

38
2 ej



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

LA TUBERIA FLEXIBLE Y SU UTILIZACION
EN LOS POZOS PETROLEROS

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de
INGENIERO PETROLERO

P r e s e n t a

JOSE OSCAR THOMAS VEGA



México, D. F.

1985



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.

INDICE

INTRODUCCION

- I. LA TUBERIA FLEXIBLE EN GENERAL
 - A. Componentes principales de la unidad de tubería flexible.
 - B. Aplicaciones de la tubería flexible
 - C. Equipos auxiliares
 - D. Especificaciones y parámetros de la tubería flexible
 - E. Procedimientos de operación de la unidad de tubería flexible

- II. DESCRIPCION DETALLADA DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE
 - A. Unidad inyectora de tubería
 - B. El carrete de tubería flexible
 - C. Conjunto de preventores
 - D. Dispositivos de control
 - E. Carretes para las mangueras hidráulicas

- III. PROGRAMAS DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO APLICABLES A LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE.

**IV. INSTALACION Y OPERACION DE LA UNIDAD
DE TUBERIA FLEXIBLE.**

- A. Instalación y operación**
- B. Puesta en marcha del equipo motor**
- C. Inyección de la tubería flexible
en el pozo**
- D. Detener la inyección de tubería
flexible en el pozo**
- E. Para extraer la tubería flexible
del pozo**

V. SU APLICACION EN POZOS PETROLEROS

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

INTRODUCCION.

La unidad de tubería flexible ha sido diseñada para realizar diversas operaciones para el mejoramiento o restitución de las condiciones de explotación de los pozos, con un máximo de eficiencia y economía con respecto a las unidades convencionales de reparación de pozos.

El objetivo de esta tesis es proporcionar los conocimientos necesarios de la unidad y sus componentes, para así contar con los elementos indispensables para el máximo aprovechamiento de la tubería flexible.

Asimismo, proporcionar las técnicas más usuales de instalación y operación en los pozos petroleros para la rehabilitación a producción de los mismos. De la misma manera, para alargar la vida del equipo se tendrá un programa de inspección y mantenimiento para optimizar sus condiciones de operación.

Finalmente, las intervenciones reales en los pozos petroleros ejemplifican la utilidad de la unidad de tubería flexible para los diversos problemas que se presentan durante la vida productiva de un pozo.

LA TUBERIA FLEXIBLE EN GENERAL

I. LA TUBERIA FLEXIBLE EN GENERAL.

La unidad de tuberfa flexible fue diseñada para efectuar intervenciones a pozos, más rápida y eficiente que las que se venfan haciendo con equipos convencionales.

El equipo es portátil, de fácil transportación y se opera neumática e hidráulicamente; sirve tanto para las intervenciones a pozos en tierra, como la custres y marinos, la tuberfa es contfnua, de diámetro pequeño, que se corre dentro del pozo sin la necesidad de hacer conexiones tubo por tubo; las operaciones son seguras, involucran poco tiempo y usualmente más económicas que las convencionales.

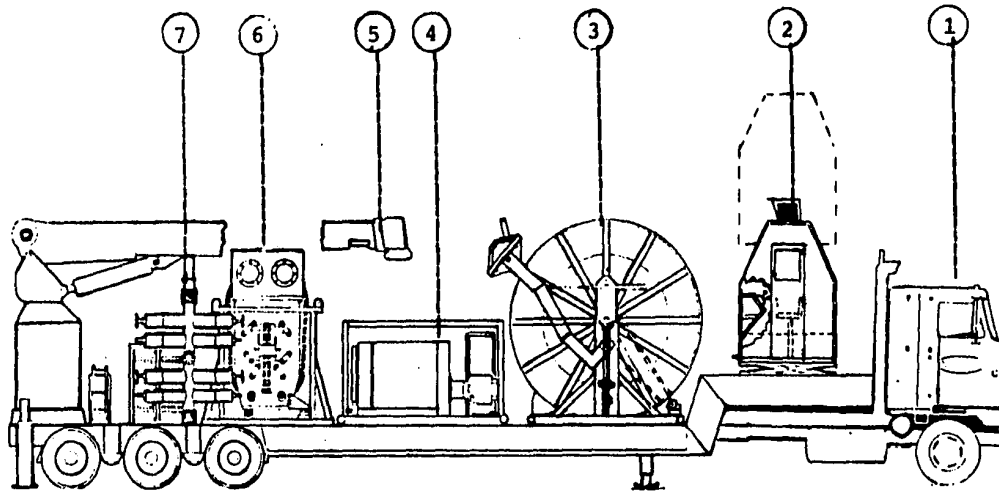
A. Componentes principales de la unidad de tuberfa flexible.-

El equipo como se muestra en la Figura N° 1 consta de los siguientes elementos:

1. Tractor. Camión motriz

2. Caseta de control.- Se eleva para máxima visibilidad del operador.
3. Carrete de tubería.- Este almacena 6,700 metros (21 900 pies) de tubería flexible; cuenta con un sistema de enrollamiento uniforme para no traslapar la tubería y un contador de profundidad. No tiene potencia para introducir o extraer la tubería, es función de la cabeza inyectora.
4. Unidad de potencia.- Consiste en un motor principal General Motors 8V-71 Detroit, bombas hidráulicas, tanques y válvulas de control.
5. Pluma hidráulica.- Se utiliza para maniobras, instalación y desmantelamiento de la unidad; sostiene el cabezal inyector en forma vertical cuando está operando.
6. Cabezal inyector.- Consiste en un cuello de ganso para guiar la tubería flexible y cadenas que la aprisionan durante la inyección y extracción del pozo.
7. Preventores.- Son del tipo gemelo Bowen con 350 a 750 kg/cm² (5 000 a 10 000 lb/pg²) de presión de trabajo; provisto de arietes anuales para la tubería flexible, arietes ciegos, cortadores y de cuñas para sostener la sarta en el pozo.

LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE Y SUS COMPONENTES PRINCIPALES



- 1.- Tractor
- 2.- Caseta de control
- 3.- Carrete de tubería
- 4.- Unidad de potencia.
- 5.- Pluma hidráulica.
- 6.- Cabezal inyector.
- 7.- Preventores.

FIGURA N° 1

B. Aplicaciones de la tuberfa flexible.-

Circulación de nitrógeno: Para inducir a producción, eliminar fluidos para disparar sin columna hidrostática o que pueden dañar la formación productora.

Remover depósitos orgánicos: Parafinas y materiales asfálticos.

Remover depósitos inorgánicos: Carbonatos y sal.

Cambios de fluidos y/o control del pozo: Circulación de agua para desplazar lodo de perforación después de colocar el aparejo de producción.

Remover otros depósitos: Arena y sedimentos.

Limpieza del pozo y/o la tuberfa.

Con la turbo barrena (Dyna drill) perforar tapones de cemento o lodo solidificado dentro de la tuberfa de producción.

Circulación de inhibidores de corrosión, solventes y otros productos químicos.

En la circulación de nitrógeno para inducir a producción, se aligera la columna hidrostática por medio de la inyección y circulación de este gas, que puede ser bombeado dentro de la tubería flexible y circulado por el espacio anular que forman ésta y la tubería de producción para que de esa manera la presión de formación sea mayor que la presión hidrostática y permitir así el flujo del pozo.

Se ha comprobado que los disparos del intervalo productor en seno de nitrógeno no dañan la formación, desplazando de esta manera el antiguo método de realizar los disparos en seno de lodo, ya que éste produce daños a la formación productora.

Para llevar a cabo la operación se conecta la unidad de nitrógeno a la tubería flexible y se baja 100 metros aproximadamente, donde se inicia el bombeo a gasto constante y baja presión; se baja hasta el intervalo disparado donde se alcanza la presión máxima de bombeo y se desalojan los fluidos a la presa del quemador, se inicia la recuperación de la tubería a la superficie con gasto constante y disminuyendo la presión mientras se observa el comportamiento del pozo.

Para remover depósitos orgánicos (parafinas y material asfáltico) que se acumulan en las vecindades del pozo, aparejo de producción (fluyente o artificial), fracturas de las formaciones, etc.; los hidrocarburos de alto peso molecular y los asfaltenos, que a las condiciones de presión y temperatura del yacimiento se encuentran disueltos en los hidrocarburos más ligeros, por cambios de temperatura, presión y velocidad de flujo se solidifican y acumulan, restringen las áreas de flujo.

Para esta operación, la tubería flexible se introduce al pozo y se bombea, a presión y gas constante, el aceite caliente o diesel para la parafina y diesel o aromina para el material asfáltico; al llegar a la resistencia se carga peso con la tubería flexible de 500 a 700 kilogramos, se incrementa la presión y gasto del fluido circulado observando el indicador de peso; cuando éste registra un incremento, se está venciendo la resistencia; levantando la tubería 10 metros se circula desalojando los fluidos a la presa del quemador, se continúa bajando hasta llegar al intervalo productor y dejar limpio el pozo y aparejo de producción.

Para remover depósitos inorgánicos (carbonatos y sales) que se depositan en las vecindades del pozo, aparejo de producción (fluyente o artificial) como resultado de la cristalización y precipitación de minerales contenidos en las aguas producidas, por cambios de presión, temperatura, mezcla de dos aguas incompatibles, exceso de productos solubles (sobresaturación), etc. La composición de estas incrustaciones es variable y depende de la naturaleza del agua producida. Los compuestos son:

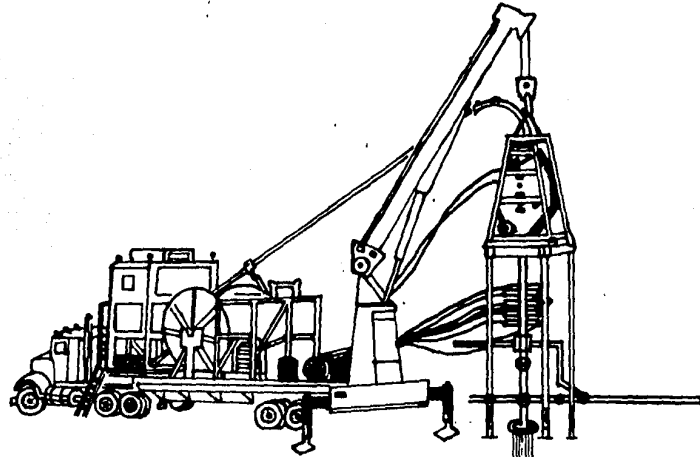
Carbonato de calcio	(CaCO_3),
Yeso	($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),
Sulfato de bario	(BaSO_4),
Cloruro de sodio	(NaCl).

Con la tubería flexible se solucionan estas incrustaciones, introduciendo ésta al pozo y conectando la succión de la unidad de alta presión o bomba triplex reciprocante a la unidad almacenadora de agua si se trata de sal o a la unidad almacenadora de ácido clorhídrico si se trata de carbonatos; con gasto y presión constantes se circula hasta llegar a la resistencia donde se carga peso con la tubería. Cuando el indicador de peso registra un incremento, se está venciendo la resistencia; esta operación se repite para que no se atore la tubería;

se levanta 10 metros y se circula para que los productos disueltos sean enviados a la presa del quemador, se continúa bajando la tubería para eliminar otras posibles resistencias hasta el intervalo productor.

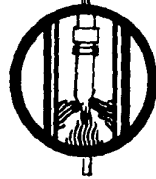
Para remover carbonatos, los trabajos de circulación de ácido clorhídrico, pueden llevarse a cabo con la tubería flexible franca o con el eyector que produce un efecto atomizante con un desarrollo de 12 a 14 HP hidráulicos (Figura N° 2). El ácido debe usarse en concentraciones no mayores del 10%, es recomendable después de utilizarla, lavar la tubería con bicarbonato de sodio al 5% empleando de 3 a 5 veces el volumen de la misma.

En los cambios de fluidos y/o control del pozo, generalmente se realiza la circulación del agua para desplazar el lodo de perforación; después de colocar el aparejo de producción y facilitar trabajos de reparación y terminación de pozos, como pueden ser disparar el intervalo productor, control del pozo, etc. En estos casos, la tubería flexible se baja a 100 metros y se inicia la circulación a presión y gasto constante del nuevo fluido de control, generalmente más ligero que el anterior ya sea agua por lodo o nitrógeno por agua; en el caso del



Unidad de tubería flexible utilizando eyector

FIG. No 2



control de un pozo será un fluido de mayor densidad; se circula hasta que la columna hidrostática quede homogeneizada y dejar el pozo en condiciones de intervención; el fluido desalojado se almacena y es utilizado en otro pozo.

Para remover otros depósitos (arena y sedimentos), que provienen de la formación creando tapones en la tubería de producción y obstruyendo el intervalo productor se puede emplear la tubería flexible utilizando nitrógeno, espumas o lodo de baja densidad pero de alta viscosidad.

