volumen de aceite en el yacimiento después del desplazamiento en el área lavada (bl/acre-pie)			Vda1
20	Volumen de aceite en el yacimiento después del desplazamiento en el área no lavada (bl/acre-pie)			Vdan1
21	Factor de recuperación h inyección al inicio de la inyección			RF
22	Saturación de aceite la inyección al inicio de la inyección			Sof
23	Saturación de gas inyección al inicio de la inyección			Sgf
24	Eficiencia de desplazamiento areal	Ea		
25	Eficiencia de desplazamiento vertical	Ev		
26	Eficiencia de desplazamiento total			Et

# INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

PASO	INSTRUCCIONES	INGRESO DE DATOS (s)	TECLA (s)	SALIDA DE DATO(s)
27	Volumen poroso lavado(acre-nic)			Vp1
28	Volumen poroso no lavado(acre-nic)			Vpnl
29	Volumen de aceite en el yacimiento al inicio de la inyección (bi)			Vaii
30	Volumen de aceite en el yacimiento al término del desplazamiento(b1)			Vati
31	Volumen de aceite recuperado como resultado de la inyección(b1)			Vati-Vaii
32	Incremento de producción primaria proyectado a la fecha de inicio del desplazamiento (b1)	Np1	R/S	
33	Incremento de producción primaria proyectado desde el inicio del desplazamiento hasta la fecha del estudio (b1) (desplazamiento activo)	Np2	R/S	
34				Vaii-Vati+Np1
35	(solo si es desplazamiento activo)			Vaii-Vati-Np2
36	Volumen de inyección(b1) considerando Sgr en el área no lavada			Vi
37	Gasto estabilizado de inyección (b1/día pozo)	Qi	R/S	
38	Número de pozos inyectoras	n	R/S	
39	Tiempo de inyección (días)			Ti
40				Vi + (Vaii-Vati)In
41	Recuperación primaria total estimada a partir de extrapolación del comportamiento de la declinación de la producción(b1), considerando que no se realizara la inyección.	Np3	R/S	
42				Np3/V
43	Factor de recuperación primaria			Rft
44	Volumen de aceite total producido (Np acumulada+recuperación secundaria)			Vaii-Vati+Np
45	Factor de recuperación total			Rfts
46	Recuperación secundaria estimada(b1)			Vaii-Vati + Np-Np3
47	Relación de producción primaria y secundaria			Rp

# APLICACION DEL PROGRAMA # 10

Pagina 4 de 7

## Ejemplo

Arreglo de cinco pozos, espesor = 29' pies, Area del arreglo = 40 acres  
 Bo a la presión inicial = 1.221 Bo a la presión inicial de inyección = 1.136  
 Bo a la presión promedio del desplazamiento = 1.154 Presión inicial = 1875 lb/pg  
 Presión inicial de inyección = 985 lb/pg<sup>2</sup>  
 Presión promedio del desplazamiento 1200 lb/pg<sup>2</sup>  
 Porosidad = 0.19 Saturación de agua 0.24, Saturación de aceite residual = 0.23  
 Saturación de gas residual en la zona no lavada = 0.05  
 Producción de aceite acumulada al inicio de la inyección = 145000 bl  
 Eficiencia vertical = 0.75 Eficiencia areal = 0.81 Costo de inyección = 200 \$/bbl día  
 Número de pozos inyector = 4 Incremento de producción primaria proyectado  
 a la fecha de inicio del desplazamiento = 5000 bl. Recuperación primaria total  
 estimada considerando que no se realizará la inyección = 210000 bl

Ingreso de dato (s)	Tecla (s)	Salida de dato (s)	Observaciones
	SIZE 030		
	NOI POCVIT		
29	R/S		Espesor
1.221	R/S		Boi
1.136	R/S		Bof
1.154	R/S		Boo
0.19	R/S		Porosidad
0.24	R/S		Saturación de agua
40	R/S		Area del arreglo
		1709863	Volúmen del arreglo
0.20	R/S		Volúmen poroso del arreglo
0.05	R/S		Saturación de aceite residual
145000	R/S		Saturación de gas residual
		12.5	Producción acumulada (Np)
		817.49	Np/V
		502.49	Volúmen de aceite inicial (N)
		235.1	N/V
		502.49	(N)
		0.436	(50)
		0.711	Factor de recuperación
		0.749	Saturación de aceite
0.81	R/S		Saturación de gas
0.75	R/S		Eficiencia areal estimada
		0.808	Eficiencia vertical estimada
		704.7	Eficiencia total estimada
		455.3	
		970288	
		562923	
		390355	
5000	R/S		Incremento de producción Np1
0	R/S		Np2
		331355	(31) Vali-Vali+Np1
		221628	Volúmen de inyección en el
			Area no lavada



# RESUMEN DE RESULTADOS

1	Número de pozos		<u>1</u>
	a) Productores		<u>4</u>
	b) Inyectores		
2	Espesor, h, pie		<u>29</u>
3	Temperatura, °F		<u>200</u>
4	Factores de volumen del aceite		
	a) Presión inicial, $P_i$ , lb/pg <sup>2</sup>		<u>1 875</u>
	b) Presión en la inyección $P_i$ , lb/pg <sup>2</sup>		<u>985</u>
	c) Presión promedio, $\bar{P}$ , lb/pg <sup>2</sup>		<u>1 200</u>
	d) $B_{oi}$		<u>1. 221</u>
	e) $B_{of}$		<u>1. 136</u>
	f) $B_{of}$		<u>1. 154</u>
5	Porosidad, $\phi$		<u>0. 19</u>
6	Saturación de agua, $S_w$		<u>0. 24</u>
7	Área del arreglo, A, acre		<u>40</u>
8	Volumen del arreglo, V, acre-pie		
	(7) (2)		
	(40) x (29) =		<u>1 160</u>
9	Volumen poroso, PV, bl		
	(8) (5)		
	7 758 (1 160)(0.19) =		<u>1 709 863</u>
10	Saturación de aceite residual después del desplazamiento, $S_{or}$		<u>0. 20</u>
11	Saturación de gas residual después del desplazamiento en la zona no lavada, $S_{gr}$		<u>0. 05</u>
12	Relación gas-aceite a $\bar{P}$ , pie <sup>3</sup> /bl		<u>204</u>
13	Producción de aceite acumulada al inicio de la inyección (Incluyendo proyección de producción primaria, si la hubiera)		
	(a) STB		
	(13a) (8)		
	(b) $STB/AF = (145,000)/(1,160) =$		<u>145 000</u>
14	Volumen de aceite bl/acre-pie		<u>12.5</u>
	a) Inicial $\frac{7 758 \phi (1-S_w)}{B_{oi}} = \frac{7 758 (0.19) [1-(0.24)]}{(1.221)}$		<u>917.49</u>
	(14a) (13a) (13b)		
	b) Al inicio de la inyección (917.5) - (125) =		<u>792.49</u>
	c) Después de la inyección - área lavada		
	$\frac{7 758 \phi S_{or}}{B_{op}} = \frac{7 758 (0.19) (0.20)}{(1.154)}$		<u>255.46</u>
	(5) (10)		
	d) Después de la inyección - área no lavada		
	$\frac{7 758 \phi (1-S_w - S_{gr})}{B_{op}} = \frac{7 758 (0.19) [1-(0.24)-(0.05)]}{(1.154)}$		<u>906.89</u>
	(14a) (13a) (13b)		
15	Factor de recuperación al inicio de la inyección		
	(13 b) (14 a)		
	(125)/(917.5) =		<u>0. 136</u>
16	Saturaciones al inicio del desplazamiento.		
	a) Saturación de aceite al inicio de la inyección $S_{oi}$		
	$1 - R_f \frac{B_{of}}{B_{oi}} (1-S_w) = [1 - 0.136] \frac{(1.136)}{(1.221)} [1 - (0.24)] =$		<u>0. 611</u>
	(15) (4a)		
	b) Saturación de gas al inicio de la inyección $S_{gi}$		
	$1 - S_w - S_{or} = [1 - (0.24) - (0.611)] =$		<u>0. 149</u>
	(6) (16a)		

