

INFORME CICYT

TITULO: CENTRALIZACION DEL BOMBEO HIDRAULICO EN EL CAMPO LAGO AGRIO

Autores:

Carlos Ronquillo Del Pozo¹, William Medina Vargas², Héctor Román Franco³

¹Ingeniero en Petróleos 2003

²Ingeniero en Petróleos 2003

³ Director de Tesis , Ingeniero en Petróleos , ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL , 1985, Profesor de la ESPOL desde 2000.

Resumen:

El presente trabajo tiene como finalidad la construcción de dos estaciones de bombeo hidráulico centralizadas, la primera será instalada en la estación de producción central y la otra en la estación de producción norte, del campo Lago Agrio propiedad de Petroecuador ,ya que existe el espacio físico y la infraestructura necesaria para su construcción.

La construcción de este sistema centralizado se lo propone como solución al problema energético por el cual atraviesa el sistema de bombeo hidráulico actual.(UNIHIDRAULIC).

Para el diseño del Sistema Centralizado se tomo en consideración condiciones actuales, condiciones críticas y condiciones futuras del yacimiento,que pudieren afectar a dicho sistema.

El sistema centralizado va a tener capacidad de generar suficiente energía,y esta a su vez va a ser suministrada a las bombas de subsuelo de los pozos que producen mediante bombeo hidráulico y estas van a trabajar a su máxima eficiencia,y como consecuencia se tendrá un considerable **incremento de producción**,aproximadamente 670 Bls de petróleo.

Con el objeto de optimizar la circulación de fluido motriz, también se diseño bombas pistón(parte del sistema) para que se bajen en algunos pozos que tienen condiciones para su instalación y están trabajando con bomba jet,es decir que se va remplazar bombas jet por pistón ,debido a que estas son mas eficientes(consumen menos fluido motriz y sacan el mismo volumen de fluido).

Con la ejecución de este sistema también, se lograra disminuir los costos de supervisión y mantenimiento, ya que se tendrá solo dos bombas funcionando en superficie ubicadas en un solo lugar.

INTRODUCCIÓN.

El campo Lago Agrio fue descubierto por la compañía TEXACO en 1967 con la perforación del pozo Lago Agrio 01. Se encuentra ubicado en la parte Nor- Oriental del Ecuador .

Estructuralmente son dos anticlinales un grande al norte y un pequeño al sur con una falla ubicada en el flanco Oriental del campo

El campo Lago Agrio se divide en dos estaciones: CENTRAL Y NORTE.

La estación Central cuenta con 8 pozos con una producción efectiva promedio a Marzo del 2003 de 2750 BPPD.

La estación Norte cuenta con 13 pozos, con una producción efectiva a marzo del 2003 de 2958 BPD.

En la estación Lago Central tenemos 8 pozos : Lago 04 – 09 – 13 – 22 – 27 – 34 – 38 – 39 todos producen mediante bombeo hidráulico.

En la estación Lago Norte tenemos 13 pozos de los cuales los Lago 01 – 28 producen mediante bombeo mecánico. Los pozos Lago 11 – 17 – 18 – 24 – 29 – 30 – 32 – 37 – 41 producen mediante **bombeo hidráulico**. Los pozos Lago 33 – 36 producen mediante bombeo electro sumergible y el Lago 16B es un inyector .

Como podemos apreciar, el 80% de la producción del campo se debe a los pozos que producen mediante bombeo hidráulico, por lo tanto se debe solucionar el problema que atraviesa el sistema de bombeo actual.

A continuación se describe como funciona el sistema de bombeo hidráulico actual: En la estación de producción se tiene una bomba búster para desplazar el fluido motriz por tubería de 3 1/2 cedula 60 a ciertas locaciones donde se tienen bombas triplex y quintuplex que aumentan la presión de inyección del fluido motriz, y de esta forma transmiten energía para que trabajen las bombas de subsuelo de cada pozo. Cada bomba que se encuentra en locación comparte su energía para dos y hasta tres pozos, esta hace que la bomba de subsuelo de cada pozo no reciba la energía que realmente necesita para trabajar a su máxima eficiencia

BOMBAS TRIPLEX. - Son bombas que por su limitada capacidad solo pueden suministrar energía hasta 2 pozos, uno de los cuales debe de trabajar con bomba Jet y el otro con pistón.

