

MODELO PARA SIMULAR Y OPTIMIZAR LA PRODUCCION POR PISTONEO (SWAB) EN POZOS MARGINALES

**Jorge Contreras Egaz
Anthony Alfaro Pérez**

Abstract :

La producción por pistoneo es una alternativa de producción que se hace posible cuando el volumen producido por un pozo está por debajo del límite económico de cualquier sistema de extracción convencional.

Esta operación consiste en bajar un pistón a copas con cable dentro del pozo, sumergirlo dentro del líquido existente y extraerlo; tantas veces se requiera hasta dejar el pozo “seco” o hasta cuando sea económicamente rentable para la compañía que realiza el trabajo. Después de algunos días de reposo para la restauración de niveles de fluidos, nuevamente se ingresa para realizar la misma operación.

El objetivo principal del trabajo es determinar la frecuencia óptima de intervención con el fin de obtener el volumen de producción acumulado óptimo (que es diferente al volumen máximo) de tal forma de generar utilidades máximas.

El estudio permite obtener análisis de sensibilidad de parámetros importantes como :

- Volumen óptimo anual extraído
- Frecuencia óptima de intervención
- Niveles de fluido mínimos que se debe encontrar en los pozos
- Costos de cada “corrida de swab”
- Gastos anuales óptimos
- Ingresos anuales máximos

Conclusiones :

En los ensayos iniciales realizados con la aplicación de este estudio, se han obtenidos incrementos en los volúmenes de producción aumentando las utilidades en el orden del 15% y por lo cual se propone aplicar esta técnica a la totalidad de pozos productores con este sistema.

Introducción :

En el Noroeste peruano hay aproximadamente 1500 pozos que producen con este sistema aproximadamente 1500 bpd (239 m^3), donde, la frecuencia de intervención es determinada por información estadística de producción o por la experiencia del personal que trabaja, sin relacionar información de costos y utilidades que se obtienen por cada unidad mínima de este sistema que es la “corrida de swab” (operación que consiste en bajar el pistón de swab, sumergirlo y sacarlo con producción de líquidos).

Se diferencian 2 tipos de Suab; El “Tubing Suab”, referido al pozo que tiene tubería de producción (Tubing), donde la operación se realiza con “copas” o pistones de 2 3/8”(6 cm) o 2 7/8”(7 cm) o según sea el diámetro del tubing y el “Casing Suab”, referido al pozo que no tiene tubería de producción, donde la operación se realiza directamente en el casing con “copas” o pistones de 4 1/2”(11.43 cm) ó 5 1/2”(13.97 cm), o según sea el diámetro del casing.

Con la información estadística de costos y producción se crearon ecuaciones empíricas que modelan la estructura de costos de una determinada compañía y con las ecuaciones teóricas relacionadas con el aporte de fluido, se interrelacionaron para preparar las interfaces con el usuario y programación y así poder determinar el límite económico y las frecuencias óptimas de intervención, parámetros importantes para determinar las máximas utilidades para la compañía que realiza el servicio y para la propietaria de los pozos.

Desarrollo :

La figura N° 4, resume el desarrollo del trabajo, el cual significa, encontrar la “Curva de Ingresos”, la “Curva de Costos” y por diferencia la “Curva de Utilidad Neta” respecto a la Frecuencia de Intervención y donde encontrando el valor de máxima Utilidad Neta, se determina la Frecuencia Óptima de Intervención.

La “Curva de Ingresos”, está directamente relacionada con el aporte de fluidos y los valores de sumergencia del pistón en el pozo; mientras que la “Curva de Costos”, se relaciona con la estructura de costos fijos y variables que tiene la compañía que realiza este trabajo.

1. Aporte de fluidos :

Este concepto se relaciona con los ingresos que tendrá la compañía.

De la figura 2, el volumen del elemento diferencial (dH) esta dado por :

$$Vol = Q.dT = A.dH \dots\dots\dots 1.1$$

Donde :

Q : Es el caudal instantáneo para una altura H
dT : Diferencial de tiempo

El área de la sección transversal (A) esta dado por :

$$A = \frac{P}{4} (DCi^2 - DTe^2 + DTi^2) \dots\dots\dots 1.2$$

Que es usada para el caso de Tubing Suab. Para el caso de Casing Suab (no existe tubing), solamente el valor del diámetro interno de casing (DCi) es usado, los valores de los diámetros externos (DTe) e interno (DTi) en la ecuación 2, toman el valor de cero.

La ecuación de Vogel para la relación de performance de influjo de un pozos es :

$$\frac{Q}{Q_{max}} = 1 - 0.2 \frac{P_{wf}}{P_r} - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^2 \dots\dots\dots 1.3$$

Donde la presión dinámica de fondo (Pwf), puede aproximarse con la gradiente de fluido (∇f) y la altura de líquido (H) de la siguiente manera :

$$P_{wf} = \nabla f . H \dots\dots\dots 1.4$$

De la misma forma la presión de reservorio (Pr), se relaciona con la altura estática(He) :

$$P_r = \nabla f . H_e \dots\dots\dots 1.5$$

Relacionando las ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5 se tiene :

$$dT = \frac{A.dH}{Q_{max} \left(1 - 0.2 \frac{H}{H_e} - 0.8 \left(\frac{H}{H_e} \right)^2 \right)} \dots\dots\dots 1.6$$