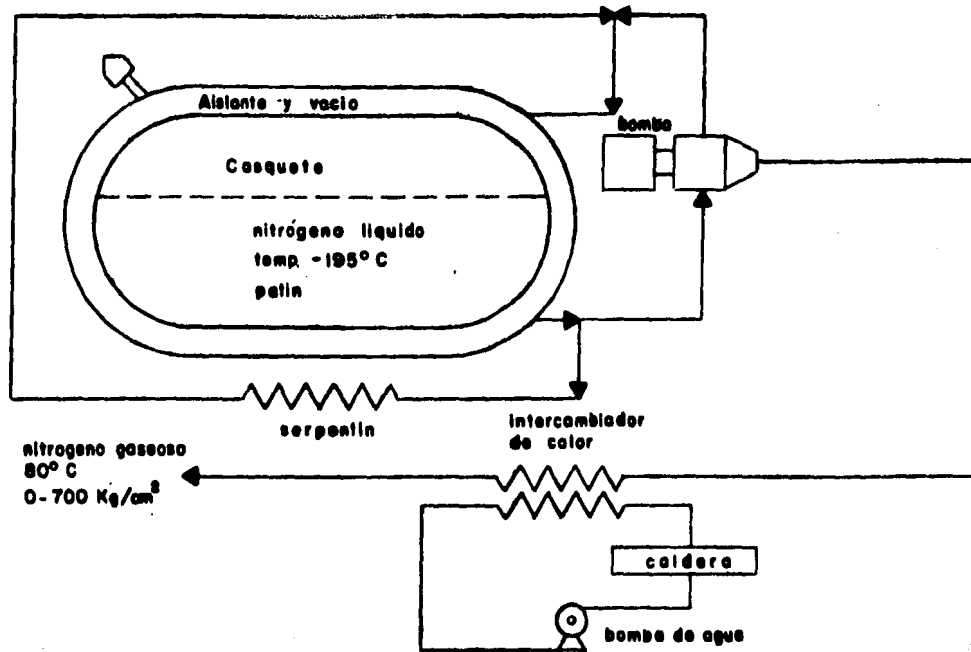
En la limpieza del pozo y/o la tubería, de residuos que se forman al inyectar ácido, con la tubería flexible, se llevan a cabo circulando agua y desalojando los productos a la presa del quemador.

También se puede utilizar en otras operaciones por circulación como son la limpieza de la parte superior de un pescador, acondicionar el lodo, etc.

C. Equipos auxiliares.

Para las operaciones antes descritas se requiere de los siguientes equipos auxiliares:

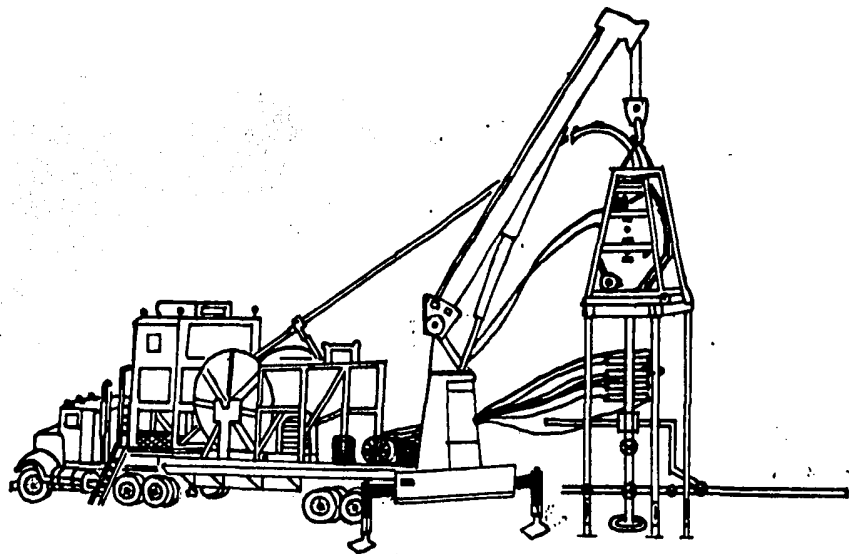
1. Almacenadora e inyectora de nitrógeno líquido.- Tiene una capacidad de 7 m^3 . Cuenta con una caldera y un serpentín para gasificar el nitrógeno (Figura N° 3) y una bomba con gasto hasta de 160 l/min (1 barril/min). Un metro cúbico de nitrógeno líquido se convierte en 694 m^3 de gas y un kilogramo en 862 litros.
2. Almacenadora de ácido clorhídrico.- Es un recipiente de 8 m^3 de capacidad o un tanque de 21 m^3 . Para iniciar el bombeo, la manguera de descarga se conecta a la succión de la bomba triplex o a la unidad de alta presión, que se encargan de circular los fluidos.
3. Almacenadora de querosina o diesel.- Semejante a la almacenadora de ácido clorhídrico.
4. Almacenadora de agua.- Con características semejantes a las dos anteriores.



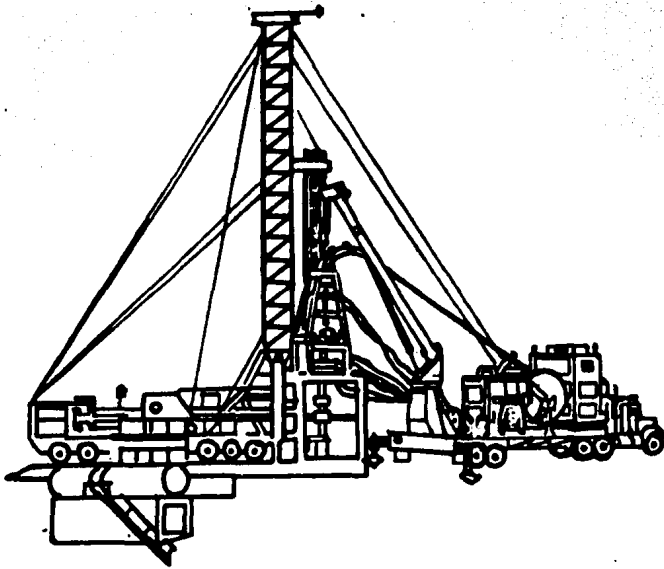
Circuito de inyección del nitrógeno

5. Almacenadora de aceite caliente.- Es un recipiente con capacidad de 12 m^3 de aceite y con una caldera que eleva su temperatura a 75°C .
6. Unidad generadora de espuma que se utiliza para desarenar pozos.
7. Unidad de alta presión.- Se utiliza cuando la unidad de tubería flexible no cuente con bomba triplex reciprocante; presión máxima de 350 kg/cm^2 (500 lb/pg^2), y un gasto óptimo de 80 l/min . (0.5 br/min) para tubería flexible de 2.54 cm (1 pg) y de 160 l/min (1 br/min) para tubería flexible de 3.27 cm (1.25 pg).
8. Equipo contra incendio.-

Normalmente, la unidad de tubería flexible se opera en pozos con árbol de válvulas y cuando se cuenta con luz solar (Figura N°4); si se utiliza en combinación con equipo de perforación o de reparación se opera las 24 horas, siempre que se cuente con alumbrado adecuado (Figura N°5).



Unidad de tubería flexible operando en órbita de valvulas



Unidos de tubería flexible operando en equipo de reparación y terminación de pozos

Con la unidad puede emplearse la turbo barrena (Dyna drill) (Figura N° 6), para perforar tapones de cemento o lodo solidificado dentro de la tubería de producción; deberá ser del diámetro adecuado según la tabla siguiente:

Tubería de producción	Turbo barrena
2 3/8"	1 3/4"
2 7/8"	2 1/4"
3 1/2"	2 7/8"

Con la turbo barrena no deberá utilizarse abajo de la tubería de producción; por lo general se atora al pretender sacarla y se convierte en pescado; antes de usarla deberá tenerse la certeza de que no existe pedacería de metal.

La tubería flexible se puede usar con un tubo biselado o bien acondicionado que se le adapta en el extremo; el tubo biselado tiene un corte de 45° y la tubería acondicionada tiene un doble corte (Figura N° 7); sirven para remover parafina, carbonato, sal, etc. Además

FIG. No 6 TURBO BARRENA

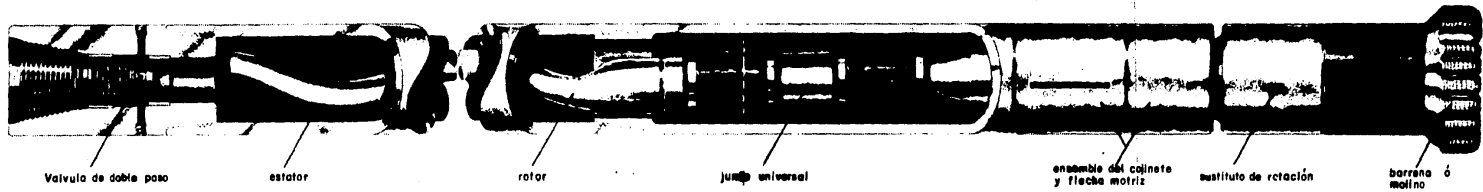
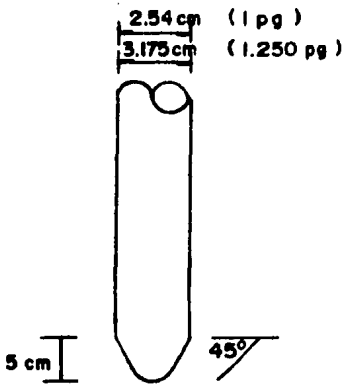


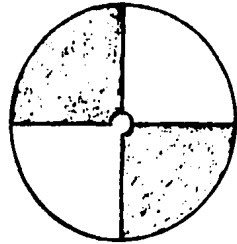
Figura N° 6

ayuda a que la tubería flexible tenga mayor facilidad de manejo al ir bajándola al pozo, ya que durante su descenso tiene un movimiento espiral que la obliga a ir pegando en la tubería de producción; el bisel ayuda a que aunque haya golpeo se prosiga la intervención sin dificultad.

En ocasiones, después de estar operando con la tubería flexible y al estar enrollándola en el carrete principal se observan abolladuras, fisuras y picaduras, debidas a golpes y desgaste sufrido durante las operaciones realizadas con ácidos y otros productos. Descubiertas las fallas, se envía al taller para revisar la íntegramente y soldarla en las partes que sea necesario; el proceso de soldadura es el siguiente: La soldadura debe ser de alta calidad que permita minimizar alguna pérdida de resistencia en las vecindades de la soldadura; los extremos por unir se cortan por medio de un corta tubo, se limpian con abrasivos externa e internamente, se desengrasan y se liman; se utiliza una gufa para mantener alineados los extremos con una separación de 0.5 mm. a 1 mm.; también se colocan coples de bronce a 15 mm de distancia de cada lado del tubo, para que se disipe el calor producido al efectuarse la soldadura y no se afecte la estructura cristalina del acero.



VISTA LATERAL



VISTA INFERIOR

FIG. No 7 TUBERIA FLEXIBLE ACONDICIONADA.

Esta soldadura se realiza con equipo de soldar tipo heliarco con gas argon -tungsteno y varilla de acero de bajo carbón; se escoge un punto arbitrario y se inicia la aplicación continua de la soldadura con el fin de que no queden bordes ni pequeños poros.

Finalmente, la soldadura se inspecciona con radiografía.

Si la tubería flexible es del tipo 4 ASTM 606, su composición es la siguiente:

Carbón	18 %
Fósforo	0.04%
Silicio	0.6%
Cromo	0.4%
Manganeso	0.5%
Circonio	0.03%

La tubería es normalmente adquirida en rollos de más o menos 1000 metros (3000 pies) si es normal o especial y de 700 metros (2000 pies) si es reforzada o semireforzada. Los rollos son colocados en un carrete cónico y se unen con un equipo de soldar tipo heliarco al carrete principal de tubería.

Es recomendable que al transportar los rollos de tubería flexible se haga sobre plataforma sin rejas y acostados; se puede cargar un rollo encima de otro como máximo, pero bien protegido con tablas de madera en medio; asimismo, evitar que la tubería almacenada quede sobre el suelo; cada semana se debe proteger con diesel o aceite quemado, evitando que se dañe y sufra intemperismo.

En un carrete convencional de 4900 metros (16000 pies) de tubería flexible, se puede tener el siguiente arreglo:

METROS	PIES	TUBERIA FLEXIBLE
1 500	4 920	Reforzada
800	2 620	Semireforzada
<u>2 600</u>	<u>8 530</u>	Normal
4 900	16 070	

Para este caso se deberá considerar la profundidad de 4 725 metros (15 500 pies) de tubería flexible y no de 4 900 metros (16 000 pies), ya que los 175 metros (500 pies) restantes son los correspondientes a la primera camada de tubería; ésta no es utilizable por lo siguiente:

Da una mayor seguridad y protección a la unión giratoria, ubicada en el eje hueco del carrete, que ayuda a circular los fluidos, ya que se puede romper e irse con la tubería.