BOMBAS QUINTUPLEX . - Estas bombas manejan un rango considerable de presión lo cual implica que pueden suministrar energía a un numero mayor de pozos. Las siguientes tablas muestran las bombas de superficie que están operando en su respectiva locación, y los pozos a los que transmiten su energía (sistema actual)

TABLA I**LAGO CENTRAL**

LOCACION	TIPO BOMBA	OBSERVACIONES
21	TRPLEX	Suministra al Pozo 22
39	TRIPLEX	Suministra al Pozo 39
27	QUINTUPLEX	Suministra a los Pozos 04 – 09 – 27
13	TRIPLEX	Suministra a los Pozos 13 – 38

TABLA II**LAGO NORTE**

LOCACION	TIPO BOMBA	OBSERVACIONES
23	QUINTUPLEX	Suministra a los Pozos 11 – 34 - 37
32	TRIPLEX	Suministra al Pozo 32
17	TRIPLEX	Suministra a los pozos 18 - 24
17	TRIPLEX	Suministra a los pozos 17 - 30
29	TRIPLEX	Suministra a los Pozos 29 – 41

El problema radica en que el sistema de bombeo hidráulico que existe en la actualidad(Unidraulic),no proporciona la energía suficiente para que trabajen con una alta eficiencia las bombas de subsuelo de los pozos, debido a la forma de operación del sistema actual.

CONTENIDO.

Como solución al problema arriba mencionado, se propone la construcción de dos estaciones centralizadas, la primera para manejar los pozos de la parte central y la segunda para manejar los pozos de la parte norte del campo Lago Agrio.

El sistema centralizado será construido en las mismas estaciones de producción del campo,debido a que existe el espacio físico y la infraestructura necesaria para su construcción, contara con dos bombas de alta presión ubicadas en un solo lugar(eliminando las 4 bombas de locacion),la ruta que seguirán las líneas de fluido motriz será por carretera para tener un mayor control y facilidad para darles mantenimiento,se selecciono un diámetro adecuado de tubería acorde a parámetro técnicos y económicos,el tipo de cedula(espesor de tubería) es el apropiado para brindar seguridad a las comunidades aledañas. las válvulas instaladas son las necesarias, ubicadas en sitios estratégicos para dirigir el flujo a nuestra conveniencia.

Las mismas que serán diseñadas con el propósito de proporcionar la energía necesaria a cada pozo para que sus bombas trabajen a su máxima

eficiencia .Para su diseño se considero condiciones criticas , condiciones futuras que pueden afectar al sistema, es decir el diseño será sobredimensionado continuación se dará un breve resumen de los

resultados del diseño:

Para la determinación de las Líneas de fluido Motriz y el Producido primero tomamos en consideración el calculo de capacidades luego el calculo del diámetro de tubería finalmente la determinación por medio de especificaciones API el grado de tubería a utilizar .

CALCULO DE CAPACIDADES

Para determinar la capacidad de las líneas de transporte de fluido motriz, se requiere conocer el volumen de fluido actual que se inyecta a los pozos que producen mediante este sistema, además de los nuevos pozos que podrían incorporarse al sistema de bombeo hidráulico .Para el dimensionamiento de las líneas se considero condiciones futuras ,es decir que todos los pozos tengan presiones de fondo muy bajas, alta producción de gas, y por lo tanto necesitan trabajar con bombas jet que son las que se adaptan a estas condiciones del pozo, estas bombas consumen de 2000- 2500Bls de fluido motriz debido a que manejan mayor rango de presión en superficie.(3000-3500Psi). A Continuación se detalla el volumen total de fluido motriz para cada estación:

TABLA III

ESTACION LAGO CENTRAL

POZOS	VOLUMEN DE INYECCION (BLS.)
LAG004	2500
LAG009A	2500
LAG011A	2500
LAG013	2500
LAG021	2500
LAG022	2500
LAG027	2500
LAG034	2500
LAG037	2500
LAG038	2500
TOTAL	25000

TABLA IV**ESTACION LAGO NORTE**

POZOS	VOLUMEN DE INYECCION (BLS)
LAG017	2500
LAG018	2500
LAG029	2500
LAG030	2500
LAG032	2500
LAG039	2500
LAG041	2500
TOTAL	17500

La Tubería de transmisión de fluido motriz tiene la siguiente característica:

TABLA V**DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS LINEAS DE FLUIDO MOTRIZ**

Diámetro Calculado (pies)	Diámetro (pulg)	Diámetro Nominal (pulg)
0.464	5.568 \approx 6.0	6 5/8

TABLA VI**TUBERÍA DE FLUIDO MOTRIZ**

DIÁMETRO (pulg)	CEDULA	GRADO (API)	PESO (lb/pie)	ESPELOR (pie)
6 5/8	120	X - 42	36.39	0.562
3 1/2	80	X - 42	14.31	0.438