Aplicando integrales entre dos límites H₁ y H₂ se tiene :

$$T = \frac{A}{Q_{max}} \int_{H_1}^{H_2} \frac{dH}{1 - 0.2 \frac{H}{H_e} - 0.8 \left(\frac{H}{H_e} \right)^2} \dots\dots\dots 1.7$$

y que resolviendo se tiene :

$$T = \frac{A.H_e}{1.8Q_{max}} \ln \left[\frac{(1.25H_e + H_2) / (H_e - H_2)}{(1.25H_e + H_1) / (H_e - H_1)} \right] \dots\dots\dots 1.8$$

Si consideramos los valores de topes superiores (TopeS) e inferiores (TopeI) de los intervalos perforados, el nivel inicial (NI) y final (NF) del líquido en el pozo durante las operaciones de suab, los valores de H₁ y H₂ son como sigue :

$$\begin{aligned} H_1 &= \frac{TopeS + TopeI}{2} - NF \\ H_2 &= \frac{TopeS + TopeI}{2} - NI \end{aligned} \dots\dots\dots 1.9$$

De esta manera la ecuación 1.8 relaciona la restauración de niveles con el tiempo y con solo 2 datos (de NF y NI) de campo de una operación de suab y un programa de iteración o la solución de una ecuación cuadrática, los valores de Qmax y He son calculados.

2. Cálculo de Sumergencia Máxima de Pistón (S) y Consumo de Energía

En la medida en que el pistón se mueve hacia la superficie, varían el peso total que soporta el cable, el consumo de energía, el efecto de la presión ejercida por el fluido en el anular, el peso de fluido cuando este llega a superficie, etc. Es por estas razones que se hacen los análisis siguientes para cada intervalo que se define.

Sumergencia Máxima (S)

De la figura 3 tenemos que para un desplazamiento (ΔL) del pistón:

$$\Delta L = N + S - L \dots\dots\dots 2.1$$

El desplazamiento del nivel de fluido en el anular (ΔN) es :

$$\Delta N = \frac{A_T}{A_A} \Delta L \dots\dots\dots 2.2$$

Caso 1 : $N > S$, ocurre en pozos de baja sumergencia.

- Para el intervalo desde que $L = N + S$ (L_1) y hasta que $\Delta L + \Delta N = S$ o $L = N + S - \frac{S}{1 + \frac{A_T}{A_A}}$ (L_2) es decir hasta que la ubicación del pistón coincide

con el nivel de fluido en el anular y donde hay efecto de la presión de líquido en el anular sobre el pistón, se tiene que el peso de fluido (W_F) es :

$$W_F = g_F \cdot (A_T - A_C) \cdot (\Delta L + \Delta N) = g_F \cdot (A_T - A_C) \cdot \left[\left(1 + \frac{A_T}{A_A} \right) (N + S - L) \right] \dots\dots\dots 2.3$$

y el peso total (W_{T1}) es :

$$W_{T1} = W_C \cdot L - A_C \cdot S g_F + W_F \dots\dots\dots 2.4$$

$$W_{T1} = \left[W_C - g_F \cdot (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A} \right) \right] \cdot L - A_C \cdot S g_F + g_F \cdot (A_T - A_C) \cdot \left[\left(1 + \frac{A_T}{A_A} \right) (N + S) \right]$$

- Para el intervalo desde $L = N + S - \frac{S}{1 + \frac{A_T}{A_A}}$ (L_2) hasta cuando $L = S$ (L_3) es decir hasta que el “taco” de líquido llega a superficie y donde no hay efecto de presión del líquido en el anular, se tiene .

$$W_F = g_F \cdot (A_T - A_C) \cdot S \dots\dots\dots 2.5$$

$$W_{T2} = W_C \cdot L + S g_F \cdot (A_T - 2 \cdot A_C) \dots\dots\dots 2.6$$

- Para el intervalo desde $L = S$ (L_3) hasta cuando $L = 0$ (L_4), el peso de fluido es variable porque hay producción de fluidos, se tiene :

$$W_{T3} = [W_C + g_F \cdot (A_T - 2 \cdot A_C)] L \dots\dots\dots 2.7$$

Si el $W_C > g_F \cdot (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A}\right)$, el peso máximo se da cuando $L = N + S$, entonces de la ecuación 2.4 ó 2.6 se tiene :

$$W_{MAX} = W_C \cdot (N + S) - g_F \cdot A_C \cdot S = \frac{Pot}{V}$$

$$S = \frac{\frac{Pot}{V} - W_C \cdot N}{W_C - g_F \cdot A_C} \dots\dots\dots 2.8$$

Si el $W_C \leq g_F \cdot (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A}\right)$, el peso máximo se da cuando $L = N + S - \frac{S}{1 + \frac{A_T}{A_A}}$ y entonces de la ecuación 2.4 ó 2.6 tenemos :

$$W_{MAX} = W_C \cdot \left[(N + S) - \frac{S}{1 + \frac{A_T}{A_A}} \right] + S g_F \cdot (A_T - 2 \cdot A_C) = \frac{Pot}{V}$$

$$S = \frac{\frac{Pot}{V} - W_C \cdot N}{\frac{W_C}{1 + \frac{A_T}{A_A}} + g_F \cdot (A_T - 2 \cdot A_C)} \dots\dots\dots 2.9$$

Caso 2 : $N \leq S$, ocurre en pozos con altas sumergencias

- Par el intervalo desde $L = N + S$ (L_1) hasta $L = S$ (L_2), el “taco” de líquido llega a superficie, pero la ubicación del pistón está por debajo del nivel de fluido en el anular y donde hay efecto de la presión del líquido en el anular sobre el pistón, se tiene :

$$W_F = g_F \cdot (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A}\right) (N + S - L) \dots\dots\dots 2.10$$

$$W_{T1} = \left[W_C - g_F \cdot (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A}\right) \right] \cdot L - A_C \cdot S g_F + g_F \cdot (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A}\right) (N + S)$$