La dificultad para enrollarla en el carrete principal, puede aumentarse en la operación, ya que la tubería flexible tiende a correrse a lo largo de los espacios del carrete que no estén ocupados por la misma. Además, de servir como base para el correcto enrollamiento de toda la sarta, haciendo una especie de embobinado.

Asimismo, es importante mencionar que en la operación de soldadura, el tramo de tubería flexible reforzada o especial va enrollada al principio del carrete por lo siguiente:

La tubería flexible reforzada sufrirá los mayores esfuerzos de tensión porque soportará el peso de la sarta introducida.

Se necesita mayor resistencia al colapso, ya que, es al final del arreglo, donde las cadenas del cabezal inyector, tienen el mayor impacto.

Después de la tubería flexible reforzada, se suelda la tubería semireforzada que es una tubería intermedia, para que de esta manera evitar la diferencia de diámetro interno entre la tubería reforzada y la normal.

D. Especificaciones y parámetros de la tubería flexible.

1. Tensión máxima permisible.- Está en función de su peso por unidad de longitud y del material del que esta construida; se calcula con la fórmula:

$$\text{Tensión} = W \times L \times FF \text{ ————— } \textcircled{a}$$

donde:

W = Peso de la tubería por unidad de longitud,
km/m o lb/pie.

L = Longitud de la tubería, m ó pie

FF = Efecto de flotación, adimensional.

El efecto de flotación se considera cuando el pozo está lleno de algún fluido y será el empuje vertical hacia arriba que sufre la tubería; se calcula con la fórmula:

$$FF = \left(1 - \frac{\text{Densidad del fluido}}{\text{Densidad del acero}} \right) \quad (b)$$

donde:

Densidad del fluido, gm / cm³

Densidad del acero (7.85 gm/cm³)

2. Presión máxima de trabajo permisible.- Está en función del espesor de pared y la calidad del acero de la tubería. Para estos cálculos se tiene el valor arbitrario del 90% de resistencia para la presión interna de la tubería (prueba de presión hidrostática) aumentando el margen de seguridad y evitar deformación permanente.

$$PTMP = \frac{(0.90) \ 2(Sy) \ t}{de} \quad (c)$$

Donde:

Sy = Esfuerzo de cedencia; su valor experimental es 50 kg/cm² (700 lb/pg²).

t = Espesor de tubería, cm o pulg

DE = Diámetro exterior, cm o pulg

3. La presión interna se calcula con la fórmula:

$$P_I = \frac{2 (S_y) T}{d_e} \quad (d)$$

4. La presión al colapso se calcula con las fórmulas siguientes:

$$P_c = \frac{2 (S_y) [(DE/t) - 1 (DE/t)^2]}{6} \quad (e)$$

$$P_c = (S_y) [A/(DE/t) - B] - C \quad (f)$$

donde:

S_y = 0.2 esfuerzo de cedencia

A, B y C = factores derivados de pruebas
API BUL 5C3, marzo de 1980

t = espesor de pared

DE = diámetro exterior

Si el tubo está deformado en su redondez, estos valores deberán disminuirse en un 10%

Para mayor información sobre la tubería flexible, consultar la Tabla N° 1.

TABLA N° 1

DIMENSIONES DEL TUBO (PULGADAS)					PESO Lb/pie	CAPACIDAD DE CARGA		CAPACIDAD DE PRESION			CAPACIDAD VOLUMETRICA (cada 305 metros)	
DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR DE PARED		AREA (PULG ²)			Punto de cedencia (Lb)	Máxima (Lb)	Presión de traba jo máxima permisi- ble	Presión interna	Colapso	litros	barriles
	Nominal	Mínimo	Pared	DIAMETRO interior								
Normal 1.0'	.067	.063	.196	.589	0.67	13.720	15.040	7.930	11.440	8.260	116	.729
Semi- reforzada 1.0'	.075	.071	.218	.568	0.75	15.260	17.440	8.940	12.900	9.710	111.7	.703
Reforzada 1.0'	.087	.083	.250	.536	0.87	17.500	20.000	10.450	15.100	11.120	105.4	.663
Especial 1.0'	.109	.104	.305	.480	1.03	21.350	24.400	13.100	19.210	13.600	95	.594
Normal 1.25'	.067	.063	.247	.980	0.84	17.290	19.760	6.350	9.020	5.410	193	1.212
Semi- reforzada 1.25'	.075	.071	.277	.950	0.94	19.390	22.160	7.150	10.130	6.770	187	1.175
Reforzada 1.25'	.087	.083	.318	.909	1.08	22.260	25.440	8.360	11.900	8.810	179	1.124
Especial 1.25'	.109	.104	.391	.837	1.32	27.370	31.280	10.480	15.180	11.140	165	1.035

NOTAS: Estas especificaciones son para tuberías flexibles QT-70 con una profundidad de trabajo máxima permisible de 6275 metros (20,590 pies).

Para mayores profundidades se utiliza la tubería flexible especial o tuberías de especificación QT-80

Estos valores son aplicables en unidades métricas.

Para calcular CEA se usa la siguiente fórmula:

$$CEA = (ATP - ATF) \times F \times PF \quad (h)$$

Donde:

$$ATP = \text{Area de la tubería de producción,} \\ m^2 \text{ o pulg}^2; \frac{3.1416 (Di)^2}{4}$$

$$ATF = \text{Area de la tubería flexible,} \\ (m^2 \text{ o pulg}^2); \frac{3.1416 (De)^2}{4}$$

PF = Profundidad a la que está operando la tubería flexible, m o pies.

F = Factor de conversión, m³ a L

Di = Diámetro interior de la tubería de producción, m o pulg

De = Diámetro exterior de la tubería flexible, m o pulg.

7. Velocidad del inyector de la tubería flexible.-

Su velocidad estará en función de las revoluciones por minuto (RPM) del motor (8V-71 Detroit) y de la presión del sistema hidráulico (Figura N°8). Para que se incremente esta presión y se recupere la tubería a velocidades operacionales, se deberá considerar el nivel de fluidos, ya que a mayor profundidad, mayor será la velocidad con la cual se baja la tubería flexible; en caso contrario, si el nivel de fluidos se encuentra cerca de la superficie, la tubería flexible se baja a menor velocidad.

En la gráfica de la Figura N°9, se relaciona el valor de la tensión de la cabeza inyectora, en función de la presión del sistema hidráulico y del momento en que se encuentre enrollándose la tubería, esto es, si se empieza a recuperar o si está en movimiento.

FIGURA N° 8

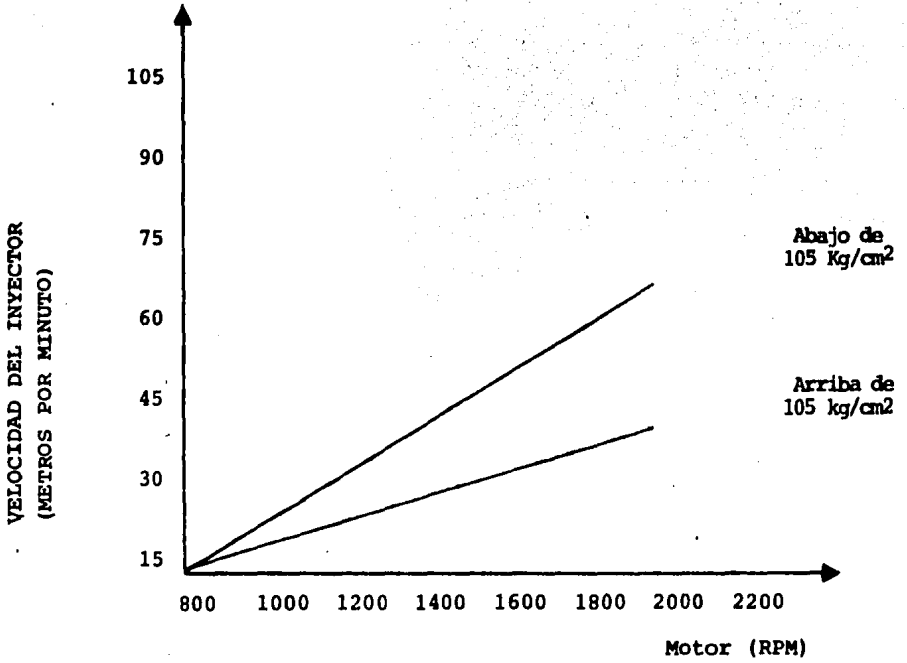
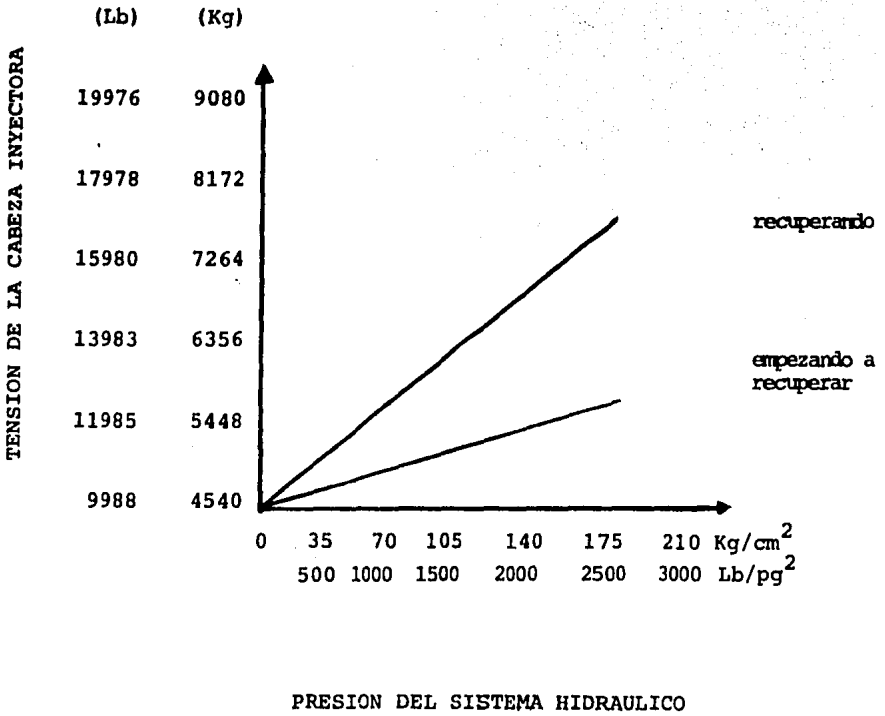


FIGURA N° 9



E. Procedimiento de operación de la unidad de tubería flexible.-

1. Supervisar el pozo que se va a intervenir, en lo que respecta a las condiciones del pozo, área del pozo despejada, árbol de válvulas en condiciones de operación con su respectiva línea de descarga, presa del quemador y desperdicios. Es muy recomendable despejar el área para instalar la unidad y contar con alumbrado adecuado.
2. Antes de intervenir con la tubería flexible, es recomendable que la unidad de línea de acero efectúe una calibración de las condiciones del aparejo de producción, así como determinar las presiones y muestras en el fondo del pozo.
3. Obtener los datos del aparejo (estado mecánico) del pozo a intervenir.
4. Solicitar los equipos adicionales y necesarios, de acuerdo a la operación que se vaya a efectuar. Es recomendable colocarse en dirección contraria del viento.

5. Una vez con los equipos en el pozo, se depresiona la tubería de producción sin estrangulador (franca), se abre la válvula lateral y se procede a la instalación de la unidad de tubería flexible.

6. Se conecta la tubería flexible a la unidad auxiliar respectiva bajándola aproximadamente 100 metros, se represiona hasta alcanzar 350 kg/cm^2 (5000 lb/pg^2) para que las conexiones superficiales queden probadas, se continúa bajando la tubería hasta la profundidad programada, basados en los datos del estado mecánico y se circula el fluido respectivo a la operación que se efectúe.

7. Estando en la profundidad preestablecida, se circula hasta que salga el agua limpia (si se está lavando el pozo) o cuando dejen de fluir líquidos (si se efectúa desplazamiento del mismo), las presiones y gastos de los fluidos dependen de las condiciones del pozo (es variable).

8. Se tomarán dos muestras de fluidos aportados durante la operación, la primera se tomará abriendo una rama del árbol, cuando se esté operando a la profundidad media de los disparos y la segunda, al recuperar la tubería flexible a la superficie.

9. Cumpliendo con el objetivo de la operación se procede a sacar la tubería flexible y desmantelar la unidad.

10. Durante dos horas se observan los fluidos aportados por el pozo, si son hidrocarburos, se tomará la presión en la cabeza del pozo y volumen que desaloja.

El procedimiento descrito, puede tener demoras en su frecuencia operativa, denominadas esperas diversas y que son:

- . Programa
- . Pozo en condiciones para intervenir
- . Personal
- . Acondicionamiento instalaciones superficiales
- . Servicio de nitrógeno
- . Fluidos transportados
- . Unidad de alta presión
- . Unidad de aceite caliente
- . Transporte para unidad
- . Materiales químicos o accesorios
- . Acondicionamiento, localización y/o camino
- . Condiciones climatológicas

DESCRIPCION DETALLADA DE LOS
COMPONENTES PRINCIPALES DE LA
UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE.