Para el caso del fluido producido se toma las mismas consideraciones del caso anterior ,pero lo que va a cambiar es el tipo de fluido que se va a transportar, en este proyecto se utilizara las mismas líneas de transmisión de fluido producido existentes en la actualidad ,ya que se encuentran en buenas condiciones ,esto implicara un gran ahorro económico para la empresa y además no afectara en el diseño de la Centralización De Bombeo Hidráulico .La tubería de fluido producido tiene la siguiente característica :

TABLA VII

TUBERÍA DE FLUIDO PRODUCIDO

DIÁMETRO (pulg)	CEDULA	GRADO (API)	PESO (lb/pie)	ESPESOR (pie)
3 ½	80	B	7.58	0.216

Para la determinación del tipo de bomba o bombas a utilizar se requiere conocer la potencia que debe de manejar cada estacion

TABLA VIII

DESCRIPCIÓN DE LA POTENCIA A NECESITAR POR CADA ESTACION

	ESTACION CENTRAL	ESTACION NORTE
POTENCIA (HP)	1700	1700

TABLA IX

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE BOMBAS A UTILIZAR EN LA ESTACION CENTRAL

TIPO	# DE BOMBAS	PRESION (Psi)	CAUDAL (Bls/dia)	POTENCIA (HP)
WQ - 1000	3	3000 min – 5000 max	10000 min – 30000 max	1000

TABLA X

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE BOMBAS A UTILIZAR EN LA ESTACION NORTE

TIPO	# DE BOMBAS	PRESION (Psi)	CAUDAL (Bls/dia)	POTENCIA (HP)
WQ - 1000	3	3000 min – 5000 max	10000 min – 30000 max	1000

En este caso se requiere utilizar mas de una bomba para cumplir los requerimientos de caudal a bombear de las cuales existen dos sistemas :

a.- SISTEMA EN SERIE

b.- SISTEMA EN PARALELO

A.- SISTEMA EN SERIE .- Dos o mas bombas operan en serie , cuando la descarga de la primera bomba sirve como succión de la segunda, la descarga de la segunda como succión de la tercera etc.

Este sistema se utiliza cuando se requiere tener alta presión en planta .

B.- SISTEMA EN PARALELO.- Sistema en Paralelo.- Dos o más bombas operan en paralelo cuando descargan a una tubería generalmente se

utiliza para incrementar la capacidad de descarga del sistema de bombeo, y en caso de emergencia provee el servicio de una bomba de reserva.

Analizando los 2 sistemas hemos escogido el sistema de bombas en paralelo ,ya que este satisface las condiciones requeridas en el proyecto.

SELECCIÓN DE BOMBAS DE SUBSUELO

Para seleccionar el tipo de bomba de subsuelo, primero se debe de analizar las condiciones del reservorio(Presión de Fondo Fluyente, corte de agua, relación gas-petróleo, etc) luego se debe de analizar el estado del pozo esto es su completacion .Una vez analizadas dichas condiciones se decide que tipo de bomba(Pistón o Jet) se debe de bajar al pozo.

Para determinar las características y especificaciones del motor y bomba en caso de las pistón , diámetro del nozle y garganta en el caso de las jet, se utilizo el programa de Bombas “ Guiberson – Dresser Industries , Inc.” Se ingresan los datos requeridos por el programa ,y el programa presenta como resultado una serie de bombas que se adaptan a las condiciones requeridas, con sus respectivas especificaciones(HP requerido ,caudal de Fluido Motriz ,Rata de cavitación etc).

Se selecciona la bomba jet apropiada analizando el HP requerido(siempre se trata de optimizar energía y fluido motriz), la rata de cavitación. (tiene que ser 30-50% mayor del caudal que va a manejar la bomba).

Para el caso de las bombas de pistón su selección es por medio de su eficiencia y de el valor E/P ,este valor es directamente proporcional a la energía que se va a utilizar e inversamente proporcional al caudal de inyección .

En la tabla muestra el tipo de bomba seleccionada para los pozos de Lago Agrio :

TABLA XI

TABLA DE BOMBAS DE SUBSUELO

POZO	BOMBA EXISTENTE	BOMBA DISEÑADA
LAGO 04	JET 8 A	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 09	JET 9 A	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 11 A	PISTON 3 x 48	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 13	PL – 12 – 1/2x2x1 – 5/8	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 17	JET C – 5	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 18	PL – 12 – 1/2x2x1 – 7/8	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 22	JET E – 8	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 24	JET B+5	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 27	JET B+5	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 29	SUPER A GJPLII-2 ½	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 30	JET D – 6	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 32	JET D – 7	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 34	SA 3x1 – 7 /8x1 – ¾	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 37	PL – 12 – 1/2x2x1 – ½	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 38	PISTON 3 x 48	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 39	PISTON 3 x 48	PL II 2 x 1 – 9/16
LAGO 41	JET C-5	PL II 2 x 1 – 9/16