- Para el intervalo desde la llegada del “taco” de líquido a superficie hasta en punto donde coincide el nivel de fluido en el anular el pistón y donde hay efecto de la presión del líquido en el anular sobre el pistón, es decir de $L = S$ (L_2),

$$\text{hasta } L = \frac{N + S \cdot \frac{A_T}{A_A}}{1 + \frac{A_T}{A_A}} \text{ (L}_3\text{), se tiene :}$$

$$W_F = g_F \cdot (A_T - A_C) \left[N \left(1 + \frac{A_T}{A_A} \right) + (S - L) \left(\frac{A_T}{A_A} \right) \right] \dots\dots\dots 2.11$$

$$W_{T2} = \left[W_C - g_F \cdot A_C - g_F \cdot (A_T - A_C) \cdot \frac{A_T}{A_A} \right] L + g_F (A_T - A_C) \left[N \left(1 + \frac{A_T}{A_A} \right) + S \frac{A_T}{A_A} \right]$$

- Para el intervalo donde no hay efecto de la presión del anular sobre el pistón, es

$$\text{decir desde } L = \frac{N + S \cdot \frac{A_T}{A_A}}{1 + \frac{A_T}{A_A}} \text{ (L}_3\text{), hasta } L = 0 \text{ (L}_4\text{), se tiene :}$$

$$\begin{aligned} W_F &= g_F \cdot (A_T - A_C) L \\ W_{T3} &= [W_C + g_F \cdot (A_T - 2A_C)] L \dots\dots\dots 2.12 \end{aligned}$$

Si el $W_C > g_F \cdot (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A} \right)$, el peso máximo se da cuando $L = N + S$, entonces de la ecuación 2.10 tenemos :

$$\begin{aligned} W_{MAX} &= W_C \cdot (N + S) - g_F \cdot A_C \cdot S = \frac{Pot}{V} \\ S &= \frac{\frac{Pot}{V} - W_C \cdot N}{W_C - g_F \cdot A_C} \dots\dots\dots 2.13 \end{aligned}$$

Si el $W_C \leq g_F \cdot (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A} \right)$, el peso máximo se da cuando $L = S$ y entonces de la ecuación 2.10 ó 2.11 tenemos :

$$\begin{aligned} W_{MAX} &= (W_C - g_F \cdot A_C) S + g_F (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A} \right) N = \frac{Pot}{V} \\ S &= \frac{\frac{Pot}{V} - g_F (A_T - A_C) \left(1 + \frac{A_T}{A_A} \right) N}{W_C - g_F \cdot A_C} \dots\dots\dots 2.14 \end{aligned}$$

Consumo de Energía :

Para el cálculo de la Sumergencia Máxima, se definieron intervalos (L₁, L₂, L₃ y L₄) y ecuaciones que modelan los valores de peso que soporta el cable en cada intervalo, según sea el caso presentado; entonces el Consumo de Energía por cada “corrida” de Suab , esta dado por :

$$Energia = \int_{L1}^{L2} W_{T1} \cdot dL + \int_{L2}^{L3} W_{T2} \cdot dL + \int_{L3}^{L4} W_{T3} \cdot dL \dots\dots\dots 2.15$$

3. Estructura de costos :

El análisis se hace para una determinada compañía, razón por la cual aparecerán mas adelante, cantidades referentes a precios, sueldos, datos estadísticos, etc., con el único propósito de mostrar la forma como se efectuaron los cálculos para determinar la “Curva de Costos”

- **Amortización :**

Es un costo fijo y se asumirá constante durante “a”(20) años de vida útil, considerando una tasa de interés “i”(15%), el costo en us\$/hora seria :

$$Amortización = \frac{CostoMáquina.(1+i)^n}{365 \times 24 \sum_{a=n-1}^0 (1+i)^a} \dots\dots\dots 3.1$$

- **Personal :**

Es un costo fijo por escalones, donde cada escalón lo determina la cantidad de maquinas de la compañía. Las tablas 1, 2 y 3 muestran los sueldos mensuales estimados del personal y una distribución del personal de la compañía según el número de máquinas para Tubing y Casing Suab.

Adicional a esto, debe considerarse un 60% mas por el pago de leyes sociales (Gratificaciones, vacaciones, seguros, etc), us\$ 100/año por persona por concepto de ropa de trabajo, us\$ 3650/año por cada supervisor por concepto de alimentación. El costos en us\$/hora seria :

$$Personal = \frac{Costo + 0.6Costo + Ropa + Alimentacion}{30 \times 24}$$

- **Vehículos :**

Costo fijo que se estima en us\$ 22500/5 años por compra de una camioneta por cada 2 supervisores con 20 gal/día de consumo de gasolina. Alquiler de una camioneta rural para transporte de personal a us\$ 60/día con 20 gal/día de consumo de gasolina. El costo en us\$/hora sería :

$$Vehiculo = \frac{N^{\circ} Superv}{2} \left(\frac{22500}{5 * 365 * 24} \right) + 2.5 \times \frac{40}{24} + \frac{60}{24}$$

- **Equipo de Comunicaciones :**

Costo fijo que se estima en un equipo de radio para cada máquina de suab y uno para cada supervisor a us\$ 500/radio por cada 10 años. El costo en us\$/hora sería:

$$Radio = N^{\circ} Superv \left(\frac{500}{10 * 365 * 24} \right)$$

- **Consumo de Copas de Suab :**

De los datos estadísticos se rescata que :