# RESUMEN DE RESULTADOS

17	Eficiencias estimadas	
	a) Areal, E <sub>a</sub>	<u>0.81</u>
	b) Vertical, E <sub>v</sub>	<u>0.75</u>
	c) Total, E, (0.81)(0.75) =	<u>0.608</u>
18	Volumen lavado en el arreglo, acre-pie (0.608)(1,160) =	<u>704.7</u>
19	Volumen no lavado, acre-pie (1,160) - (705.3) =	<u>455.3</u>
20	Volumen de aceite en el arreglo	
	a) al inicio de la inyección, b1 (1,160)(792.5) =	<u>919,288</u>
	b) al término del desplazamiento, b1	
	(704.7)(255.5) + (455.3)(906.9) =	<u>592,933</u>
21	Recuperación de aceite resultado de la inyección, b1	
	(919,300) - (592,572) =	<u>326,366</u>
22	Incremento de producción, b1	
	a) Producción primaria proyectada a la fecha del inicio de la inyección, b1	<u>5,000</u>
	b) Producción primaria proyectada del inicio de la inyección a la fecha del estudio	<u>0</u>
23	Reserva a la fecha del estudio.	
	(326,728) + (5,000) =	<u>331,355</u>
24	Volumen de Inyección, b1 (considerado Sgr en el área no lavada)	
	7,758(0.19) [(0.149)(705.3) + [(0.149) - (0.05)](454.7)] =	<u>221,628</u>
25	a) Gasto estabilizado de inyección, b1/día/pozo	<u>200</u>
	b) Número de pozos inyectoras	<u>4</u>
26	Gasto total de inyección, b1/día	
	(4) x (200) =	<u>800</u>
27	Tiempo de inyección, días	
	(221,258) / (800) =	<u>277</u>
29	Recuperación primaria estimada	
	a) b1	<u>210,000</u>
	b) b1/acre-pie (210,000)/(1,160) =	<u>181</u>
	c) factor de recuperación, (181)/(917.5) =	<u>0.197</u>
30	Recuperación total	
	a) b1 (210,000) + (145,000) =	<u>471,355</u>
	b) b1/acre-pie (471,355)/(1,160) =	<u>406.3</u>
	c) factor de recuperación (406.7)/(917.5) =	<u>0.443</u>
31	Recuperación secundaria estimada	
	(471,728) - (210,000) =	<u>261,355</u>
32	Relación de producción secundaria y primaria	
	(261,728) / (210,000) =	<u>1.245</u>

## CONCLUSIONES

El desarrollo del presente trabajo fué motivado principalmente por las siguientes razones:

- Proporcionar al alumno y al profesionista que no dispone de una microcomputadora de un medio practico de evaluación de los yacimientos sujetos a inyección de agua.
- Permitir a cualquier alumno interesado en el tema contar con una fuente de consulta en español para reafirmar sus conocimientos de ingeniería de yacimientos, principalmente en el área de recuperación secundaria.
- Mejorar la versión anterior de estos programas, los cuales fueron elaborados por Forrest A. Garb en 1982.

Con estos tres motivos en mente, se desarrolló el presente trabajo, el cual representa un esfuerzo grande para tratar de modificar y mejorar lo que de este tema se trata en el manual de Garb.

Con el desarrollo de las computadoras se vinieron a simplificar todos los cálculos rutinarios que se efectuaban a mano, lo que realmente fué un avance significativo, ya que se han podido atacar problemas complejos, que de otra manera no se hubieran podido resolver.

Con la llegada de los modelos de simulación, que utilizan en forma exhaustiva la computadora y gracias al desarrollo reciente de los métodos numéricos ha sido posible predecir el comportamiento de yacimientos sujetos a procesos de recuperación mejorada muy elaborados, los cuales

hace algunos años ni siquiera se hubiera pensado en tratar de estudiar. Hay que tomar en cuenta que un programa por más que sus bases matemáticas estén bien fundamentadas, nunca podrá remplazar a un buen estudio geológico del yacimiento, ni podrá determinar por sí solo las propiedades petrofísicas de la roca, ni las características de los fluidos. En otras palabras, los resultados que proporcione serán tan buenos como los datos que se le suministren.

De ninguna manera se pretende que éste sea un trabajo concluido, con el tiempo surgirán adelantos que posiblemente permitan que este paquete de programas se encuentre integrado en un solo módulo de memoria, lo que evitaría el tener que almacenar a través de tarjetas magnéticas - u otro medio.

Debido a la particularidad de los programas, en el sentido de utilizar únicamente accesorios compatibles de la marca Hewlett-Packard, como es el caso del impresor, quizá el siguiente paso será adaptar este grupo de programas a una microcomputadora personal, en un lenguaje simple y accesible como BASIC, complementando estos, con rutinas de graficación y de presentación de resultados.



## REFERENCIAS

Forrest A. Garb: "Water-flood Manual for Hewlett-Packard Calculators"  
Gulf.Pub Co. 1982

Forrest Graig Jr: "Aspectos de Ingeniería de la Inyección de Agua"  
Volumen 3 Society of Petroleum Engineers of AIME 1982

Domínguez G.V: "Notas del curso de Simulación Numérica de Yacimientos"  
Facultad de Ingeniería UNAM 1984

Cinco Ley H: "Notas del curso de Análisis de Pruebas de Presión"  
DEPFI UNAM 1987

Garaycochea F.P: "Comportamiento Primario de Yacimientos"  
Facultad de Ingeniería UNAM

Menendez Abreu J, Muñoz Aguilar F: "Recuperación Secundaria"  
Facultad de Ingeniería UNAM

## NOMENCLATURA

a	distancia entre pozos productores
A	área
Bo	factor de volumen del aceite
Bob	factor de volumen del aceite a condiciones de saturación
c.s	condiciones estándar
d	distancia entre pozos productores
fw	fracción fluuyente de agua desplazante
h	espesor
i	gasto de inyección
K	permeabilidad absoluta
Ko	permeabilidad efectiva al aceite
Kw	permeabilidad efectiva al agua
Kro	permeabilidad relativa al aceite
Krw	permeabilidad relativa al agua
m'	pendiente de recta
P	presión
P(1hr)	presión correspondiente a t=1 hora
Pe	presión estática
Pwf	presión de fondo fluviendo
Q	gasto
Qi	gasto de inyección
q	gasto
r	radio
re	radio de drene
rw	radio del pozo
R	relación de producción entre pozos
RAA	relación agua aceite
Rs	relación de solubilidad del gas en el aceite
s	factor de daño
Sw	saturación de agua
SWC	saturación de agua congénita
So	saturación de aceite
Sg	saturación de gas
Sor	saturación de aceite residual
t	tiempo
T	temperatura
V	factor de variación de permeabilidad
Z	factor de desviación de los gases reales
$\sigma$	porosidad
$\mu_g$	viscosidad del gas
$\mu_o$	viscosidad del aceite
$\mu_{ob}$	viscosidad del aceite a condiciones de saturación