II. DESCRIPCION DETALLADA DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE.

El sistema consiste básicamente en los conjuntos siguientes:

Unidad inyectora de tubería
Carrete de tubería
Conjunto de preventores
Tablero de control

A. La unidad inyectora de tubería (Figura N° 10), consta de las siguientes partes, las cuales se instalan en el árbol de válvulas del pozo.

1. Cabezal inyector de tubería
2. Conjunto guiador de la tubería
3. Indicador de peso
4. Conjunto estructural de sustentación
5. Freno del inyector de tubería

UNIDAD INYECTORA DE TUBERIA FLEXIBLE

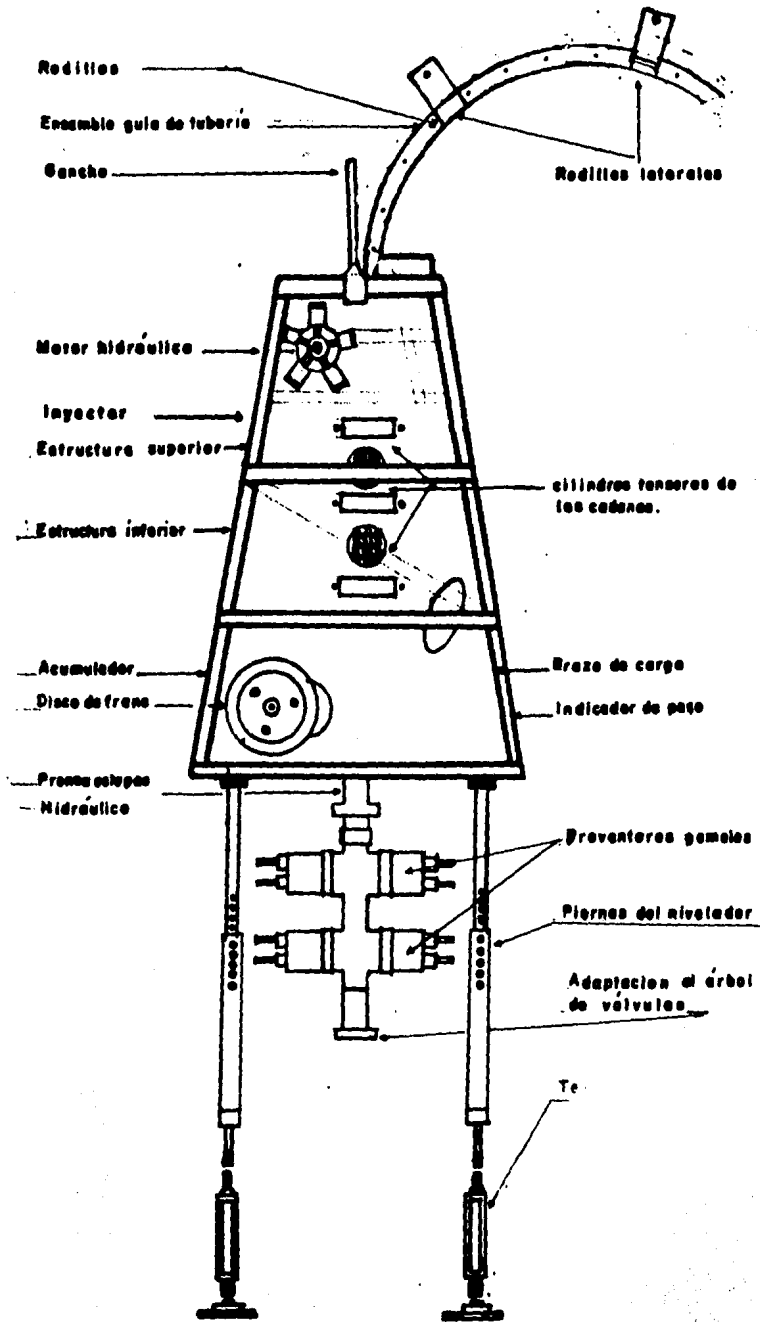


Fig. No. 10

1. El cabezal inyector de tubería (Figura N° 11).

Está equipado con un sistema hidráulico que aprisiona e inyecta la tubería en el pozo contra la presión existente. Si no hay presión, controla la velocidad de inyección de la tubería. Al sacar la tubería el conjunto inyector levanta la carga total y la acelera hasta la velocidad de operación.

El sistema hidráulico, antes mencionado comprende dos cadenas sin fin opuestas de bloques propulsores que están acanaladas para asir el semiperímetro de la tubería. Los bloques propulsores están suspendidos entre cadenas de rodillos; las ruedas dentadas impulsoras de cadena, ubicadas en la parte superior de la unidad, se manejan por medio de dos motores hidráulicos que les proporcionan potencia a las dos columnas opuestas de bloques propulsores; estos motores, proporcionan la potencia para inyectar o recuperar la tubería flexible. Una serie de rodillos hidráulicos auxiliares empujan los bloques propulsores hacia adentro, proporcionando así la potencia necesaria al sistema de transmisión que aprisiona a la tubería.

Por medio de un sistema de palancas, los cilindros hidráulicos que tiene el cabezal inyector, ejercen potencia en los rodillos auxiliares o ruedas dentadas interiores. Tal sistema proporciona la flexibilidad necesaria para asegurar una carga uniforme en la tubería flexible y permitir que las herramientas y las uniones pasen por las cadenas opuestas sin pérdida de tracción. (Figura N° 11).

El circuito hidráulico comprende un acumulador hidroneumático y una bomba hidráulica manual para mantener uniforme la carga de la tubería; los cilindros hidráulicos mantienen la tensión deseada de las cadenas propulsoras por medio de un sistema de eslabones y rodillos que transmiten la energía en la parte inferior de las cadenas propulsoras, para que después pasen éstas por el exterior de la unidad inyectora de tubería. Otro acumulador hidroneumático y otra bomba hidráulica manual mantienen constante la presión.

2. Conjunto guiador de la tubería.

Este conjunto se encuentra localizado en la parte superior de la unidad inyectora (Figura N° 10).

CADENAS SINFIN OPUESTAS

1. Cadenas sinfin opuestas de bloques propulsores.
2. Ruedas dentadas impulsoras de las cadenas.
3. Rodillos hidráulicos auxiliares.
4. Cilindro hidráulico para tensar cadenas.
5. Rodillos de las cadenas.
6. Ensemble del cilindro hidráulico.
7. Brazo del cilindro.
8. Superficie acanalada.
9. Brazo del cilindro hidráulico.

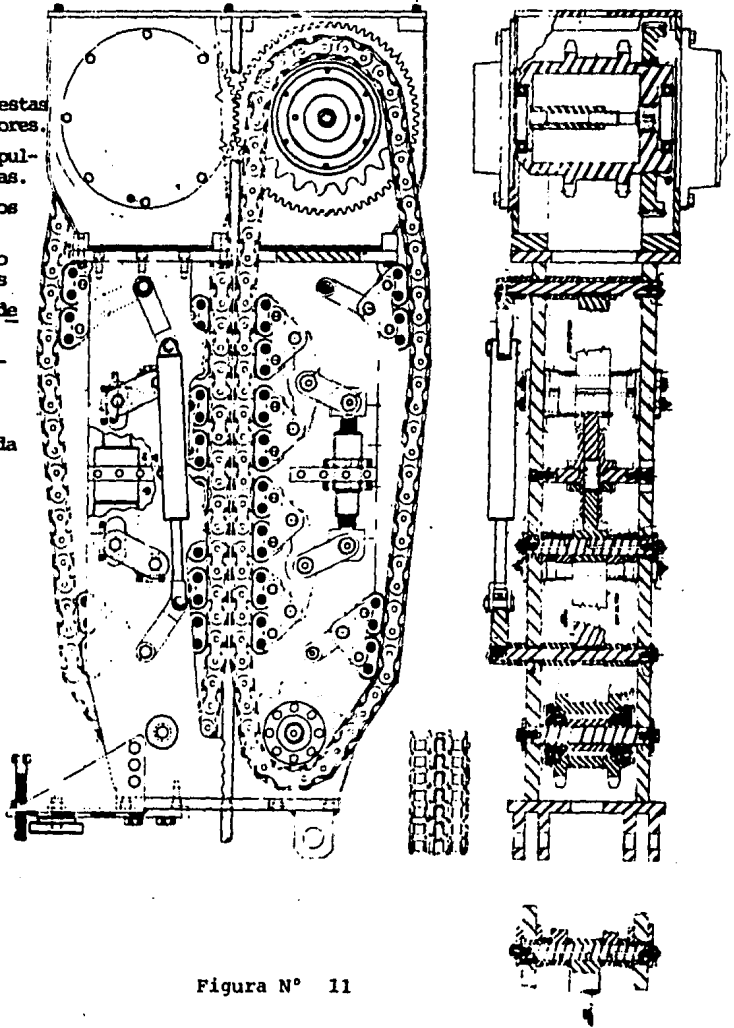


Figura N° 11

Un extremo del conjunto tiene sus propios soportes, los cuales son extensiones de la estructura de sustentación principal. El conjunto guiador consiste en un cuello de ganso que contiene nueve conjuntos de rodillos.

El conjunto guiador recibe la tubería desde el carrete y la dirige a las cadenas sinfín opuestas con un radio mínimo controlado que evita la torcedura de la tubería flexible; dos rodillos guiadores laterales no permiten que ésta se desvíe del conjunto guiador.

3. Indicador de peso de la tubería flexible

(Figura N° 10).

El indicador de carga está ubicado en el mismo patín del conjunto inyector de tubería. La unidad impulsora está encima del indicador y el patín está conectado rígidamente al árbol de válvulas. Es decir, el indicador de carga aísla el peso total del conjunto inyector y de la tubería bajada en el pozo por una parte y del árbol y sistema de soportes por otra parte.

El indicador es del tipo hidráulico y su esfera indicadora está ubicada en el tablero de control. En la operación normal, se ajusta el indicador a cero, lo cual sustrae el peso de la unidad inyectora y proporciona únicamente el peso, en kilogramos o libras, de la tubería bajada en el pozo, así como la fuerza de empuje o de tiro ejercida en ella.

4. Conjunto estructural de sustentación y patín.

Este conjunto se encuentra provisto de su estructura y piernas de apoyo que sirven para mantener en equilibrio sobre el árbol, el peso total del conjunto inyector y de la tubería.

También aseguran que el conjunto invector y el conjunto guiador no se muevan lateralmente, sin embargo, el conjunto inyector de tubería se mueve verticalmente dentro del marco guiador para que funcione el indicador de peso. Los dos acumuladores del sistema de aprisionamiento de tubería y del sistema tensor de las cadenas, están montados en el patín.

Al introducir la tuberfa flexible, la presión puede aumentar en los circuitos del cilindro de tensión del inyector después de haberse ajustado, a causa de un aumento en la temperatura y/o en el diámetro de la tuberfa. Los circuitos de tensión se mantienen controlados y al suceder cualquier aumento de presión deberán purgarse dado que no hay ninguna otra válvula de alivio en los circuitos de tensión. Si aumenta la presión excesivamente puede dañarse la tuberfa, los cilindros de tensión o los manómetros.

5. Circuito de freno del inyector de tuberfa.

Existen dos frenos de disco en el inyector; uno para cada cadena y que actúan neumáticamente (Figura N° 11 bis). En la parte inferior del ensamble en la prolongación de las flechas, se encuentran dos engranes cilíndricos rectos que operan en paralelo con los motores. Estas flechas tienen en sus extremos opuestos dos discos de fricción; el actuador neumático permite frenar inmediatamente la tuberfa cuando la operación lo requiera.