Prof. Promedio de suabeo por pozo	:	4500 pies (1372 m)
N° de corridas promedio por pozo	:	6
Producción. Promedio por pozo	:	30 bfpd (4.78 m ³)
Promedio de pozos suabeados por día	:	10
Consumo promedio de copas por día	:	6
Costo de cada copa de suab	:	us\$ 18

De donde se puede calcular el consumo de copas por distancia recorrida o por barriles de fluido producidos:

$$\begin{aligned} ConsumoCotas &= \frac{1}{45000} \left(\frac{copas}{Pies - Recorridos} \right) \dots\dots\dots 11 \\ ConsumoCotas &= \frac{1}{50} \left(\frac{copas}{bfpd - Producidos} \right) \end{aligned}$$

El desgaste de copas ocurre por el rozamiento con la pared del tubing o casing y se hace más importante cuando se extraen volúmenes significativos de producción, razón por la cual asumimos un peso de 0.25 para la variable de la producción y un peso de 0.75 para la variable de distancia recorrida. La ecuación que relaciona el consumo de copas con la producción (Q) y la profundidad de suabeo (Prof) para cada corrida de suab es :

$$Cotas = 18 \left(0.25 \frac{Q}{50} + 0.75 \frac{Prof}{45000} \right) \text{ (us$/corrida)} \dots\dots\dots 12$$

- **Desgaste de Cable :**

El desgaste de cable ocurre por las mismas razones expuestas en el consumo de copas, con el dato adicional que el consumo promedio es de 1 rollo de 10000 pies cada 4 meses, cuyo costo es de us\$ 4000. Por lo tanto el consumo por pies recorridos o barriles producidos es como sigue :

$$\begin{aligned} ConsumoCable &= \frac{1}{324 \times 10^5} \left(\frac{Rollo}{Pies - recorridos} \right) \dots\dots\dots 13 \\ ConsumoCable &= \frac{1}{36000} \left(\frac{Rollo}{bfpd - Producidos} \right) \end{aligned}$$

Por lo tanto la ecuación que relaciona el consumo de cable por cada corrida de suab es :

$$Cable = 4000 \left(0.25 \frac{Q}{36000} + 0.75 \frac{Pr of}{324 \times 10^5} \right) \quad (\text{us\$/corrida}) \dots\dots\dots 14$$

- **Empaque del Lubricador :**

Se consume en promedio un empaque por día por unidad a un costo de us\$ 8 y el consumo depende de las mismas condiciones y variables que el consumo de copas de suab. Por lo tanto el consumo de empaque por distancia recorrida o barriles producidos es :

$$\begin{aligned} ConsumoEmpaque &= \frac{1}{270000} \left(\frac{Empaques}{Pies - Recorridos} \right) \dots\dots\dots 15 \\ ConsumoEmpaques &= \frac{1}{300} \left(\frac{Empaques}{bfpd - Producidos} \right) \end{aligned}$$

Por lo tanto la ecuación que relaciona el consumo de empaques por cada corrida de suab es :

$$Empaque = 8 \left(0.25 \frac{Q}{300} + 0.75 \frac{Pr of}{270000} \right) \quad (\text{us\$/Corrida}) \dots\dots\dots 16$$

- **Mantenimiento :**

Es un costo fijo donde consideramos el Mantenimiento Preventivo y Correctivo, cambio de Neumáticos y cambio de Baterías para las Camionetas, Cisternas y Equipos de Suab. Las tablas 4, 5 y 6 muestran detalles de los costos, por lo que tendríamos los costos en us\$/hora :

$$MtoSwab = \frac{2745}{30 \times 24} = 3.81$$

$$MtoCisterna = \frac{1374}{30 \times 24} = 1.90$$

$$MtoCamioneta = \frac{636}{30 \times 24} = 0.88$$

- **Gastos Generales :**

Costo fijo referido a gastos por concepto de alquiler de local, pago por consumo de agua, energía eléctrica, teléfono, materiales de oficina, estimado en us\$ 3000/mes por 10 Equipos de Suab. El costo en us\$/hora por equipo sería :

$$GtosGral = \frac{3000}{24 \times 30 \times 10} = 0.42$$

- **Consumo de Combustible :**

Esta relacionado con el consumo de energía en la operación de Suab que es un costo variable y el concepto de recorrido diario por transporte del equipo a los pozos, que representaría un costo fijo. Para determinar los volúmenes de consumo se utilizaran los poderes caloríficos de la gasolina (20750 btu/lb(11543 cal/gr) con 60°API) y el del diesel o gasóleo (19200 btu/lb(10680 cal/gr) con 32.5°API), según el caso corresponda.

4. Cálculos

Ingresos :

Está relacionado con el aporte de fluidos y la frecuencia de intervención, la sumergencia del pistón, el número de “corridas de Suab” y el precio de venta del petróleo extraído. Con esta información, los ingresos por “corrida” o por intervención, son calculados

Gastos

Las ecuaciones que modelan la estructura de costos están dadas es us \$/hora ó us \$/corrida. Para la determinación de los tiempos que tarda una corrida o una intervención a un pozo, se estimaron velocidades de subida del pistón de 800 pies/minuto(244 m/min.) y velocidades de bajada de 600 pies/minuto(183 m/min.), un tiempo de transporte, montaje y desmontaje del equipo de 1.5 hrs. Con este tipo de información los gastos por “corrida” o por intervención, son calculados.

Utilidad :

La utilidad es obtenida por diferencia entre los ingresos y gastos.