APPENDICE

# LISTADO DEL PROGRAMA I

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
01	LBL	PRG1	01		
02	CF	10	02		
03	PRG1		03		
04	PRG1		04		
05	PRG1		05		
06	STO	01	06	ENTER	
07	PRG1		07	RCL	03
08	ARGUMENTO		08	4.52	
09	ARCL	01	09	YX	
10	PRG1		10		
11	DEN	REL	11	0.32	
12	PROMPT		12		
13	STO	02	13	STO	10
14	DENSIDA	REL	14	0.68	
15	PRG1		15	ENTER	
16	ARGUMENTO		16	RCL	05
17	ARCL	02	17	200	
18	PRG1		18		
19	ARGUMENTO		19		
20	PRG1		20	RCL	12
21	PRG1		21	YX	
22	DENSIDA		22	RCL	10
23	PRG1		23		
24	ARGUMENTO		24	STO	10
25	ARCL		25	RCL	01
26	PRG1		26	RCL	02
27	131.5		27		
28			28	.82	
29	YX		29	YX	
30	131.5		30	RCL	05
31	10		31	5.1 E-04	
32			32		
33			33	RCL	07
34	STO	04	34	1.120	
35	TEMPERATURA		35		
36	PROMPT		36		
37	STO	05	37		
38	TEMPERATURA		38	STO	06
39	ARCL	05	39		
40	PRG1		40	1.4	
41	RCL	03	41		
42	ENTER		42	18.2	
43	RCL	01	43		
44	STO	11	44		
45	RCL		45		
46	STO	13	46	PRG1	
47	8.33		47	ARCL	
48	XCV		48	0.0	
49			49		

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
99	AB		147	AB	
100	*LEL E		148	AB	
101	*PCLB>PG10>=		149	AB	
102	PPA		150	AB	
103	STG 1.5		151	AB	
104	10.2		152	*LEL E	
105	*		153	STG 11	
106	1.4		154	2.74 E-03	
107	*		155	*	
108	PCL BE		156	101X	
109	/		157	.062	
110	1.2010		158	X.0Y	
111	YTX		159	/	
112	PCL BE		160	.25	
113	*		161	PCL 11	
114	STG 01		162	1.1 E-03	
115	FIX 1		163	*	
116	*PROPIEDADES EN		164	101X	
117	PPA		165	*	
118	*PCLB>PG10>=		166	*	
119	AKCL 15		167	.60	
120	PPA		168	PCL 11	
121	NEG E		169	8.01 E-03	
122	*RSCPIE13>EL=		170	*	
123	APCL 01		171	101X	
124	PRÁ		172	*	
125	PCL 01		173	*	
126	GTQ E		174	STG 14	
127	PTK		175	PCL 11	
128	*LEL E		176	2.1 E-07	
129	PCL 02		177	*	
130	PCL 04		178	2.4 E-04	
131	/		179	-	
132	SORT		180	PCL 11	
133	PCL 01		181	*	
134	*		182	101X	
135	PCL 05		183	ENTER+	
136	1.25		184	PCL 10	
137	*		185	PCL 14	
138	*		186	YTX	
139	1.2		187	*	
140	YTX		188	*VISCOSIDAD*	
141	12 E-05		189	PPA	
142	*		190	*DEL ACEITE/CP=	
143	.9799		191	APCL 1	
144	*		192	PPA	
145	FIX		193	AB	
146	*PROTOP DE*		194	GTQ 0	
			195	.ENB.	



# LISTADO DEL PROGRAMA

Pagina de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
97	STO 22		149	ARCL 29	
98	RCL IND 20		148	FIX 4	
99	RCL 21		147	ARCL 4	
100	-		146	PRG	
101	LOG		145	AGV	
102	RCL 24		150	+	
103	+		151	RCL 20	
104	RCL 22		152	+	
105	+		157	STO 20	
106	STO 22		154	GTO 02	
107	PRG		155	*LEL 04	
108	00		156	RCL 20	
109	-		157	INT	
110	RCL 23		158	00	
111	X=Y?		159	+	
112	GTO 05		160	STO 24	
113	*LBL 00		161	RCL IND 20	
114	1		162	LOG	
115	+		163	RCL 00	
116	STO 23		164	+	
117	GTO 02		165	STO 22	
118	*LBL 05		166	CF 01	
119	1		167	PRG 02	
120	ST+ 27		168	GTO 06	
121	+		169	GTO 07	
122	ENTER		170	*LEL 06	
123	CLR		171	CF 02	
124	FIX 0		172	0	
125	ARCL X		173	GTO 05	
126	ASTO 42		174	*LEL 07	
127	==		175	RCL 23	
128	ASTO 29		176	1	
129	-Y		177	+	
130	ARCL X		178	STO 23	
131	ARCL 29		179	GTO 03	
132	FIX 4		180	*LEL C	
133	ARCL IND 27		181	"M=?"	
134	PRG		182	PRGMPT	
135	RCL 20		183	STO 01	
136	INT		184	"BO=?"	
137	STO 25		185	PRGMPT	
138	RCL IND 25		186	STO 02	
139	RCL 22		187	"VIS ACEITE(OP)?"	
140	NOY		188	PRGMPT	
141	+		189	STO 02	
142	FIX 0		190	"ESFESOR(PIE)?"	
143	X?		191	PRGMPT	
144	ARCL 42		192	STO 04	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
193	162.6		241	P. 08	
194	P. 02		242	PROMPT	
195	/		243	*	
196	RCL 01		244	*	
197	*		245	1.00	
198	RCL 01		246	-	
199	/		247	5.1277	
200	RCL 04		248	*	
201	/		249	1.517	
202	FIN		250	*	
203	*KMG/		251	7.57	
204	ARCL X		252	ARCL X	
205	PR		253	PPR	
206	STG 20		254	STOF	
207	STOF		255	LBL E	
208	LBL 11		256	XER 11	
209	*KMG/ LBL 11-12		257	RCL 00	
210	PROMPT		258	RCL 02	
211	STG 01		259	*	
212	*KMG/ P12 12		260	RCL 03	
213	PROMPT		261	*	
214	STG 05		262	RCL 05	
215	RTN		263	RCL 08	
216	LBL 5		264	/	
217	PR		265	LN	
218	PPR		266	*	
219	STG 05		267	RCL 04	
220	*POSICION (PR)		268	/	
221	PROMPT		269	00760	
222	STG 05		270	/	
223	*CF(LB/RG12) 1-12		271	*KMG/	
224	PROMPT		272	ARCL X	
225	STG 01		273	PR	
226	*RN (RG) 00		274	ENE.	
227	PROMPT				
228	12				
229	/				
230	STG 06				
231	RCL 05				
232	RCL 01				
233	/				
234	RCL 28				
235	RCL 06				
236	/				
237	RCL 03				
238	/				
239	RCL 07				
240	/				