CABEZAL INYECTOR

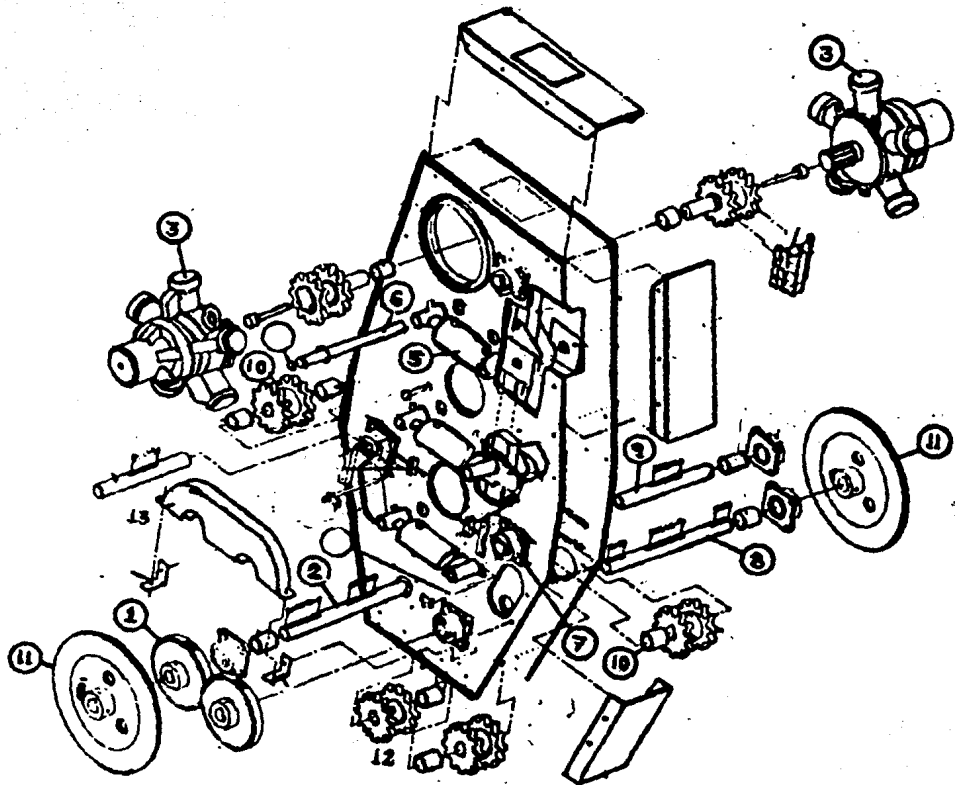


FIGURA N° 11

- 1. ENGRANAJES CILINDRICOS RECTOS**
- 2. FLECHA**
- 3. MOTOR**
- 4. CATARINA DOBLE**
- 5. CILINDROS HIDRAULICOS DE TENSION DE LAS CADENAS**
- 6. FLECHA TENSORA DE CADENAS**
- 7. CHUMACERAS DE REDAMIENTO**
- 8. FLECHA**
- 9. FLECHA**
- 10. CATARINA DOBLE (RUEDA DENTADA INTERIOR)**
- 11. DISCO DE FRENO**
- 12. RUEDA DENTADA INFERIOR**
- 13. CUBIERTA DE TRANSMISION**

B. El carrete de tubería flexible.

El carrete de tubería flexible se localiza en la plataforma de la unidad (Figura N° 12) y consta de:

1. Patín de carrete y unidad impulsora
2. Carrete de tubería flexible
3. Nivelador automático de enrollamiento uniforme

1. Patín de carrete y unidad impulsora.

El patín está diseñado para trabajos pesados y es típico de los que se encuentran en la industria petrolera; es rígido y resistente, se encuentra equipado con colector de aceite y proporciona una base firme de sustentación del carrete; cuenta con cojinetes de descanso antifraccionales que están montados en pedestal y aceptan el peso del carrete, la tubería y del fluido en ella. La unidad está equipada con una válvula de alivio de mando del carrete, que es ajustable para obtener la tensión deseada entre la rueda impulsora y las cadenas opuestas.

CARRETE DE TUBERIA FLEXIBLE

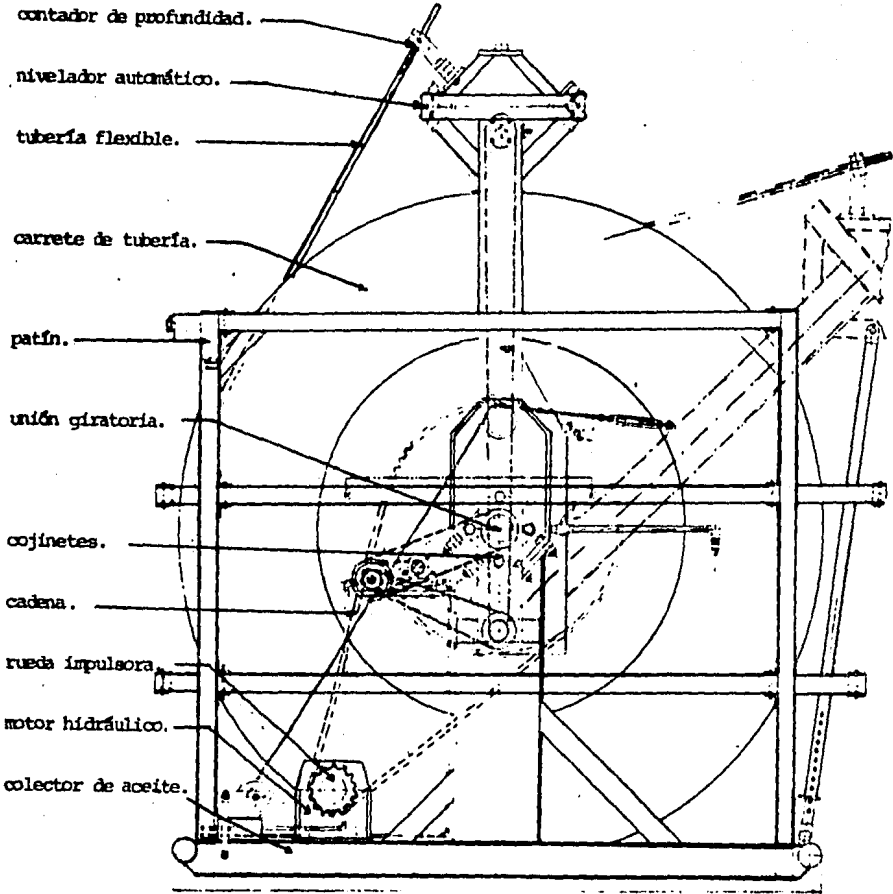
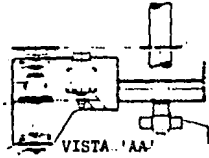


FIGURA No 12

También hay ruedas impulsoras para operar mecánicamente el nivelador automático, así como, un motor hidráulico el cual es más potente que el sistema mecánico y se utiliza cuando este nivelador de enrollamiento uniforme, deje de funcionar bien sincronizado en el carrete; este motor hidráulico hace girar el carrete y provee una pequeña resistencia hacia la tracción de la cabeza inyectora.

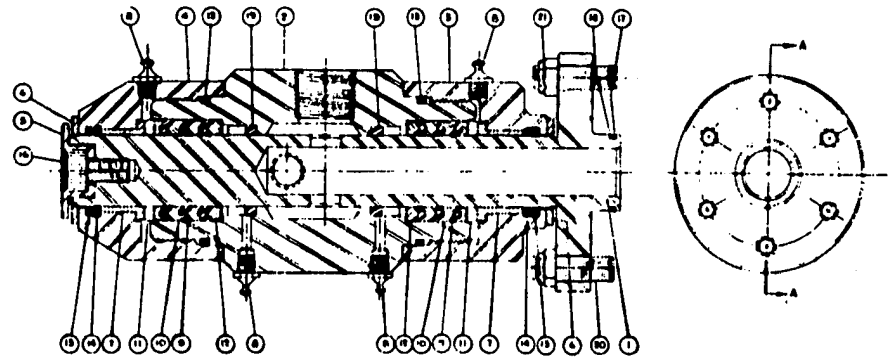
2. El carrete de tubería flexible.

Está fabricado de acero, sus dimensiones varían de acuerdo con la capacidad de almacenamiento de tubería; generalmente son de 2.45 m de diámetro, 1.50 m de ancho, 2.90 m de base y con una capacidad hasta de 6 700 m de tubería.

El extremo de la tubería se conecta a la unión giratoria por el extremo hueco en el eje del carrete (Figura N° 13). La parte fija de la unión giratoria está conectada al sistema de circulación de fluido; por ésto es posible mantener el régimen de circulación sin interrupciones al inyectar y sacar la tubería flexible.

- 1.- Flecha.
- 2.- Cuerpo.
- 3.- Cabeza "A".
- 4.- Cabeza "B".
- 5.- Retenedor.
- 6.- Rondana de empuje.
- 7.- Buje.
- 8.- Engrasador.
- 9.- Empaque.
- 10.- Empaque espaciador "A".

- 11.- Empaque espaciador "B".
- 12.- Empaque espaciador "C".
- 13.- Anillo.
- 14.- Anillo.
- 15.- Anillo de fondo.
- 16.- Tornillo de la cabeza.
- 17.- Anillo.
- 18.- Anillo de fondo.
- 19.- Anillo de sello.
- 20.- Tornillo largo.
- 21.- Tuercas.



Sección A-A

FIGURA N° 13

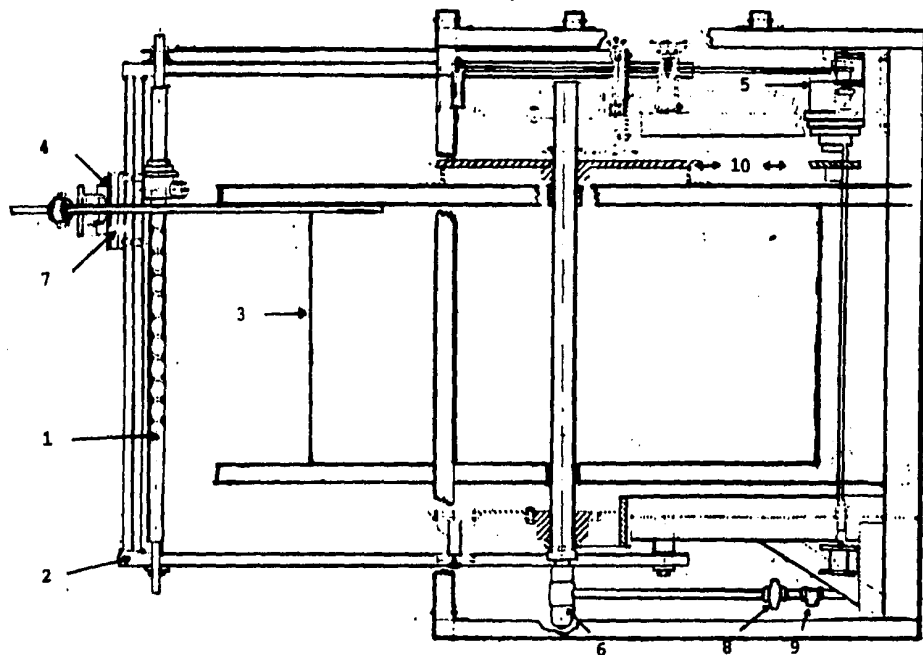
Una válvula de cierre con presión de trabajo de 350 kg/cm^2 (5000 lb/pg^2), está instalada entre la tubería y el eje del carrete para uso en caso de emergencia (Figura N° 14).

3. Nivelador automático de enrollamiento uniforme.

El mecanismo está conectado a los soportes del carrete y ayuda a recuperar la tubería ordenadamente sin traslaparla; provisto de un dispositivo que disminuye al mínimo los claros entre cada vuelta de la tubería enrollada; este mecanismo se mueve a lo largo de una barra devanadora accionada por la rotación del carrete; cuenta además con un contador de profundidad.

C. Conjunto de preventores. Equipos instalados en el árbol de válvulas.

Los equipos de la unidad de tubería flexible instalados en el árbol de válvulas, son de suma importancia ya que proporcionan control y seguridad al intervenir en un pozo. Son los siguientes:



- 1.- Barra devanadora.
- 2.- Patín.
- 3.- Carrete de tubería.
- 4.- Nivelador automático.
- 5.- Motor hidráulico del carrete.

- 6.- Unión giratoria.
- 7.- Contador de profundidad.
- 8.- Unión de 2.54 cm (1 pg)-10 Mil.
- 9.- Tee de 2.54 cm (1 pg)-6 Mil.
- 10.- Cadena del carrete.

Figura No 14 .

1. Prensaestopas hidráulico
2. Preventores de cuatro arietes
3. Unión adaptadora al árbol de válvulas

Todos resistentes al sulfuro de hidrógeno (H_2S)

1. Prensaestopas hidráulico.

El tamaño nominal del prensaestopas hidráulico (Figura N° 15), es de 6.4 cm (2.5 pg); se conecta a la parte inferior de la unidad inyectora por medio de una brida, un resorte lo mantiene abierto y la fuerza hidráulica lo cierra; la conexión de la parte inferior del prensaestopas con la superior de los preventores se hace por medio de una unión tipo Bowen.

Los empaques alrededor del cuerpo de acero son suficientes para varias corridas bajo presión; en caso de un desgaste se reemplaza.