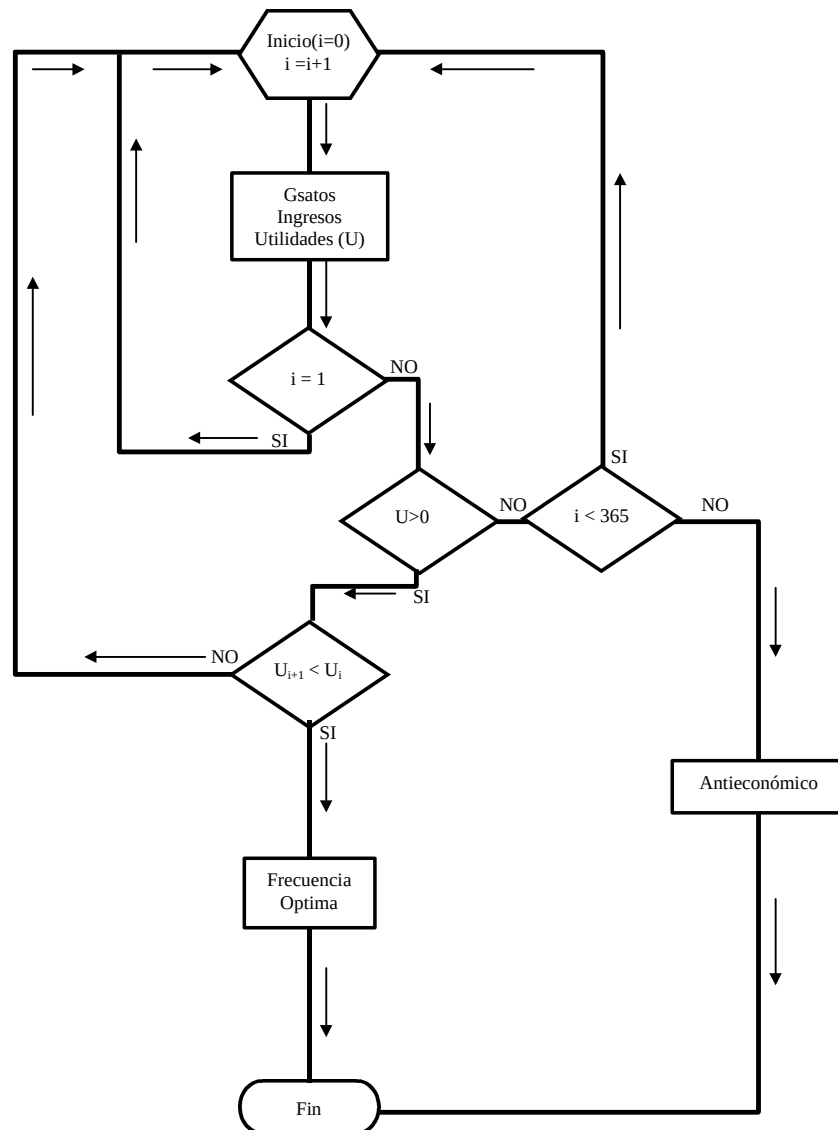
5. Programación

Está preparada en lenguaje Visual Basic y ejecuta todo lo descrito en el ítem 4 (Cálculos), las interfaces con el usuario (formularios) son mostrados desde la figura N° 5 hasta la 14, la lógica fue preparada de la siguiente manera :

1. Se fija para el pozo una frecuencia de intervención (i), que inicialmente toma el valor de 1.
2. El programa calcula los ingresos, gastos y utilidades, por “corrida” y por intervención, para el valor de la frecuencia “i” establecida.
3. Si el valor de “i” es 1, regresa al punto 1 y fija un nuevo valor de $i = i + 1$, es decir 2. Si el valor de “i” es mayor que 1, entonces se hace la siguiente pregunta:
 - Si la utilidad (U) es mayor que cero :
 - Si $U_{i+1} < U_i$, el valor de “i” es la frecuencia óptima.
 - Si $U_{i+1} > U_i$, aun no se alcanza la utilidad máxima, regresa al punto 1 y fija un nuevo valor de “i”.

- Si la utilidad es igual a cero, entonces con el valor de “i” se alcanza el límite económico de intervención a un pozo.
 - Si la utilidad es menor que cero :
 - Si $i < 365$, regresa al punto 1 y fija un nuevo valor de “i”
 - Si $i \geq 365$, el programa se detiene y envia el mensaje de “Antieconómico”
4. Determinada la frecuencia óptima, los valores de ingresos, gastos y utilidades, por “corrida” y por intervención, son mostrados.

El diagrama de flujo es el siguiente :



Nomenclatura :