# LISTADO DEL PROGRAMA 3

Pagina de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
01	LBL "RH"		49	STO 1ND 25	
02	CLAC		50	PIA	
03	0		51	STO 1ND 26	
04	STO 00		52	:	
05	GTO 10		53	ST+ 25	
06	LBL "OC"		54	ST+ 26	
07	"TF(HK)=?"		55	RCL 25	
08	PROMPT		56	0	
09	STO 30		57	X<Y	
10	FIX 1		58	GTO 01	
11	LBL 18		59	LBL 0	
12	"aT(HK)=?"		60	0	
13	PROMPT		61	FIX 4	
14	RCL 30		62	STOP	
15	X<Y		63	LBL "CO"	
16	/		64	RCL 25	
17	1		65	1	
18	+		66	STO 22	
19	"X=TF/aT +1"		67	-	
20	ARCL X		68	STO 20	
21	PRA		69	0	
22	GTO 18		70	STO 01	
23	LBL 10		71	STO 0-	
24	CF 12		72	LBL 09	
25	1		73	"X="	
26	STO 25		74	FIX 4	
27	10		75	ARCL X	
28	+		76	PRA	
29	STO 26		77	LBL 04	
30	LBL 01		78	"ST=?"	
31	RCL 00		79	PROMPT	
32	1		80	STO 21	
33	X=Y?		81	LBL 02	
34	GTO 11		82	RCL 20	
35	"TK(H)?,Q<BL/D:?"		83	STO 25	
36	FIX 0		84	10	
37	ARCL 25		85	4	
38	PROMPT		86	STO 26	
39	GTO 12		87	RCL 1ND 26	
40	LBL 11		88	STO 18	
41	"=?"		89	STO 15	
42	ASTO 27		90	RCL 27	
43	"TK(H),B<MP+3/D>"		91	GTO 25	
44	ARCL 27		92	10	
45	FIX 0		93	1	
46	ARCL 25		94	STO 26	
47	PROMPT		95	RCL 1ND 26	
48	LBL 12		96	ST-	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
97	RCL 21		145	*LBL "PI2"	
98	ST+ 18		146	FIX	
99	ST+ 15		147	*LBL 05	
100	RCL 22		148	"PMS/LB/PG12)=?"	
101	STO 25		149	PROMPT	
102	10		150	ENTER	
103	+		151	*	
104	STO 26		152	1 E-6	
105	RCL IND 26		153	*	
106	ST- 19		154	"PMS/19/2)"	
107	PCL 15		155	ARCL X	
108	RCL 19		156	PR	
109	/		157	ADV	
110	LOG		158	GTO 05	
111	STO 18		159	*LBL "KA"	
112	RCL 20		160	0	
113	STO 25		161	STO 00	
114	RCL IND 25		162	"00(LB/d)=?"	
115	STO 09		163	PROMPT	
116	RCL 22		164	STO 01	
117	STO 25		165	"FA="?	
118	RCL IND 25		166	PROMPT	
119	RCL 09		167	STO 00	
120	/		168	"VIS RC(CP)"	
121	RCL 18		169	PROMPT	
122	*		170	STO 03	
123	RCL 24		171	"HCPIES)"	
124	+		172	PROMPT	
125	STO 24		173	STO 04	
126	RCL 22		174	"CICLO"	
127	STO 23		175	ASTO 27	
128	1		176	"M=?(LB/PG12)"	
129	+		177	ARCL 27	
130	STO 22		178	PROMPT	
131	RCL 20		179	* 05	
132	X<Y		180	0	
133	X<=Y?		181	"KC	
134	GTO 02		182		
135	RCL 24		183		
136	STO 09		184		
137	0		185	PROMPT	
138	STO 24		186	STO 01	
139	1		187	"?"	
140	STO 22		188	PROMPT	
141	0		189		
142	STO 23		190	"NS/12)"	
143	RCL 09		191	PROMPT	
144	GTO 09		192	STO 00	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
193	"T(F)=?"		241	/	
194	PROMPT		242	STO 01	
195	STO 22		243	FIX 2	
196	"K(P)ES"		244	"K(CMa)"	
197	PROMPT		245	APCL X	
198	STO 04		246	PRA	
199	"CICLO"		247	STOP	
200	ASTO 27		248	*LBL 13	
201	"M=? (Lb/PG12)+2/"		249	"P (1 JR )=?"	
202	ARCL 27		250	PROMPT	
203	PROMPT		251	STO 07	
204	STO 05		252	"R(K(PG)=?"	
205	*LBL 0		253	PROMPT	
206	RCL 00		254	12	
207	X=0?		255	/	
208	GTO 03		256	STO 20	
209	1639.7		257	"CT(Lb/PG12)+1-1?"	
210	RCL 01		258	PROMPT	
211	*		259	STO 09	
212	RCL 03		260	"0 (FRC)?"	
213	*		261	P	
214	RCL 22		262	STO 06	
215	468		263	"P(R(Lb/PG12)=?"	
216	+		264	PROMPT	
217	*		265	STO 06	
218	RCL 02		266	RTH	
219	*		267	*LBL "SA"	
220	RCL 04		268	0	
221	/		269	STO 00	
222	RCL 05		270	XEQ 13	
223	/		271	GTO 06	
224	STO 24		272	*LBL "SG"	
225	FIX 2		273	1	
226	"K(C(Md))="		274	STO 00	
227	ARCL X		275	XEQ 13	
228	PRA		276	FIX 3	
229	STOP		277	RCL 07	
230	*LBL 03		278	ENTER↑	
231	162.6		279	*	
232	RCL 01		280	RCL 06	
233	*		281	ENTER↑	
234	RCL 02		282	*	
235	*		283	-	
236	RCL 03		284	GTO 07	
237	*		285	*LBL 06	
238	RCL 04		286	RCL 07	
239	/		287	RCL 06	
240	RCL 05		288	-	

# LISTADO DEL PROGRAMA

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
289	*LBL 07		337	RCL 24	
290	RCL 05		338	/	
291	/		339	RCL 27	
292	RCL 24		340	*	
293	RCL 08		341	.87	
294	/		342	*	
295	RCL 03		343	*aP*	
296	/		344	ARCL X	
297	RCL 09		345	PRA	
298	/		346	STOP	
299	RCL 26		347	*LBL 14	
300	ENTER1		348	RCL 27	
301	*		349	.87	
302	/		350	*	
303	LOG		351	RCL 05	
304	-		352	*	
305	3.2275		353	FIX 3	
306	+		354	*aP*	
307	1.1513		355	ARCL X	
308	*		356	PRA	
309	FIX 3		357	END	
310	"S="				
311	ARCL X				
312	PRA				
313	STD 27				
314	RCL 06				
315	0				
316	X=Y?				
317	GT0 14				
318	RCL 02				
319	.028173				
320	*				
321	RCL 22				
322	460				
323	+				
324	*				
325	RCL 07				
326	/				
327	RCL 03				
328	*				
329	RCL 01				
330	.00561				
331	/				
332	*				
333	162.6				
334	*				
335	RCL 04				
336	/				