El prensaestopas está diseñado para una presión de trabajo de 350 kg/cm^2 (5000 lb/pg^2) y es accionado por la presión del fluido hidráulico

PRENSAESTOPAS HIDRAULICO

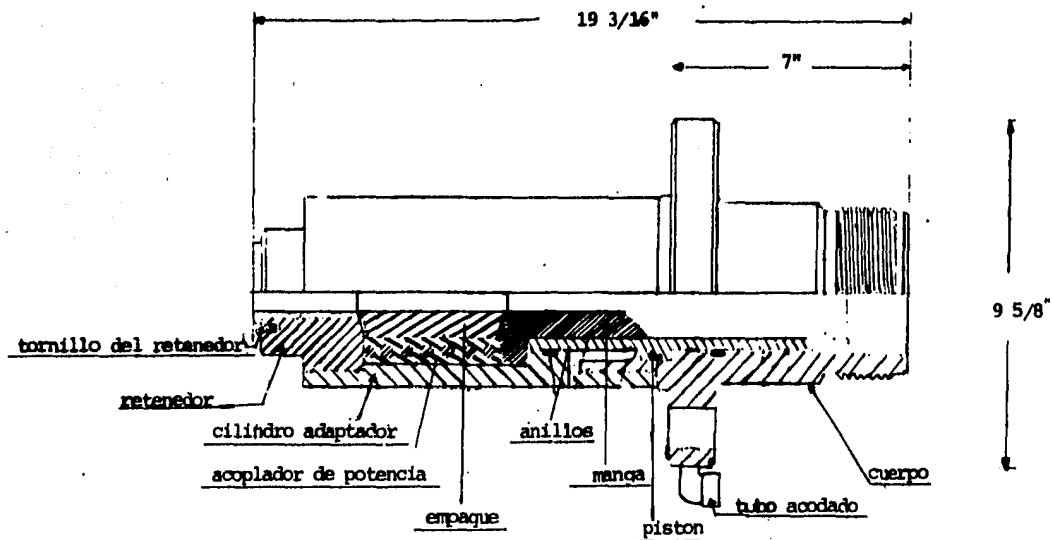


FIGURA No 15

PRENSAESTOPAS HIDRAULICO

POSICION DEL EMPAQUE
OPERANDO

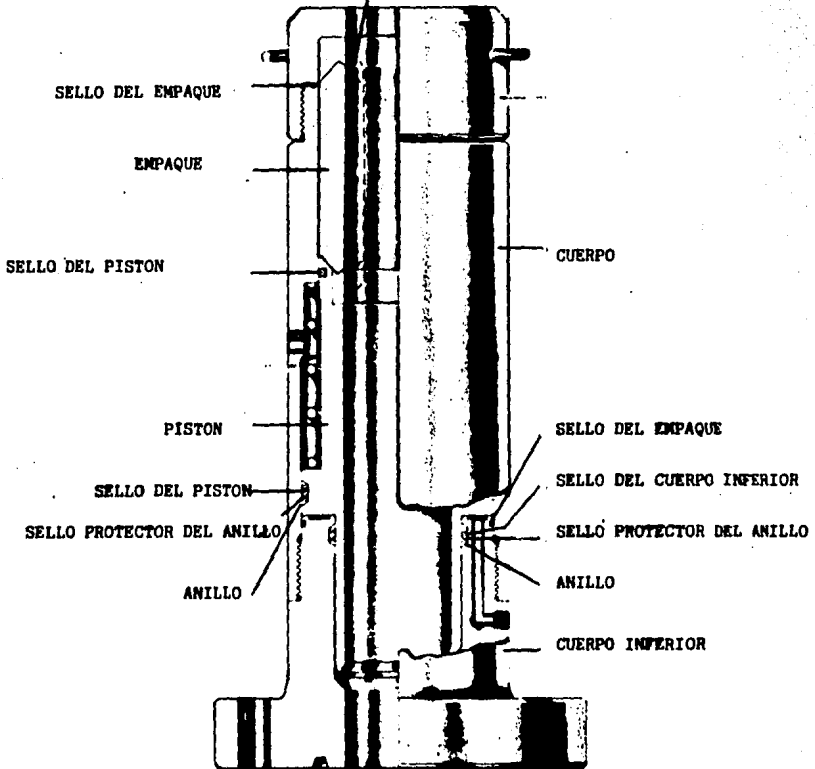


FIGURA No 15 --A

con el cual se alimenta el pistón; éste comprime un empaque de gran volumen para formar un sello hermético alrededor de la tubería inyectada en contra de la presión existente en el pozo, si la hay; cuando la presión hidráulica disminuye, el pistón se retrae y el empaque vuelve a su forma original.

En su diseño, el prensaestopas consiste básicamente en el cuerpo, el pistón, el empaque y el tornillo de retención.

El cuerpo es el componente principal, hace el papel de cilindro hidráulico para el pistón, de caja para el empaque, de acoplador de potencia, de caja para el tornillo.

El empaque está fabricado de materiales sintéticos, de una composición que garantiza la elasticidad y una óptima resistencia a la abrasión.

También existe con aditivo de poliuretano.

El tornillo de retención, cierra la parte superior del conjunto. Si el empaque está des

gastado y ya no forma un sello hermético, se deberá reemplazar.

El prensaestopas es resistente y poco complicado; un mantenimiento mínimo evita mal funcionamiento y prolonga la vida útil del mismo.

Después de aproximadamente tres operaciones, se desarma por completo para revisarlo, limpiarlo, engrasarlo y cambiar las piezas dañadas.

2. Preventores de cuatro arietes.

Los preventores de tipo gemelo forman una unidad de cuatro arietes, los cuales se abren o se cierran por medio de energía hidráulica (Figura N° 16).

A pesar de que son livianos, son capaces de resistir presiones hasta de 350 kg/cm^2 (5000 lb/pg^2). Generalmente existen dos tipos básicos de accionamiento manual mediante vástagos insertados y de accionamiento hidráulico; éste último se utiliza donde opera con frecuencia o donde se acciona a control remoto, como es el caso de la unidad de tubería flexible.

La energía hidráulica proviene de la misma bomba que suministra el flujo a los circuitos del brazo y rotación de la grúa; existe una válvula de alivio montada en la bomba que limita la presión máxima de funcionamiento de los circuitos de la grúa, 175 kg/cm^2 (2500 lb/pg^2). La válvula del selector montada en el equipo dirige el flujo a la grúa, a los circuitos del cilindro de tensión o a los preventores.

La presión máxima de funcionamiento 110 kg/cm^2 (1500 lb/pg^2) del circuito de preventores está controlada por la válvula de descarga montada en el equipo motor. El flujo de la bomba se dirige al acumulador precargado con nitrógeno; éste almacena el fluido hidráulico bajo presión para cerrar el preventor en caso de una avería que ocasionaría la pérdida del flujo hidráulico de la bomba.

Al llenarse el acumulador y la presión del sistema alcanza 110 kg/cm^2 , se abre la válvula de descarga para desviar el flujo de la bomba al depósito a baja presión. La válvula de retención tiene un orificio piloto que permite a la válvula de descarga detectar la presión del sistema a menos del 10% del punto fijado en la misma; la válvula de descarga

PREVENTORES GEMELOS

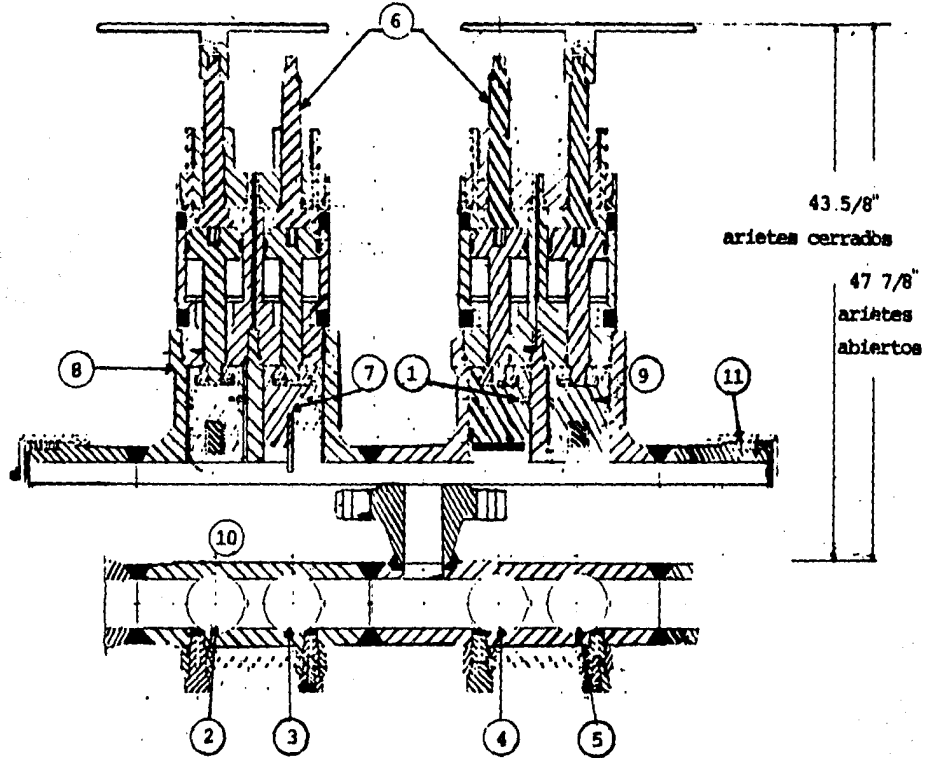


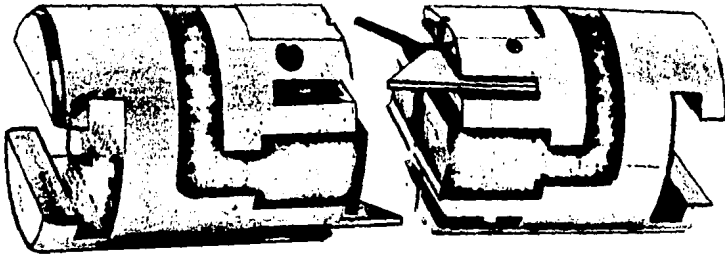
FIGURA No 16

se cierra para dejar que el flujo de la bomba fluya al sistema.

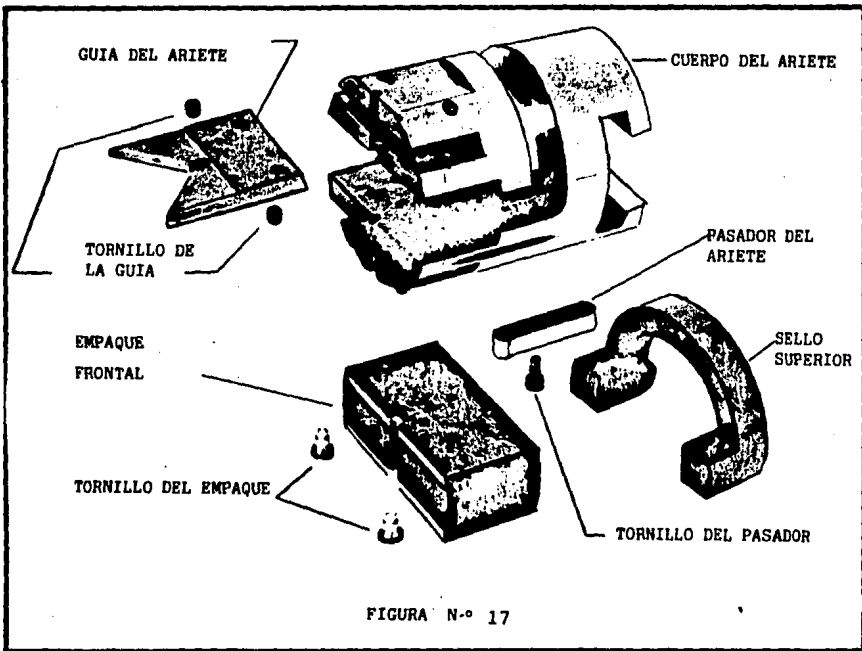
La bomba y/o el acumulador suministra flujo y presión a la válvula de control direccional de cuatro secciones que operan los preventores. Dado que éstos siempre se mantienen abiertos o cerrados, el sistema está siempre exactamente o muy cerca del punto de ajuste de la válvula de descarga. Este sistema tiene por objeto represionar los circuitos de los cilindros de tensión del inyector y está limitado a 70 kg/cm^2 (1000 lb/pg^2) mediante una válvula reguladora de presión.

Cada cilindro cuenta con una válvula de presión y de purga. Los arietes de servicio pesado de los preventores (Figura N° 17), presentan sello externos moldeados de una sola pieza, que sellan al tope; los sellos internos son de construcción tipo oblea, fondo de acero, con un sello de caucho moldeado por enmedio.

Los cuatro arietes, de arriba a abajo son de los tipos siguientes:



ARIETE ENSAMBLADO



- Ciegos
- De corte
- De cuña
- Anulares

Existen válvulas entre cada uno de estos arietes para igualar la presión entre ellos en caso de necesidad. Entre los arietes centrales hay un orificio embridado, con un diámetro de 5 cm (2pg), el cual puede utilizarse para las funciones de estrangulamiento o purga o para bombear en casos de emergencia.