TABLA XII

TABLA DE INCREMENTO DE PRODUCCIÓN ESPERADA POR POZO

POZOS	producción Actual (BPPD)	+ producción Esperada (BPPD)	Incremento Estimado (BPPD)
LAG004	191	362	171
LAG009A	264	264	90
LAG011A	449	457	8
LAG013	73	77	4
LAG017	166	173	7
LAG018	313	313	86
LAG022	652	802	150
LAG024	202	211	9
LAG027	150	150	25
LAG029	134	134	0
LAG030	208	220	12
LAG032	163	163	0
LAG034	154	174	20
LAG037	159	159	24
LAG038	411	426	15
LAG039	581	611	30
LAG041	501	501	15
TOTAL	4771	5437	666

TABLA XIII
ANALISIS ECONOMICO

AÑO	EGRESOS	INGRESOS	FLUJO NETO	FLUJO DE CAJA		
				15	30	171,4682
0	2036766,96		-2036766,96	-2036766,96	-2036766,96	-2036766,96
1	109784	3770325,9	3660541,9	3183079,91	2815801,46	1348423,83
2	109784	3468699,8	3358915,8	2539822,93	1987524,16	455786,22
3	109784	3191203,8	3081419,8	2026083,56	1402557,96	154025,98
4	109784	2935907,5	2826123,5	1615845,30	989504,41	52037,36
5	109784	2701034,9	2591250,9	1288309,68	697899,21	17575,78
6	109784	2484952,1	2375168,1	1026850,73	492078,34	5934,45
7	109784	2286156,0	2176372,0	818178,83	346840,38	2003,09
8	109784	2103263,5	1993479,5	651671,98	244379,60	675,87
9	109784	1935002,4	1825218,4	518840,99	172117,36	227,95
10	109784	1780202,2	1670418,2	412901,84	121169,05	76,85
TOTAL:				12044818,80	7233104,97	0,43

TIR : 171 . 5 %

Tiempo de recuperación de la inversión: 0.87 años.

Conclusiones:

- EL sistema centralizado permite manejar manejar altas presiones, lo cual implica que se va a generar la suficiente energía para que trabajen con una alta eficiencia las bombas de subsuelo ,y los costos de supervisión y mantenimiento son menores que el sistema Unihidraulic.
- El diámetro de tubería optima que permite que las caídas de presión del fluido no sean tan brusca a lo largo de tubería es de 65/8” cedula 120.
- Son 3 bombas pistón o de desplazamiento positivo que se deben instalar en cada central (2 operando,1 de reserva) cuyas características son:.LEWCO Quintuplex WQ-1000 ordenadas en paralelo.
- La temperatura no tiene efectos considerables en el sistema ,ya que el fluido que se maneja es crudo muerto(sin agua, sin gas).
- Se lograra un incremento de producción considerable,aproximadamente 670Bl/s lo cual va a permitir que el tiempo en que se amortice la inversión sea corto.

- El monto total de la inversión, para la ejecución de este proyecto asciende a 1,867,036.38, la misma que será recuperada en 10 meses después de entrar en funcionamiento

REFERENCIAS:

- SUBGERENCIA DE EXPLORACION Y DESARROLLO (DEPARTAMENTO DE YACIMIENTOS) Campo Lago Agrio Ing. Graciela Obando.
- Archivos de PETROPRODUCCION
- BOMBEO HIDRAULICO CON EQUIPOS OILMASTER Por Ing. Fernando Riofrío Rodas
- INTRODUCCION AL BOMBEO HIDRAULICO Por P.M. Wilson Kobe, INC
- HYDRAULIC PUMMPING SYSTEMS Por dresser Oil Tools
- ESTUDIO PARA INCREMENTACION DE PRODUCCION AREA LAGO AGRIO GUANTA DURENO Mayo 2002 (Departamento de Yacimientos) Por Ing. Francisco Castillo, Ing. Gloria Uguña , Ing . Roberto Hidalgo , Ing Juan Chiriboga e Ing . Ángel Balarezo.
- TESIS DE GRADO (CAPTACION DE GAS DEL CAMPO GUANTA A LAGO AGRIO Y SU UTILIZACION COMO COMBUSTIBLE PARA LAS TUBERIAS “RUSTON” DE LAGO AGRIO Por Rommel Javier Alvarado Torres
- PLAN OPERATIVO 2003 (PETROPRODUCCION) Por Ing. Marco Guerra
- INTRODUCCIÓN AL BOMBEO HIDRÁULICO. Curso para Operadores de Campo.
Ing. Héctor E. Román Franco.
Flujo de fluidos en tubería Por Crane.