# LISTADO DEL PROGRAMA 4

Pagina de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
01	LBL	"INYECT"	49	LBL	04
02	CF	12	50	RCL	00
03	XEQ	10	51	RCL	00
04	STOP		52	*	
05	LBL	"LIN-DIR"	53	RCL	20
06	"a(PIES)=?"		54	*	
07	PROMPT		55	"a(PLb/PG12)=="	
08	STO	07	56	ARCL	X
09	SF	01	57	PRA	
10	XEQ	15	58	STOP	
11	XEQ	16	59	LBL	"SIETE"
12	RCL	04	60	CF	01
13	X=0?		61	XEQ	15
14	GTO	01	62	XEQ	17
15	RCL	20	63	RCL	04
16	*		64	X=0?	
17	RCL	21	65	GTO	08
18	/		66	RCL	20
19	"I(Bl/d)=="		67	*	
20	ARCL	X	68	RCL	22
21	PRA		69	/	
22	STOP		70	"I(Bl/d)=="	
23	LBL	01	71	ARCL	X
24	RCL	00	72	PRA	
25	RCL	21	73	STOP	
26	*		74	LBL	08
27	RCL	20	75	RCL	00
28	/		76	RCL	22
29	"a(PLb/PG12)=="		77	*	
30	ARCL	X	78	RCL	20
31	PRA		79	*	
32	STOP		80	"a(PLb/PG12)=="	
33	LBL	"CINCO"	81	ARCL	X
34	SF	01	82	PRA	
35	XEQ	15	83	STOP	
36	SF	01	84	LBL	"HUEVEC"
37	XEQ	17	85	"R(FRC)=?"	
38	RCL	04	86	PROMPT	
39	X=0?		87	STO	09
40	GTO	04	88	SF	01
41	RCL	20	89	XEQ	15
42	*		90	XEQ	18
43	RCL	22	91	RCL	09
44	/		92	I	
45	"I(Bl/d)=="		93	I	
46	ARCL	X	94	RCL	09
47	PRA		95	Z	
48	STOP		96	+	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
97	/		145	RCL 12	
98	RCL 05		146	RCL 11	
99	*		147	2	
100	RCL 23		148	+	
101	*		149	/	
102	STO 24		150	CHS	
103	RCL 04		151	RCL 24	
104	X=0?		152	+	
105	GTO 00		153	RCL 05	
106	RCL 00		154	*	
107	RCL 24		155	STO 24	
108	*		156	RCL 04	
109	RCL 20		157	X=0?	
110	/		158	GTO 09	
111	*aP(Lb/PG12)=-		159	RCL 20	
112	ARCL X		160	*	
113	PRA		161	RCL 24	
114	STOP		162	/	
115	*LBL 00		163	*L(L/d)=-	
116	RCL 20		164	ARCL X	
117	*		165	PFA	
118	RCL 24		166	STOP	
119	/		167	*L(L 09	
120	*I(01/d)=-		168	RCL 00	
121	ARCL		169	RCL 24	
122	PRA		170	*	
123	STOP		171	RCL 20	
124	*LBL "HUEVEL"		172	/	
125	*R(FRC)=-?		173	*aP(Lb/PG12)=-	
126	PROMPT		174	ARCL X	
127	STO 09		175	PRA	
128	SF 01		176	STOP	
129	XEQ 15		177	RTN	
130	2		178	*LBL 15	
131	*		179	*LBL a	
132	STO 20		180	RCL 01	
133	XEQ 18		181	RCL 02	
134	RCL 09		182	*	
135	STO 11		183	RCL 03	
136	3		184	*	
137	+		185	FS? 01	
138	RCL 11		186	GTO 05	
139	2		187	GTO 06	
140	+		188	*LBL 05	
141	/		189	PCL 18	
142	RCL 23		190	GTO 07	
143	*		191	*LBL 06	
144	STO 24		192	RCL 16	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
193	*LBL 07		241	LOG	
194	*		242	PCL 14	
195	STO 20		243	-	
196	CF 01		244	STO 10	
197	RTN		245	RTN	
198	*LBL 16		246	*LBL 10	
199	*LBL b		247	CLRG	
200	RCL 07		248	.001538	
201	RCL 06		249	STO 10	
202	/		250	.201	
203	LOG		251	STO 12	
204	RCL 08		252	.003676	
205	RCL 07		253	STO 13	
206	/		254	.1183	
207	RCL 19		255	STO 14	
208	*		256	.2472	
209	+		257	STO 15	
210	RCL 18		258	.002051	
211	-		259	STO 16	
212	RCL 05		260	.2688	
213	*		261	STO 17	
214	STO 21		262	.902	
215	RTN		263	STO 18	
216	*LBL 17		264	*R2	
217	*LBL *		265	STO 19	
218	RCL 08		266	*K ABS(Md)=?*	
219	RCL 06		267	PROMPT	
220	/		268	STO 01	
221	LOG		269	*K REL(FRC)=?*	
222	FS? 01		270	PROMPT	
223	GTO 02		271	STO 02	
224	RCL 15		272	*ESPESOR(PIES)=?*	
225	-		273	PROMPT	
226	GTO 03		274	STO 03	
227	*LBL 02		275	*I=?CaP*	
228	RCL 17		276	ASTO L	
229	-		277	*Lb/PG*	
230	*LBL 03		278	ASTO Z	
231	RCL 05		279	*I2 0 a*	
232	*		280	ASTO Y	
233	STO 22		281	*P=?<0)*	
234	CF 01		282	ASTO X	
235	RTN		283	ARCL L	
236	*LBL 18		284	ARCL Z	
237	*LBL 0		285	ARCL Y	
238	RCL 08		286	ARCL X	
239	RCL 06		287	PROMPT	
240	/		288	STO 04	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
289	X=0?				
290	GTO 12				
291	*I<BL				
292	PROMPT				
293					
294	*LBL 12				
295	*RW<PG>=?				
296	PROMPT				
297	12				
298	/				
299	STO 06				
300	*VIS ACENTE<OP>?				
301	PROMPT				
302	STO 05				
303	*d<PIES>=?				
304	PROMPT				
305	STO 06				
306	RTH				
307	*LBL "CAMBIO1"				
308	*I<BL/d>=?				
309	PROMPT				
310	STO 00				
311	0				
312	STO 04				
313	STOP				
314	*LBL "CAMBIO2"				
315	*aP<Lb/PGT2>=?				
316	PROMPT				
317	STO 04				
318	.END.				



# LISTADO DEL PROGRAMA 5

Pagina de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
01		"EFICI"	49	1	
02		LOG	50	+	
03		"MPOFF"="	51	LOG	
04		PROMPT	52	.7367	
05		STO 01	53	+	
06		"KRW(FRC)="	54	.515	
07		PROMPT	55	+	
08		STO 02	56	STO 00	
09		"VIS ACEITE(CP)=""	57	FIX 3	
10		PROMPT	58	"E(IRRUPCION)=""	
11		STO 03	59	ARCL X	
12		"VISC AGUA(CF)=""	60	PPA	
13		PROMPT	61	STOP	
14		STO 04	62	*LBL 01	
15		RCL 01	63	RCL 05	
16		RCL 02	64	.5	
17		/	65	-	
18		RCL 04	66	LOG	
19		*	67	.1179	
20		RCL 03	68	+	
21		/	69	.794	
22		STO 05	70	+	
23		FIX 3	71	STO 00	
24		"MOVILIDAD=""	72	"E(IRRUPCION)=""	
25		ARCL X	73	ARCL X	
26		PPA	74	PRA	
27		STOP	75	STOP	
28		RTH	76	*LBL "LINDIR"	
29		*LBL "EF-5"	77	RCL 05	
30		RCL 05	78	.3	
31		.4	79	+	
32		+	80	LOG	
33		LOG	81	.3959	
34		.3836	82	+	
35		*	83	.5472	
36		.626	84	+	
37		+	85	STO 00	
38		STO 00	86	"E(IRRUPCION)=""	
39		FIX 3	87	ARCL X	
40		"E(IRRUPCION)=""	88	PRA	
41		ARCL X	89	STOP	
42		PRA	90	*LBL "EPOST"	
43		STOP	91	"E(IRRUP)=""	
44		*LBL "LINALT"	92	PROMPT	
45		1	93	STO 06	
46		XX=Y?	94	RCL 00	
47		GTO 01	95	*	
48		RCL 05	96	FIX 3	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
97	"VPDRGSO HC INY="				
98	ARCL X				
99	PRR				
100	RCL 06				
101	LH				
102	.2777				
103	*				
104	RCL 00				
105	+				
106	1				
107	X<Y				
108	GTO 02				
109	X<Y				
110	LBL 02				
111	"OH)=-				
112	ASTO Y				
113	"EF<POST-IRRUFCL"				
114	ARCL Y				
115	FIX 3				
116	ARCL X				
117	PRR				
118	ADV				
119	GTO "EFPOST"				
126	.END.				