La prueba de los preventores de tub
rfa flexible se puede realizar de la siguiente manera:

- Arietes ciegos:

Se levanta el preventor con la pluma, se procede a co
nectar la línea del equipo de alta presión o de nitro
geno en su conexión de la parte inferior, se acciona el preventor hasta notar que esté completamente cerra
do y se comienza a aplicar presión hasta llegar a 280 kg/cm^2 (4000 lb/pg^2); éste preventor deberá aguan
tar la presión sin ningún problema. Cuando la prueba se haga con algún fluido, se tendrá precaución ya que

al llenarse la línea la presión se levanta bruscamente y la puede romper.

- Ariete cortador:

Se introduce un pedazo de tubo en el preventor y se acciona, los arietes lo deberán cortar sin ningún problema.

- Ariete de cuñas:

Se introduce un pedazo de tubería flexible y al activarse los arietes, lo atraparán uniformemente y no se podrá mover en ningún sentido; este ariete marca la tubería por lo que sólo deberá usarse en caso extremo.

- Ariete anular:

En las mismas condiciones que el anterior, se introduce un pedazo de tubo al preventor y al accionarlo los arietes deberán rodearlo completamente para no permitir circulación. Estos arietes no deberán marcar el tubo, de lo contrario se deberán cambiar.

3. Unión adaptadora al árbol de válvulas.

La unión adaptadora al árbol de válvulas ubicada en la parte inferior de los preventores se conecta a la unión embridada de 7.3 cm (2.875 pg); abajo de ésta una combinación de 8.9 x 7.3 cm (3.5 x 2.875 pg) se conecta al árbol.

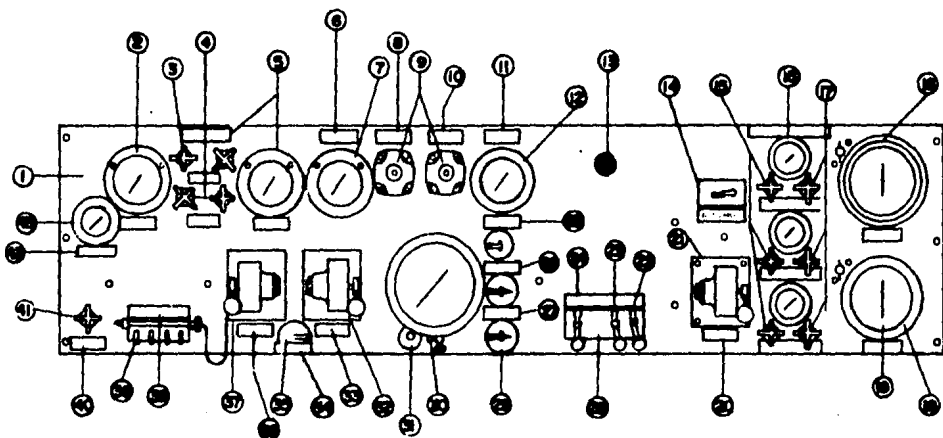
D. Los dispositivos de control.

Los dispositivos de control de esta Unidad están montados en la caseta en un solo tablero, Figura N° 18. Este tablero contiene todos los indicadores y dispositivos de control que son necesarios para operar los varios componentes de la unidad; el carrete y el conjunto inyector se accionan inicialmente por medio de la válvula que determina su dirección de movimiento; su velocidad se regula por medio de la válvula de control hidráulica y las válvulas de alivio; los manómetros en el tablero indican la presión en el carrete y en el conjunto inyector.

También existen los dispositivos para el motor del nivelador automático; hay indicador de RPM del motor primario y un interruptor de seguridad para detener el motor en caso de emergencia; además, el tablero tiene indicadores que dan la presión en la cabeza del pozo y el peso de la tubería flexible, así como las válvulas que controlan los preventores. El tablero está equipado con una válvula maestra de seguridad que asegura que las válvulas que controlan los arietes no se cambien de posición.

Los dispositivos de control de las bombas hidráulicas manuales también están ubicados en el tablero. Las cuatro bombas se utilizan para los propósitos siguientes:

1. Regulación de la tensión de las cadenas del conjunto inyector.
2. Regulación de la presión que se ejerce en los rodillos del conjunto inyector.
3. Regulación de la presión del prensaestopas
4. Cierre de los arietes de los preventores.



Tablero de la cabina del operador.

FIG. No 18

TABLERO DE LA CABINA DEL OPERADOR

1. Tablero con los dispositivos de control
2. Manómetro N° 1 del prensaestopas
3. Válvula de aguja para presionar el prensaestopas
4. Control de abastecimiento hidráulico del prensaestopas
5. Manómetro N° 2 del prensaestopas
6. Presión en el cabezal inyector
7. Manómetro de la presión en el cabezal inyector.
8. Presión de ajuste en el cabezal inyector
9. Válvulas de alivio del cabezal inyector y del carrete
10. Presión de ajuste del cabezal inyector y del carrete
11. Presión del carrete
12. Manómetro de la presión en el carrete
13. Claxón
14. Válvula de aire para regular la velocidad del cabezal inyector.
15. Válvula de aguja para presionar los cilindros de tensión de las cadenas.
16. Manómetros de los cilindros de tensión de las cadenas.
17. Válvulas de aguja para purgar la presión de los cilindros de tensión de las cadenas.
18. Manómetro de la presión de circulación de los fluidos.
19. Manómetro de la presión en la cabeza del pozo.
20. Acelerador del motor principal.
21. Válvula de la aceleración del motor.

22. Válvula de control direccional del carrete
23. Válvula para enrollar uniformemente la tubería
24. Válvula de movimiento del carrete
25. Válvula de aire para frenar el motor.
26. Válvula de aire del freno de emergencia del motor
27. Indicador para frenar el carrete
28. Conjunto de válvulas para controlar el carrete.
29. Válvula de aire para frenar el carrete
30. Manómetro indicador del peso de la tubería flexible.
31. Ajuste del indicador de peso de la tubería flexible
32. Válvula de aceleración del conjunto inyector
33. Control direccional del cabezal inyector
34. Freno de emergencia del cabezal inyector
35. Válvula de aire del freno de emergencia del cabezal in
yector.
36. Freno del cabezal inyector.
37. Válvula de freno del cabezal inyector
38. Controles de los preventores
39. Válvulas de control de los arietes
40. Lubricador de las cadenas del inyector
41. Válvula de aguja del lubricador del inyector
42. Presión de los preventores
43. Manómetro de presión de los preventores.

E. Carretes para las mangueras hidráulicas.

Los carretes para las mangueras hidráulicas, se localizan en la parte trasera del remolque y son más pequeños que el carrete de la tubería flexible, proporcionan los medios para almacenar las mangueras hidráulicas y líneas de control durante el transporte de la unidad inyectora.

**PROGRAMAS DE INSPECCION Y
MANTENIMIENTO APLICABLES A
LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE**

**III. PROGRAMAS DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO APLICABLES A
LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE.**

En este capítulo se indican las directrices de inspección y mantenimiento. La frecuencia depende en cada caso de las condiciones de trabajo, ambiente, edad y condiciones del equipo de tubería flexible en cuestión.

Programas de inspección y mantenimiento:

1. Diariamente, antes de operarla
2. Diariamente, después de operarla
3. Semanalmente
4. Cada dos semanas
5. Mensualmente
6. Semestralmente

1. Diariamente antes de operarla:

Revisar el tanque del fluido hidráulico motriz en el depósito de reserva (el nivel debe estar a menos de cinco centímetros del borde) con pluma plégada.

Revisar el nivel de aceite en la caja de engranajes.

Revisar la reserva de la bomba manual.

Revisar los filtros de aceite hidráulico (indicadores).

Examinar el nivel del lubricador para el inyector.

Comprobar que todas las conexiones rápidas estén bien apretadas.

Examinar la tensión de las cadenas del inyector.

Comprobar que todas las válvulas de mariposa de retorno y succión estén abiertas.

Después de poner en marcha el equipo motor, revisar:

- a) La presión del aceite del motor, el circuito de carga de la batería y la temperatura del agua.

- b) Si la presión de aire aumentó de 8.5 a 10.5 kg/cm² (120-150 lb/pg²).
- c) Si la presión del preventor aumentó de 100 a 105 kg/cm² (1400-1500 lb/pg²).
- d) Funcionamiento del lubricador del inyector.
- e) Escapes de los sistemas hidráulicos y neumáticos.
- f) Comprobar que todos los controles del carrete y del inyector funcionen debidamente.
- g) Probar los preventores.
- h) Si no se puede hacer una instalación firme con las cuatro patas de soporte del cabezal inyector, suspender la operación por el peligro de que se pueda caer y romperse.
- i) Los brazos laterales de la plataforma deben estar firmemente colocados en el piso y completamente abiertos. De no poderse instalar, suspender la operación, pues puede voltearse el equipo.

j) Limpiar y lubricar con aceite para motores:

- . Las cadenas del bloque impulsor; no permitir que el aceite entre en las ranuras pues es muy importante mantenerlas limpias.
- . Las varillas de los cilindros que generan tensión en las cadenas.
- . Las varillas de los cilindros que regulan la tracción de las cadenas del bloque impulsor.
- . Las cadenas, ruedas y barra devanadora del nivelador automático.

k) Engrasar:

- . Los rodillos auxiliares del bloque impulsor
- . Los rodillos tensores de las cadenas
- . Los rodillos guías de la tubería
- . La unión giratoria en el carrete de tubería

2. Diariamente después de operarla:

Llenar los depósitos del lubricador, del sistema hidráulico y el tanque de diesel.

Observar si hay señales de fugas hidráulicas. Apretar los dispositivos y/o sustituir los anillos para un mejor funcionamiento.

Antes de viajar, revisar el descanso de la pluma y asegurar el gancho con una cadena.

Mantener el cable de la pluma enrollado correctamente.

Tener cuidado de no forzar la pluma a su máximo; cuando la unidad opera con equipo de reparación o perforación.

3. Semanalmente: De 50 a 75 horas de funcionamiento

Drenar el agua, el cieno del fondo de los depósitos diesel e hidráulico y llenarlos hasta los niveles indicados.

Cambiar el aceite y los filtros del motor cada 50 horas de trabajo.

Engrasar todos los cojinetes del inyector, carrete y cambiar partes averiadas.

Limpiar y engrasar el tornillo de avance del enrollado de las ruedas dentadas, las cadenas y el nivelador automático.

Lubricar todas las articulaciones giratorias.

Cambiar los elementos del filtro hidráulico.

4. Cada dos semanas. Cada 150 horas de funcionamiento:

Drenar y cambiar el aceite de lubricación del motor.

Quitar la tapa de engranes de sincronización del inyector, limpiar y examinar desgaste, alineación, apretar tornillos y engrasar.

Examinar las conexiones de parar el motor por si hay desgaste.

Examinar el alineamiento de las cadenas de mando del inyector; los dientes de la rueda dentada que deben estar en el centro de los eslabones de la cadena y éstos deben estar centrados entre las placas laterales del inyector.

Comprobar si están bien apretadas las conexiones del sistema de entrada de aire del motor, examinar el estado de los empaques del prensaestopas y conductos para evitar escapes.

5. Mensualmente. Cada 300 horas de funcionamiento:

Cambiar los elementos del filtro hidráulico del generador y del equipo motor.

Cambiar los elementos del filtro hidráulico.

Examinar si están corroidas las conexiones eléctricas circuitos de C.A y C.D.

Si se ha trabajado en condiciones de exceso de polvo, deberá cambiarse el elemento purificador de aire.

Comprobar, si las bandas del motor están en buen estado y con la tensión debida.

6. Semestralmente, Cada 2000 horas de funcionamiento:

Drenar el depósito hidráulico; limpiarlo bien con un buen solvente. Limpiar coladores de succión, poner un nuevo filtro, llenar el depósito a través del filtro de retorno y cambiar el elemento del filtro.

Cambiar el aceite hidráulico.

Examinar si están deterioradas las mangueras de succión y el estado de los forros internos. Examinar las abrasaderas de las mangueras, cambiar las partes que estén dañadas o desgastadas.

Cambiar todos los anillos de las bridas de succión y presión.

Limpiar con solvente el depósito de reserva.

Drenar y limpiar el motor; cambiar el enfriador.

**INSTALACION Y OPERACION DE
LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE**

IV. INSTALACION Y OPERACION DE LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE.

Se recomienda efectuar el procedimiento siguiente con respecto a la instalacion y operaci3n de la unidad en el 6rbol de v6lvulas.

A. Instalaci3n y operaci3n.

1. El equipo deber6 sentarse en un lugar plano, en la medida que sea posible y as6 tener una instalaci3n firme.
2. Examinar todas las conexiones hidr6ulicas y neum6ticas del inyector y de los preventores.
3. Examinar la tensi3n de las cadenas del inyector.
4. Examinar las funciones del inyector (frenos, lubricador, cilindros de tensi3n, motores de mando).
5. Examinar el alineamiento de las cadenas, los discos de los frenos, y los engranes de sincronizaci3n.
6. Examinar el funcionamiento de los arietes de los preventores y las fugas hidr6ulicas que no pueden verse con el preventor montado en el 6rbol de v6lvulas.