W_C : Peso Lineal del cable de Suab

γ_F : Peso específico del fluido

N : Nivel del fluido en el Casing

S : Sumergencia del Pistón

Pot : Potencia de la máquina

V : Velocidad del Pistón

A_A : Area del espacio anular entre el Casing y el Tubing

A_T : Area interior del Tubing

A_C : Area de la sección transversal del cable

Figuras

Figura N° 1
Tipos de Suab

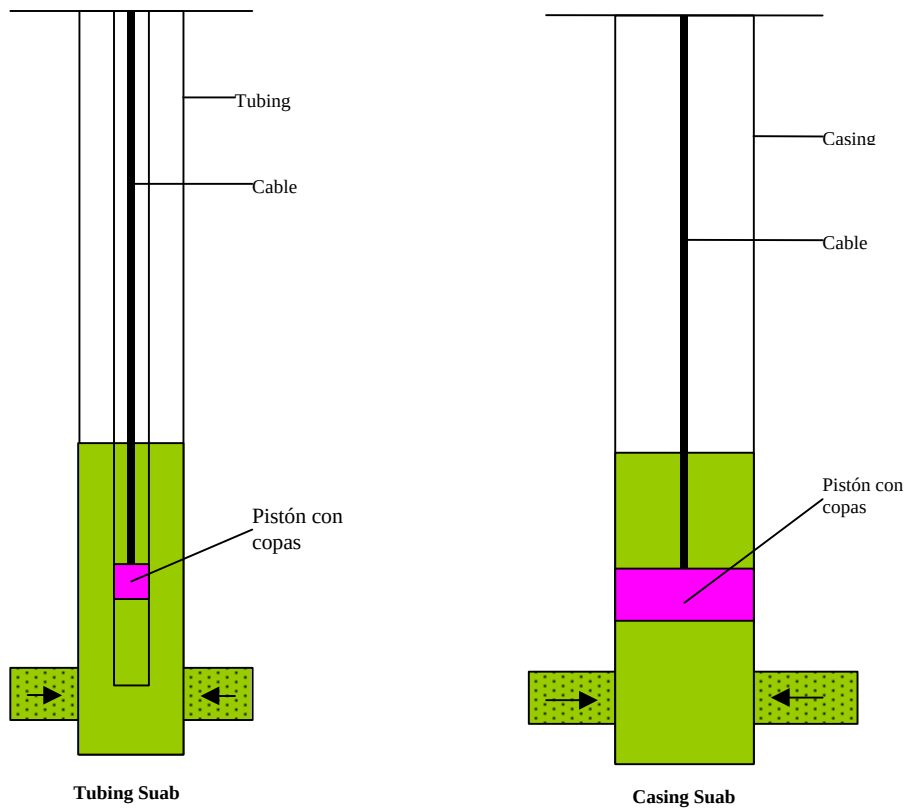


Figura N° 2
Restauración de Niveles de fluidos

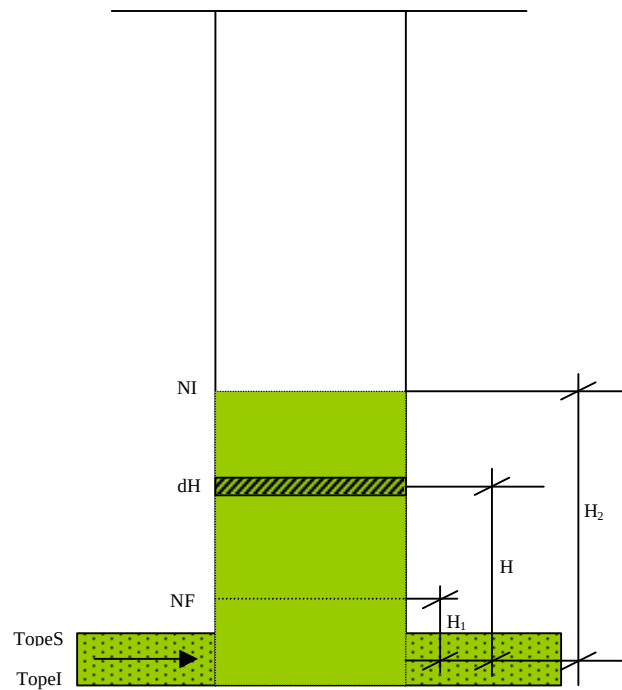


Figura N° 3
Sumergencia Máxima en Tubing Suab

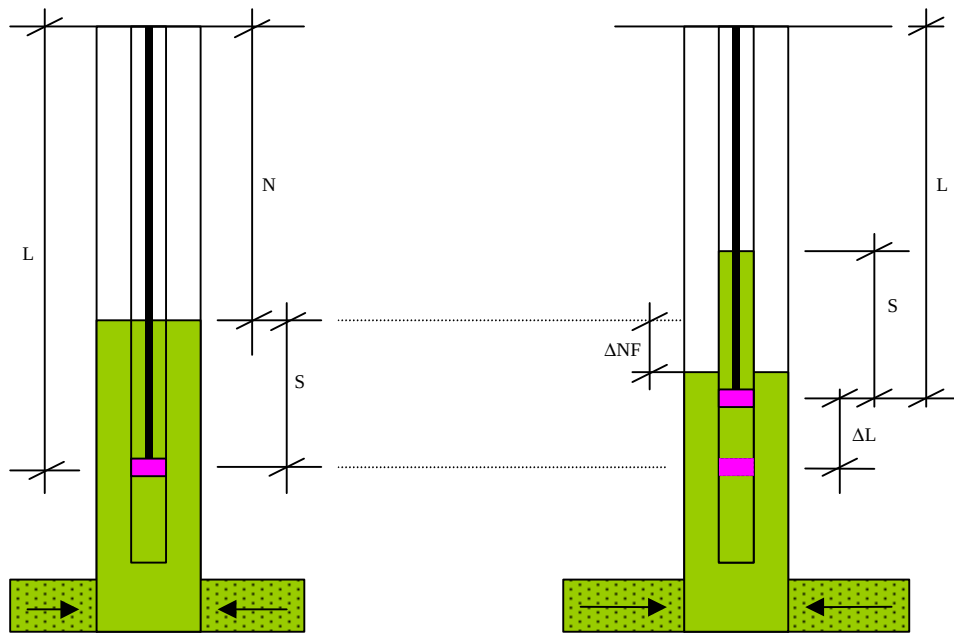


Figura N° 4
Optimizacion de pozos de Suab

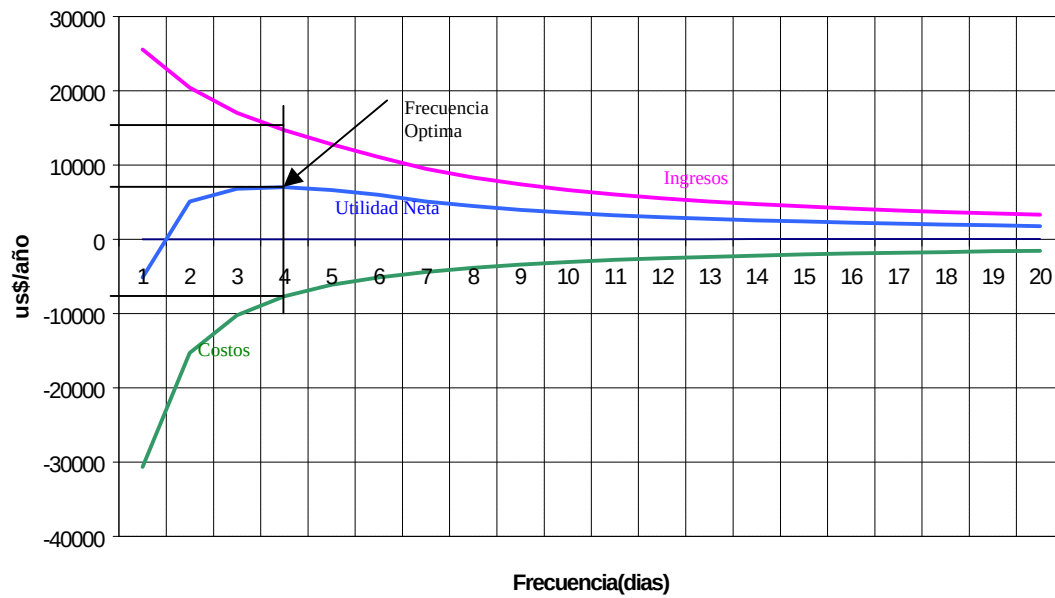


Figura N° 5 - Menú Principal – Ingreso de datos

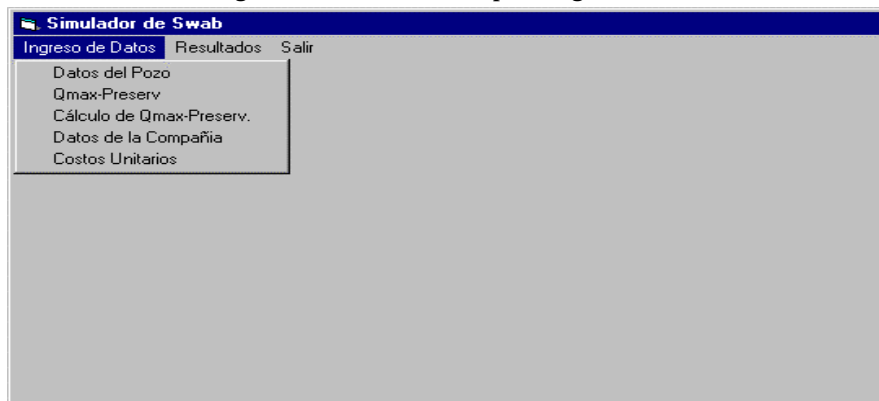


Figura N° 6 - Menú Principal – Resultados



Figura N° 7-Ingreso de Datos

The screenshot shows the 'Datos del pozo' dialog box. It has a title bar with a close button. The dialog contains several input fields and labels:

- 'Tipo de Swab' with a dropdown arrow.
- 'Corte de Agua' with a text box and a '%' symbol.
- 'Profundidad' with a text box and 'pies'.
- 'Intervalo Perforado' section with 'Tope Superior' and 'Tope Inferior' text boxes, each with 'pies'.
- 'Niple de Asiento' with a text box and 'pies'.
- 'Diámetro Interior Casing' with a text box and 'pulg.'.