# LISTADO DEL PROGRAMA 6

Pagina de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
01	*LBL 06=01		48		
02	OP		49		
03	FI		50		
04	*SW1(FRC)=01		51		
05	PROMPT		52		
06	STO 00		53		
07	*KD/KW 1 =01		54		
08	PROMPT		55	ENTER	
09	STO 01		56	ROL 00	
10	*SW2(FRC)=01		57	ROL 00	
11	PROMPT		58	*	
12	STO 02		59		
13	*KD/KW 2=01		60	STO 01	
14	PROMPT		61	ADV	
15	STO 03		62	*01	
16	*VISC ACEIE/CP=01		63	ARCL X	
17	PROMPT		64	PRH	
18	ENTER		65	CHS	
19	*VISC AGUA/CP=01		66	ROL 00	
20	PROMPT		67	*	
21			68	ENT	
22			69		
23	STO 04		70		
24	*SW3(FRC)=01		71		
25			72	STO 01	
26	STO 05		73	*01	
27	*SW4(FRC)=01		74	ARCL X	
28	PROMPT		75	PF2	
29	STO 25		76	ROL 00	
30	*K(PIE)?		77	.05	
31	PROMPT		78	STO 00	
32	ENTER		79	*LBL 02	
33	*RNC0(PIES)=01		80	X=Y?	
34	PROMPT		81	GT0 00	
35	*		82	GT0 00	
36	STO 07		83	*LBL 03	
37	*GASTO INV 01=01		84	ROL 00	
38	PROMPT		85	*	
39	STO 08		86	GT0 02	
40	*B(FRC)?		87	*LBL 04	
41	PROMPT		88	GT0 00	
42	STO 06		89	ADV	
43	*T1(d)?		90	FI=C	
44	PROMPT		91	*SW=	
45	STO 11		92	ARCL X	
46	*T2(d)?		93	PRH	
47	PROMPT		94	AE0 10	
48	STO 10		95	AE0 10	
49	*T3(d)?		96	FS0 01	
			97	GT0 05	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
98	XEQ 17				
99	*LBL 17				
100	RCL 17				
101	.05		148	5.710	
102	+		150	*	
103	1		151	RCL 08	
104	ENTER		152	*	
105	RCL 25		153	PCL 06	
106	-		154	/	
107	XEQ		155	RCL 07	
108	GTO 04		156	/	
109	GTO 07		157	STO 23	
110	*LBL 06		158	RCL 11	
111	XOY		159	*	
112	GTO 04		160	*X EN TI(PIE)=""	
113	*LBL 07		161	ARCL X	
114	RTH		162	PPA	
115	*LBL 15		163	RCL 23	
116	RCL 09		164	RCL 12	
117	RCL 21		165	*	
118	CHS		166	*X EN TI(PIE)=""	
119	*		167	*	
120	F		168	FA-	
121	F		169	FA-	
122	*		170	RCL 12	
123	STO 22		171	*	
124	*KN/KO=""		172	*X EN TI(PIE)=""	
125	ARCL X		173	ARCL X	
126	XEQ 19		174	PPA	
127	RTH		175	RTH	
128	*LBL 16		176	*LBL 16	
129	RCL 04		177	XEQ 15	
130	PCL 22		178	RCL 04	
131	*		179	*	
132	STO 23		180	1	
133	RCL 21		181	+	
134	*		182	1/Y	
135	ENTER		183	FIX 3	
136	PCL 23		184	*FN=""	
137	1		185	ARCL X	
138	+		186	XEQ 15	
139	X12		187	RTH	
140	/		188	*LBL 19	
141	STO 24		189	FS? ER	
142	*DERIVADA DE FN=""		190	FS?	
143	RCL 1		191	FS?	
144	XEQ 14		192	FS?	
145	RTH		193	CF 02	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
193	ST		241	ST	
194	ST		242	ST	
195	ST		243	ST	
196	ST		244	ST	
197	ST		245	ST	
198	SM	*SESTINADO*?	246	FIN	3
199	PROMPT		247	SF	00
200	STO	00	248	LBL	21
201	LBL	00	249	CA	*STO*?
202	XFD	18	250	PROMPT	
203	RCL	00	251	ST	00
204	PSE		252	ADV	
205	RCL	00	253	SM	*
206	-		254	ARCL	X
207	/		255	PRR	
208	STO	00	256	YER	d
209	XED	16	257	STG	00
210	RCL	00	258	YER	b
211	-		259	1/X	
212	FSE		260	YOL	PURORO INY *
213	X00?		261	PRR	
214	GTO	00	262	PRR	*PRR
215	RCL	01	263	ARCL	X
216	ST	00	264	ST	
217	ST	00	265	ST	
218	ST	00	266	RCL	24
219	FST	02	267	ST	
220	GTO	00	268	RCL	24
221	SF	00	269	/	
222	RCL	01	270	RCL	00
223	.		271	*	
224	*		272	SM	*PROHEDIO*
225	ST	00	273	PRR	
226	.		274	*ATRAE DEL*	
227	ST	01	275	PRR	
228	GTO	00	276	*FRENTE*	
229	LBL	00	277	ARCL	X
230	SF	00	278	PRR	
231	RCL	01	279	GTO	21
232	ST	00	280	ST	
233	RCL	00	281	LBL	a
234	ADV		282	RCL	00
235	SM	*INTERRUPCION*?	283	RCL	21
236	ARCL	X	284	ST	
237	PRR		285	ST	
238	YER		286	ST	
239	ST		287	ST	
240	ST		288	ST	
			289	STG	21

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
290	*MOVW=				
291	OP1				
292					
293					
294	LBL 6				
295	RCL 04				
296	RCL 22				
297	*				
298	STG 23				
299	RCL 21				
300	*				
301	ENTER†				
302	RCL 23				
303	1				
304	+				
305	X†2				
306	/				
307	STD 24				
308	*aFW/aSW=				
309	ARCL X				
310	XEO e				
311	RTN				
312	LBL				
313	RTN				
314	RCL				
315	*				
316	1				
317	+				
318	1/X				
319	FIX 3				
320	*FW=				
321	ARCL X				
322	XEO e				
323	RTN				
324	LBL e				
325	FS? 00				
326	PRA				
327	RTN				
328	.END.				

# LISTADO DEL PROGRAMA 7

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
01	REL		45		
02			46		
03			47		
04			48		
05			49		
06			50		
07			51		
08			52		
09			53		
10	KEY		54	OPAC	
11	OTO		55	APCL	
12	ACV		56	FFD	
13	I		57		
14			58		
15	FIX		59		
16			60		
17	APCL		61	ROL	
18	PROH		62		
19	FIX		63	STG	
20	DAE		64	LEV	
21	OTO		65	DSE	
22	FL		66	OTO	
23			67	OTO	
24			68	DA	
25	ENTE		69	ROL	
26	ES		70	ROL	
27			71		
28			72		
29	STG		73		
30	EDV		74	ROL	
31	ACV		75		
32			76	ADV	
33	CHST		77		
34	ACV		78	FIX	
35	ROL		79	APCL	
36			80	FFD	
37	STG		81	FIN	
38	EDV		82	ADV	
39	STG		83	ROL	
40	ROL		84	INT	
41			85	ROL	
42	STG		86		
43	I		87	ENTER	
44	STG		88	ENTER	
45	APCL		89	ROL	
46			90		
47			91	OTO	
48	REL		92	BLANK	
49			93	FFD	
50			94	ENTER	
51			95	ADV	
52			96		

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO    T E C L A                    OBSERVACIONES                    PASO    T E C L A                    OBSERVACIONES

97 I ES  
 98 +  
 99 INT  
 100 RCL IND 25  
 101 FFC  
 102 +  
 103 RCL IND 25  
 104 INT  
 105 XCOPY  
 106 STO IND 25  
 107 PRA  
 108 RCL IND 25  
 109 FFC  
 110 I ES  
 111 +  
 112 +  
 113 RCL 22  
 114 +  
 115 ENTER1  
 116 ENTER1  
 117 RCL 24  
 118 +  
 119 STO 24  
 120 \*KH=C (ADON)  
 121 PRA  
 122 \*FFL=+  
 123 ARCL X  
 124 PRA  
 125 10  
 126 /  
 127 RCL IND 25  
 128 INT  
 129 +  
 130 STO IND 25  
 131 RDA  
 132 XCOPY  
 133 /  
 134 \*aC/ah =  
 135 ARCL X  
 136 PRA  
 137 ENTER1  
 138 ENTER1  
 139 RCL IND 25  
 140 INT  
 141 I ES-  
 142 +  
 143 +  
 144 RCL IND 25

145 FFC  
 146 +  
 147 +  
 148 +  
 149 +  
 150 +  
 151 +  
 152 XCOPY  
 153 +  
 154 \*FEC (FRC)\*  
 155 RCL X  
 156 PFC  
 157 I ES  
 158 +  
 159 INT  
 160 RCL IND 25  
 161 FFC  
 162 +  
 163 STO IND 25  
 164 GT 00  
 165 \*LBL 05  
 166 RCL  
 167 \*LBL 05  
 168 +  
 169 STO 24  
 170 \*FEL (FRC)\*  
 171 PROMPT  
 172 STO 25  
 173 \*60 FINGL\*  
 174 PROMPT  
 175 STO 25  
 176 +  
 177 STO 25  
 178 ADV  
 179 21  
 180 STO 25  
 181 \*LBL 07  
 182 DSE 25  
 183 GT 00  
 184 GT 05  
 185 \*LBL 08  
 186 RCL 00  
 187 RCL 25  
 188 XCOPY  
 189 GT 05  
 190 RCL IND 25  
 191 FFC  
 192 10



# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
193 *			241 STO 21		
194 STO 22			242 STO 22		
195 RCL 11			243 STO 23		
196 *			244		
197 ENTER			245		
198 ENTER			246		
199 1			247 STO 24		
200 RCL 22			248 0		
201 -			249 STO 25		
202 +			250		
203 /			251		
204 STO 26			252 STO 26		
205 RCL 25			253 RCL 27		
206 CWS			254 STO 27		
207 21			255 21		
208 +			256 STO 28		
209 RCV			257 LBL 11		
210 FIX 8			258 RCV		
211 * *			259 DSE 25		
212 ANTI			260 STO 28		
213 PFM			261 STO 29		
214			262		
215			263		
216 APCL 24			264		
217 PFM			265 21		
218 RCL 23			266 +		
219 RCL 22			267 FIX 8		
220 *			268 * *		
221 ENTER			269 APCL X		
222 ENTER			270 PFM		
223 1			271 RCV		
224 RCL 22			272 RCL 28		
225 -			273 RCL 25		
226 +			274 X<Y		
227 /			275 STO 28		
228 RCL 24			276 RCL IND 25		
229 X<Y			277 INT		
230 STO 24			278 1 ES		
231 X<Y			279 /		
232 10			280 RCL 21		
233 /			281 *		
234 RCL IND 25			282 *MP RCL 21		
235 INT			283 APCL X		
236 +			284 RCV		
237 INT IND 25			285 RCL 24		
238 STO 27			286		
239 RCV			287 STO 24		
240 LBL 11			288		

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
289	-		337	ARCL 7	
290	*ANP		338	PS	
291	ARCL 7				
292	PPA				
293	RCL IND 23				
294	XOY				
295	STO IND 25				
296	XOY				
297	PPA				
298	PS				
299	*				
300	ENTER				
301	ENTER				
302	FIX 4				
303	*FW YAD				
304	ARCL 7				
305	PPA				
306	1				
307	XOY				
308	-				
309	RCL 23				
310	*				
311	RCL 23				
312	/				
313	FIX 1				
314	*OO MEDIO				
315	ARCL X				
316	PPA				
317	RCL IND 25				
318	XOY				
319	/				
320	FIX 0				
321	*ANP				
322	ARCL 7				
323	PPA				
324	FS? 01				
325	GTO a				
326	GTO b				
327	*LBL a				
328	STO 20				
329	CF 01				
330	GTO c				
331	*LBL a				
332	RCL 23				
333	*				
334	GTO b				
335	*LBL a				
336	*ET (M)				



# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
97	FRC		145	*	
98	.		146	.	
99	.		147	.	
100	.		148	.	
101	GTO 05		149	RCL 22	
102	RCL IND 25		150	INT	
103	INT		151	-	
104	STO 21		152	ST+ 00	
105	RCL 22		153	CHS	
106	STO 25		154	RCL 22	
107	RCL 21		155	FRC	
108	RCL IND 25		156	I E2	
109	INT		157	*	
110	/		158	*	
111	I		159	RCL 21	
112	RCL 24		160	SQRT	
113	FRC		161	STO 21	
114	I ES		162	*	
115	*		163	RCL 21	
116	ENTER†		164	.	
117	*		165	.	
118	.		166	.	
119	-		167	.	
120	*		168	.	
121	RCL 21		169	RCL 22	
122	*		170	FRC	
123	SQRT		171	I E2	
124	ST+ 00		172	*	
125	RCL 24		173	/	
126	STO 25		174	STO 21	
127	X<>Y		175	I	
128	RCL IND 25		176	ST+ 27	
129	INT		177	FIX 0	
130	X<>Y		178	"C"	
131	/		179	ARCL 27	
132	RCL 23		180	PRA	
133	+		181	FIX 4	
134	STO 23		182	"<FRC>="	
135	GTO 04		183	ARCL 21	
136	LBL 05		184	PRA	
137	RCL 06		185	RCL 22	
138	I		186	STO 25	
139	ENTER†		187	RCL IND 25	
140	RCL 21		188	FRC	
141	SQRT		189	I E2	
142	.		190	*	
143	-		191	.	
144	/		192	X<0?	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
193	7		34	STO IND 25	
194	1 E		35		
195					
196			37		
197			38	"EAAA"	
198	*		39	ARCL X	
199	INT		40	PFR	
200	+		41	RCL 23	
201	STO IND 25		42	STO 22	
202	STO 03		43	STO 05	
203	*LBL 06		44	1	
204	ADV		45	-	
205	0		46	X=0?	
206	RTR		47	STO 06	
207	.END.		48	STO 25	
			49	RCL IND 25	
01	*LBL "DP2"		50	X=0?	
02	FIX 2		51	STO 00	
03	RCL 21		52	STO 07	
04	FFC		53	"E. E2"	
05	1 E2		54		
06	*		55		
07	STO 01		56		
08			57		
09	STO 02		58	STO 30	
10	0		59	ADV	
11	STO 22		60	RCL 21	
12	"BO FINAL=?"		61	1 E3	
13	PROMPT		62	*	
14	STO 21		63	STO 21	
15	STO 27		64	"<BL)=?"	
16	ADV		65	ASTO 28	
17	*LBL 07		66	"ACCITE HOWIL"	
18	1		67	ARCL 20	
19	ST+ 30		68	PROMPT	
20	FIX 0		69	1 E03	
21	"M="		70	*	
22	ARCL 30		71	RCL 00	
23	PRA		72	1 E-02	
24	FIX 4		73	*	
25	RCL IND 25		74		
26	FRC		75		
27	RCL 21		76		
28	*		77		
29	STO 23		78		
30	RCL 21		79		
31	INT		80		
32	RCL 21		81	STO 25	
33	+		82	0	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
83	STO 22		132	STO 22	
84	*		133	*	
85	*		134	*	
86	*		135	APCL X	
87	FIN		137	PPR	
88	ADV		138	STO IND 25	
89	RCL IND 25		139	I E-7	
90	X=0?		140	*	
91	RTH		141	RCL 25	
92	INT		142	INT	
93	I E-4		143	*	
94	*		144	STO 25	
95	RCL 24		145	RTH	
96	INT		146	I E-9	
97	I E-3		147	*	
98	*		148	RCL 22	
99	*		149	INT	
100	STO 06		150	*	
101	FIN		151	STO 22	
102	*M		152	*	
103	APCL 50		153	*	
104	PPR		154	*	
105	ADV		155	*	
106	FIN		156	*	
107	*M		157	*	
108	ADV		158	RCL IND 25	
109	PPR		159	*	
110	RCL 00		160	*ZVOL INY**	
111	RCL 22		161	APCL X	
112	*		162	PPR	
113	*		163	RCL 25	
114	APCL		164	INT	
115	*		165	I E3	
116	*		166	*	
117	STO 22		167	*	
118	RTH		168	FIX 1	
119	STO 00		169	*T*	
120	RCL IND 25		170	APCL X	
121	FRC		171	PPR	
122	I E4		172	STO IND 25	
123	*		173	RCL 24	
124	*		174	FRC	
125	*aNF*		175	I E5	
126	APCL X		176	*	
127	PPR		177	*	
128	ADV		178	*	
129	STO 22		179	*	
130	RCL 22		180	PPR	
131	FRC				