- 'Diámetro Exterior Tubing' with a text box and 'pulg.'.
- 'Diámetro Interior Tubing' with a text box and 'pulg.'.
- '¿Conoce Qmax y Preserv.?' with radio buttons for 'Si' and 'No'.
- 'Imprimir' and 'Aceptar' buttons at the bottom.

Figura N° 8 Ingreso de Datos

The screenshot shows the 'Qmax y NFestático' dialog box. It has a title bar with a close button. The dialog contains:

- 'Qmax' and 'NF estático' text boxes, each followed by a unit label ('bpd' and 'pies' respectively).
- 'Imprimir' and 'Aceptar' buttons at the bottom.

Figura N° 9 – Ingreso de Datos

The screenshot shows the 'Cálculos con IPR' dialog box. It has a title bar with a close button. The dialog contains:

- 'Niveles de Fluido' section with a table:

	Final (pies)	Tiempo (dias)	Inicial (pies)
Dato 1			
Dato 2			
- 'Cálculos' section with 'Qmáximo' and 'NF estático' text boxes, and a 'Calcular' button.
- 'Imprimir' and 'Aceptar' buttons at the bottom.

Figura N° 10 – Ingreso de Datos

Costos Unitarios

Venta del Barril Suabeado
 Precio us\$/barril

Personal
 Gerente us\$/mes
 Contador us\$/mes
 Mecánico us\$/mes
 Soldador us\$/mes
 Empleado de Oficina us\$/mes
 Secretaria us\$/mes
 Winchero us\$/mes
 Cisternero us\$/mes
 Pocero us\$/mes
 Releva us\$/mes

Materiales
 Copas de Suab us\$/unidad
 Empaque de Lubricador us\$/unidad
 Diesel us\$/galón
 Gasolina us\$/galón
 Cable (10000 pies) us\$/unidad