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
181	ENTER↑				
182	ENTER↑				
183	ENTER↑				
184	ENTER↑				
185	/				
186	FIX 3				
187	*00=				
188	ARCL X				
189	PRA				
190	STO 00				
191	RDN				
192	RCL IND 25				
193	I E-5				
194	*				
195	RCL 21				
196	INT				
197	+				
198	STO 21				
199	RDN				
200	RCL 23				
201	FRC				
202	I E06				
203	*				
204	*				
205	*				
206	*				
207	ARCL X				
208	PRA				
209	STO IND 25				
210	ENTER↑				
211	ENTER↑				
212	RCL 00				
213	+				
214	*DT<N BL/d>=				
215	ARCL X				
216	PRA				
217	/				
218	FIX 4				
219	*FN=				
220	ARCL X				
221	PRA				
222	7DSZ				
223	GTO 11				
224	RTH				
225	.END.				

# LISTADO DEL PROGRAMA 9

Pagina de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
01	*		41		
02			42		
03			43		
04			44		
05			45		
06			46		
07			47		
08			48		
09			49		
10			50	HELO 26	
11			51		
12			52		
13			53		
14			54		
15			55	APOL 24	
16			56	APOL 36	
17			57	PT 1	
18			58	APOL IND 25	
19			59		
20			60	IME 25	
21			61	STO W1	
22			62	PTH	
23			63	*PL 15	
24			64	POL 23	
25			65	1	
26			66	*	
27			67	STO 22	
28			68	STO 25	
29			69		
30			70		
31			71		
32			72	POL 21	
33			73		
34			74		
35			75	STO 21	
36			76	STO 25	
37			77	RUN	
38			78	STO IND 25	
39			79	PTH	
40			80	END	
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					



# LISTADO DEL PROGRAMA IO

Pagina de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
01	*	LEL *PROVOL	49	PR	
02	*	ESPEDE/ACRE/PIE/	50	PI	
03	PR		51	PR/PR/PI/	
04	STO 00		52	PR	
05	*BO INICIAL=0		53	STO 04	
06	PROMPT		54	*SCK(FRC)=0	
07	STO 01		55	PROMPT	
08	*BO FINAL=0		56	FIX 1	
09	PROMPT		57	STO 07	
10	STO 02		58	*HP INICIAL=0	
11	*BO EN F MEDIDA=0		59	PROMPT	
12	PROMPT		60	STO 20	
13	STO 03		61	RCL 00	
14	*PROSIDAR(FRC)=0		62	/	
15	PROMPT		63	*HP/VOLUMEN ACRA	
16	STO 05		64	PR	
17	!		65	*BL/ACRE-PIE=	
18	*SCK(FRC)=0		66	ARCL X	
19	PROMPT		67	PR	
20	-		68	STO 21	
21	STO 06		69	RCL 09	
22	*ACRE=		70	RCL 05	
23	ASTO 19		71	*	
24	*AREA DEL PATRON		72	RCL 06	
25	ARCL 10		73	*	
26	PROMPT		74	RCL 01	
27	RCL 00		75	/	
28	*		76	*KBL/ACRE-PIE=	
29	FIX 0		77	ARCL X	
30	*VOLUMEN IT		78	PR	
31	PR		79	STO 02	
32	*ROCA DEL PATRON		80	RCL 21	
33	PR		81	-	
34	*ACRE-PIE=		82	*VOL ACEITE AL	
35	ARCL X		83	PR	
36	PR		84	*INICIO DEL	
37	STO 08		85	PR	
38	RCL 05		86	*DESPLAZAMIENTO=	
39	*		87	PR	
40	7758		88	*BL/ACRE-PIE=	
41	STO 09		89	ARCL X	
42	*		90	PR	
43	*VOLUMEN POPOSO		91	STO 24	
44	PR		92	RCL 09	
45	*DEL PATRON		93	RCL 05	
46	PR		94	*	
47	*KBL=		95	RCL 04	
48	ARCL X		96	*	

# LISTADO DEL PROGRAMA

Página de

PASO	TECLA	OBSERVACIONES	PASO	TECLA	OBSERVACIONES
97	RCL 03		145	"EFFECT"	
98	/		146	"	
99	*		147	"	
100	"VOL ACEITE"		148	ONS	
101	PRA		149	1	
102	"FINAL DEL"		150	+	
103	PRA		151	RCL 02	
104	"DESPLAZAMIENTO"		152	*	
105	PRA		153	RCL 01	
106	"EN LA ZONA"		154	/	
107	PRA		155	PRA	
108	"LAVADA"		156	*	
109	PRA		157	"SO <INICIO DEL"	
110	"<BL/ACRE-PIE"		158	PRA	
111	ARCL X		159	"DESPLAZAMIENTO"	
112	PRA		160	PRA	
113	RCL 04		161	"<FRC?"	
114	/		162	ARCL X	
115	RCL 06		163	PRA	
116	RCL 07		164	ONS	
117	*		165	"	
118	*		166	"	
119	STO 09		167	"	
120	"VOL ACEITE"		168	"<INICIO DEL"	
121	PRA		169	PRA	
122	"FINAL DEL"		170	"DESPLAZAMIENTO"	
123	PRA		171	PRA	
124	"DESPLAZAMIENTO"		172	"<FRC?"	
125	PRA		173	ARCL X	
126	"EN LA ZONA"		174	PRA	
127	PRA		175	"Ea<FRC?"	
128	"NO LAVADA"		176	PROMPT	
129	PRA		177	ENTER	
130	"<BL/ACRE-PIE"		178	"EV<FRC?"	
131	ARCL X		179	PPROMPT	
132	PRA		180	*	
133	RCL 21		181	"EF VOL <FRC?"	
134	RCL 22		182	ARCL X	
135	/		183	PRA	
136	FIX 3		184	RCL 00	
137	"FACTOR DE"		185	*	
138	PRA		186	FIX 1	
139	"RECUPERACION AL"		187	"VOL DE ROCA"	
140	PRA		188	PRA	
141	"INICIO DEL"		189	"LAVADA"	
142	PRA		190	"	
143	"DESPLAZAMIENTO"		191	"	
144	PRA		192	ARCL	