Mantenimiento
 Equipo de Suab us\$/año
 Cisterna us\$/año
 Camioneta us\$/año

Gastos Generales
 Total us\$/mes

Imprimir **Aceptar**

Figura N° 11 – Ingreso de Datos

Datos de la Compañía

Máquinas de Suab
 Cantidad
 Precio us\$/máquina
 Potencia HP

Imprimir **Aceptar**

Figura N° 12 - Resultados

Indices Generales

Frecuencia Optima días
 N° de "Corridas"
 Producción barriles
 Límite Económico pies

Imprimir **Aceptar**

Figura N° 13 - Resultados

Indices Económicos

Corrida	Producción (barriles)	Gastos (us\$)	Ingresos (us\$)	Utilidades (us\$)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
Total				
Anual				

Imprimir **Aceptar**

Figura N° 14 - Resultados

Detalle de Gastos Asignados al Pozo

Personal			
	Requerido por Cia	\$/Interv.	\$/año
Gerente			
Contador			
Mecánico			
Soldador			
Empleado de Oficina			
Secretaria			
Winchero			
Cisternero			
Pocero			
Relevo			
Total			

Materiales		
	\$/Interv.	\$/año
Copas de Suab		
Empaque de Lubricador		
Diesel		
Gasolina		
Cable (10000 pies)		
Total		

Mantenimiento		
	\$/Interv.	\$/año
Equipo de Suab		
Cisterna		
Camioneta		
Total		

Gastos Generales		
	\$/Interv.	\$/año
Total		

Imprimir Aceptar

TABLAS

Tabla N° 1
Estimado de Sueldos Mesuales del Personal

Sueldo	Gerente	Superv.	Mecan	Soldad	Emplea.	Secreta.	Winche.	Cistern.	Pocero	Relevo
\$/mes	2000	1000	500	500	300	300	500	500	500	500

Tabla N° 2
Personal en Tubing Suab

Maquin	Gerente	Superv.	Mecan	Soldad	Emplea.	Secreta.	Winche.	Cistern.	Pocero	Relevo	Costo
1	0	1	1	1	0	1	2	2	2	1	5800
2	1	1	1	1	0	1	4	4	4	2	11300
3	1	1	1	1	0	1	6	6	6	3	14800
4	1	2	1	1	0	1	8	8	8	4	19300
5	1	2	1	1	0	1	10	10	10	5	22800
6	1	2	2	2	1	1	12	12	12	6	27600
7	1	3	2	2	1	1	14	14	14	7	32100
8	1	3	2	2	1	1	16	16	16	7	35100
9	1	3	2	2	1	1	18	18	18	8	38600
10	1	4	2	2	1	1	20	20	20	9	43100

Tabla N° 3
Personal en Casing Suab

Maquin	Gerente	Superv.	Mecan	Soldad	Emplea.	Secreta.	Winche.	Pocero	Relevo	Costo
1	0	1	1	1	0	1	2	2	1	4800
2	1	1	1	1	0	1	4	4	2	9300
3	1	1	1	1	0	1	6	6	2	11300
4	1	2	1	1	0	1	8	8	3	14800
5	1	2	1	1	0	1	10	10	3	16800
6	1	2	2	2	1	1	12	12	4	20600
7	1	3	2	2	1	1	14	14	4	23600
8	1	3	2	2	1	1	16	16	5	26100
9	1	3	2	2	1	1	18	18	5	28100
10	1	4	2	2	1	1	20	20	5	31100

Tabla N° 4
Costos de Mantenimiento del Equipo de Suab :

	Consumo anual	Costo unitario	\$/año	\$/mes
Mantenimiento	12	2265	27180	2265
Neumáticos	11	500	5500	458
Baterías	2	130	260	22
Total			32940	2745

Tabla N° 5
Costos de Mantenimiento de la Cisterna :

	Consumo anual	Costo unitario	\$/año	\$/mes
Mantenimiento	12	1060	12720	1060
Neumáticos	7	500	3500	458
Baterías	2	130	260	22
Total			16480	1374

Tabla N° 6
Costos de Mantenimiento de las Camionetas :

	Consumo anual	Costo unitario	\$/año	\$/mes
Mantenimiento	12	532	6384	532
Neumáticos	10	115	1150	96
Baterías	2	50	100	8
Total			7634	636



Congreso “ Producción 2000”

Modelo para Simular y Optimizar la Producción por Pistoneo en Pozos Marginales

Curriculum de los Autores

Jorge Contreras Egaz

Ingeniero Senior, Graduado en Ingeniería de Petróleo en la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú, 12 años trabajando en la Industria de Petróleo, Trabajó como Ingeniero Training en Petróleos del Perú en 1989, de 1990 en adelante trabajó en diferentes compañías que realizan trabajos de pistoneo (Swab).

Entre los trabajos mas relevantes desarrollados por su persona y que se pueden mencionar se tiene :

- Investigación Operativa para optimizar los tiempos de transporte de las unidades suabeadoras
- Estadística y control de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades suabeadora.
- Uso de Válvula de Retención en el fondo del pozo para incrementar la producción por pistoneo en Tubing Suab.

Anthony Alfaro Pérez

Ingeniero Senior, Graduado en Ingeniería de Petróleo en la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú, 11 años trabajando en la Industria de Petróleo, Trabajó en Petróleos del Perú.

Entre los trabajos mas relevantes desarrollados por su persona y que se pueden mencionar se tiene :

- Tratamiento de Crudo con el uso de Tanques Lavadores en Serie y Agua Dulce para mejorar la calidad de petróleo de venta.
- Reactivación de pozos abandonados.
- Electrificación y Automatización de pozos
- Uso de Presiones Negativas en Baterías para incrementar la producción.
- Programación de diseños de Sistemas de Extracción
- Elaboración de un Modelo que Simula Costos de Operación