7. Con la ayuda de la pluma, conectar los preventores al árbol de válvulas, utilizando la unión adaptadora a la brida superior del árbol.
8. Examinar los empaques del prensaestopas.
9. Conectar el conjunto inyector al prensaestopas y dirigirlo hacia el carrete y apretar la unión.
10. La unidad deberá colocarse en el pozo en dirección contraria y paralela hacia donde sopla el viento, de tal manera que el árbol de válvulas quede a la izquierda detrás de la plataforma visto desde la ventanilla de la cabina del operador.
11. Conectar todas las mangueras del sistema hidráulico, de las bombas manuales y de las que existen entre los manómetros y el cabezal.
12. Aplicar presión hidráulica a los cilindros que regulan la tensión de las cadenas del bloque impulsor; aumentar la presión hasta 21 kg/cm^2 (300 lb/pg^2) aproximadamente. Los cilindros operan con rangos de presión de 0 a 70 kg/cm^2 .
13. Desenrollar la tubería hasta alcanzar la distancia de metro y medio arriba del árbol de válvulas.

14. Retirar los retenedores de tubería sacando los pasado res.
15. Colocar la tubería flexible en los rodillos guidores y reinstalar los retenedores en el conjunto guiador.
16. Comprobar que las tres válvulas de purga de los cilindros de tensión están completamente abiertas antes de insertar la tubería en las cadenas del inyector.
17. Pasar la tubería manualmente a través de las cadenas de mando y modificar el extremo de la tubería flexible conectándole la herramienta que se requiera para cada trabajo como centradores, turbo barrena, eyector, etc.
18. Instalar el sistema estructural de sustentación, las patas superiores e inferiores y los conjuntos gatos de tornillo en los cuales está montado el conjunto in yector de tubería. Utilizar los gatos de tornillo para estabilizar el conjunto inyector, levantándolo hasta que los patines estén nivelados y el árbol esté sujeto a tensión adecuada; además hay que amarrar los patines con tirantes o vientos; los dos ojos en la parte superior de atrás están diseñados para tales pro pósitos.

19. Colocar los patines con respecto al carrete de tubería, de tal manera que el conjunto guiador de la tubería esté paralelo y alineado con el carrete para reducir al mínimo el ángulo en el que se mueve la tubería. La distancia entre las unidades y su alineamiento son factores muy importantes; es difícil enrollar la tubería flexible en el carrete si las unidades no están bien alineadas o si están demasiado cerca una de la otra.

20. Cambiar la válvula de aguja de la presión hidráulica para regular la tensión de los bloques impulsores; se giran al máximo en el mismo sentido de las manecillas del reloj, utilizar la bomba de la presión hidráulica hasta que el manómetro indique la presión de 42 kg/cm² (600 lb/pg²); el valor exacto de la presión deseada varía según la profundidad de la tubería flexible inyectada. Las presiones excesivas reducen la vida útil de la tubería.

21. Comprobar que la unidad inyectora hidráulica y el prensaestopas no estén operando y que el preventor esté completamente abierto.

B. Puesta en marcha del equipo motor.

1. Todas las válvulas de control hidráulico y neumático deberán estar en la posición central en la consola de control y comprobar que todas las válvulas de aguja estén correctamente abiertas o cerradas, según la operación.
2. Examinar los niveles del enfriador, del aceite del motor y del combustible diesel.
3. En clima muy frío conectar el generador a la unidad y poner a funcionar el calentador del lubricante del motor, el calentador del enfriador y el calentador del depósito hidráulico antes de intentar poner en marcha el motor.
4. Examinar las bandas del compresor de aire, del alternador y del ventilador.
5. El conjunto inyector y la válvula de acción hidráulica que controla el carrete deberá estar en su posición central y las válvulas que regulan la velocidad se giran al máximo en sentido contrario a las manecillas del reloj.

6. Encender el motor y dejarlo correr a velocidad de vacío de 600-800 RPM mientras se examina la presión del aceite del motor; antes de comenzar cualquier función hidráulica, se deberá dejar que el motor se caliente lo suficiente.

C. Inyección de la tubería flexible en el pozo.

1. Cambiar las válvulas que controlan el carrete en la posición dentro (in), luego girar en sentido de las manecillas del reloj la válvula de control direccional que regula la velocidad hasta que el carrete comience a girar; el movimiento del carrete compensará el juego de la tubería; utilizar esta válvula para mantener la tensión adecuada en la tubería.
2. Girar a la posición dentro (in) la válvula de control del conjunto inyector, aumentar lentamente la presión hidráulica que alimenta al conjunto inyector girando en sentido de las manecillas del reloj, la palanca de la válvula que regula la velocidad hasta que los bloques impulsores comiencen a inyectar la tubería flexible en el pozo.

Ajustar el indicador de profundidad a cero y seguir inyectando la tubería hasta que el extremo de ésta pase abajo del preventor. Se deberá tener cuidado de que las válvulas del árbol (maestra y sondeo) estén abiertas.

3. Si el pozo está bajo presión, las válvulas maestra y de sondeo deben estar cerradas.
 - a) Dejar de inyectar tubería después de que el extremo de tubería flexible pase abajo de los arietes del preventor y antes de que entre en contacto con la válvula de sondeo del árbol. Esto se efectúa girando la válvula de control del conjunto inyector a su posición central.
 - b) Cerrar los arietes anulares de la tubería flexible.
 - c) Abrir las válvulas del árbol.
 - d) Operar el prensaestopas utilizando la bomba hidráulica.
 - e) Marcar la tubería flexible en la parte inferior de la unidad inyectora.
 - f) Abrir el preventor

g) Girar a la posición dentro (in) la válvula de control del conjunto inyector.

4. Si no hay presión en el pozo.

a) Girar a la posición central, la válvula de control del conjunto inyector de la tubería para dejar de inyectarla.

b) Abrir las válvulas de sondeo y maestra del árbol.

c) Se puede usar el prensaestopas

d) Girar a la posición dentro (in) la válvula de control del conjunto inyector para seguir inyectando tubería flexible.

5. Abrir lentamente la válvula de estrangulación hasta la velocidad de inyección deseada: Al mismo tiempo hay que ajustar la válvula de regulación de la velocidad del carrete para mantener tensión en el tramo de tubería entre el carrete y el conjunto inyector; desde este punto la velocidad se ajusta con las válvulas reguladoras de velocidad.

Si la inyección aumenta en razón directa con la velocidad del motor (RPM), hay que dirigir la perilla de la válvula reguladora de velocidad en sentido de las manecillas del reloj para obtener la presión deseada en la tubería.

6. Dejar de inyectar tubería entre las profundidades de 30 a 60 m (100 a 200 pies) y marcar la tubería cerca del nivelador automático para que pueda ser vista por el operador.
7. Iniciar la circulación de fluidos.

D. Detener la inyección de la tubería flexible.

Se recomienda observar el procedimiento siguiente para detener la inyección de tubería flexible en el pozo.

1. Con la válvula de estrangulación disminuir a 800 - 1200 RPM
2. Girar las válvulas reguladoras de velocidad en sentido contrario a las manecillas del reloj, hasta que la unidad inyectora y el carrete dejen de moverse.

3. Girar a la posición central (stop) la válvula de control del conjunto inyector. La presión del sistema caerá y operará el freno automático del bloque impulsor para detener la inyección de la tubería flexible en el pozo.
4. No se debe girar a la posición central (stop) la válvula de control del carrete; hay que mantener la tensión adecuada en la tubería flexible.
5. Comprobar que los patines en los cuales está montado el conjunto inyector todavía estén nivelados y que sus patas estén firmes.

E. Para extraer la tubería flexible del pozo.

1. Girar a la posición fuera (out) la válvula de control del conjunto inyector.
2. Aumentar la velocidad del motor utilizando la válvula de estrangulación.
3. Aumentar la velocidad del carrete utilizando las válvulas reguladoras de velocidad. Al enrollar la tubería en el carrete, vigilar que la tubería se enrolle

correctamente especialmente en los rebordes del mismo. Existe un dispositivo especial montado en el panel de control del operador que se usa para guiar la tubería en el carrete, si con el mecanismo que proporciona el enrollamiento uniforme no se logra.

4. Evitar las paradas y los arranques bruscos porque deforman la tubería flexible; al enrollarla deberá bañarse con diesel para evitar la corrosión externa.
5. Disminuir la velocidad al llegar a la profundidad de 60 metros (200 pies) y a baja velocidad recuperar la tubería hasta observar en el nivelador automático la marca que se le hizo para no sacarla antes de cerrar la boca del pozo. La disminución de la velocidad también evitará daños personales y de la tubería flexible.
6. Si existe presión en el pozo, hay que parar el conjunto inyector y el carrete cuando el extremo de la tubería esté ubicado entre la válvula de sondeo y los arietes del preventor.

Cerrar la válvula maestra y de sondeo del árbol cuando llegue a ella la marca hecha en la tubería flexible.

7. Desconectar el accesorio que se haya utilizado (turbo barrena, eyector, etc.). Se continua sacando la tubería hasta que su extremo esté ubicado arriba de los bloques impulsores; en ese momento parar el conjunto inyector y el carrete.
8. Quitar los retenedores de la tubería, sacar la tubería del conjunto guiador y enrollarla en el carrete.
9. Quitar el contador de profundidad antes de remover el inyector.
10. Con la ayuda de la pluma se procede a desmantelar la unidad inyectora, preventores y conjunto estructural de sustentación para posteriormente colocarlos en su lugar en la plataforma de la unidad.

El procedimiento descrito, es aplicable también cuando se opera con equipo de reparación o perforación, salvo pequeñas variaciones; se trabaja sobre el piso del mastil a través de la mesa rotaria.

SU APLICACION EN POZOS PETROLEROS

POZO: Hallazgo 64
DISTRITO: Pozá Rica
ZONA: Centro
SISTEMA DE PRODUCCION: Bombeo neumático
OBJETIVO: Remover depósitos calcáreos

OPERACION: Con la tubería flexible y eyector a 10 m de profundidad se inició el bombeo de 4 m^3 de ácido clorhídrico al 10% con TA-2 (removedor de carbonatos) con una presión inicial de 70 kg/cm^2 y un gasto de 80 l/min.

Con una inyección de tubería de 10 m/min y la ayuda del estado mecánico del pozo (Figura N° 19), 10 m antes y 10 m después de cada válvula de inyección se disminuyó la velocidad de inyección de ésta para descarbonatar la válvula; antes de continuar se hicieron rapasos para garantizar la limpieza.

A la profundidad de 1353 m se presentó resistencia y se hicieron tres intentos por vencerla incrementando la presión de circulación a 210 kg/cm^2 sin éxito; se procedió a cargar 600 kg de peso con la tubería logrando vencerla; se levantó 10 m para circular y se continuó bajando para descarbonatar hasta 3070 m, profundidad media del intervalo productor, donde se incrementó la presión a 210 kg/cm^2 hasta desalojar por completo el ácido clorhídrico, ayudando con esto a la limpieza del intervalo.

El ácido se desplazó con 4 m^3 de kerosena que se circularon con una presión máxima de 245 kg/cm^2 ; durante esta circulación la tubería se levantó a 2000 m donde permaneció durante 15 minutos.

Se inició a través de la tubería flexible de 2.54 cm (1 pg) de diámetro exterior la circulación de 3000 m^3 de nitrógeno con un gasto de 80 l/min y una presión de 63 kg/cm^2 ; el nitrógeno debido a su movilidad arrastra a la superficie los productos de la reacción; éstos son conducidos por la línea de descarga a la batería donde son separados o quemados.

Se continuó bajando la tubería hasta 3073 m donde se incrementó la presión a 210 kg/cm^2 ; se sacó la tubería flexible con el mismo gasto y disminuyendo la presión. A la profundidad de 500 m al desalojar únicamente nitrógeno se suspendió el bombeo.

Se procedió a circular 3 m^3 de agua con tres sacos de cal disueltos para evitar la corrosión de la tubería.

El tiempo empleado en la operación fue de 8 horas.

Se complementó la operación con la circulación de 4 m^3 de ácido clorhídrico al 20% con 3 m^3 de kerosena para descarboxar la línea de descarga.

ANALISIS DE COSTO.

Se hace una comparación de costos entre la unidad de tubería flexible y un equipo de reparación y terminación de pozos, para la operación antes descrita.

ANALISIS	UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE	EQUIPO DE REPARACION Y TERMINACION DE POZOS
Costo por día	\$190,000.00	\$1'125,000.00
Tiempo estimado de operación	8 horas	5 días
Costo total de la operación	\$190,000.00	\$5'625,000.00

Se puede observar que la operación con tubería flexible tiene un ahorro de \$5'435,000.00 pesos

Confirma la eficiencia y la seguridad en la restitución de producción a estos problemas.

Estado mecánico del pozo hallazgo 64

Profundidad de válvulas	
(m)	(ft)
599	1966
1025	3364
1420	4658
1774	5821
2087	6847
2372	7781
2622	8604
2860	9384

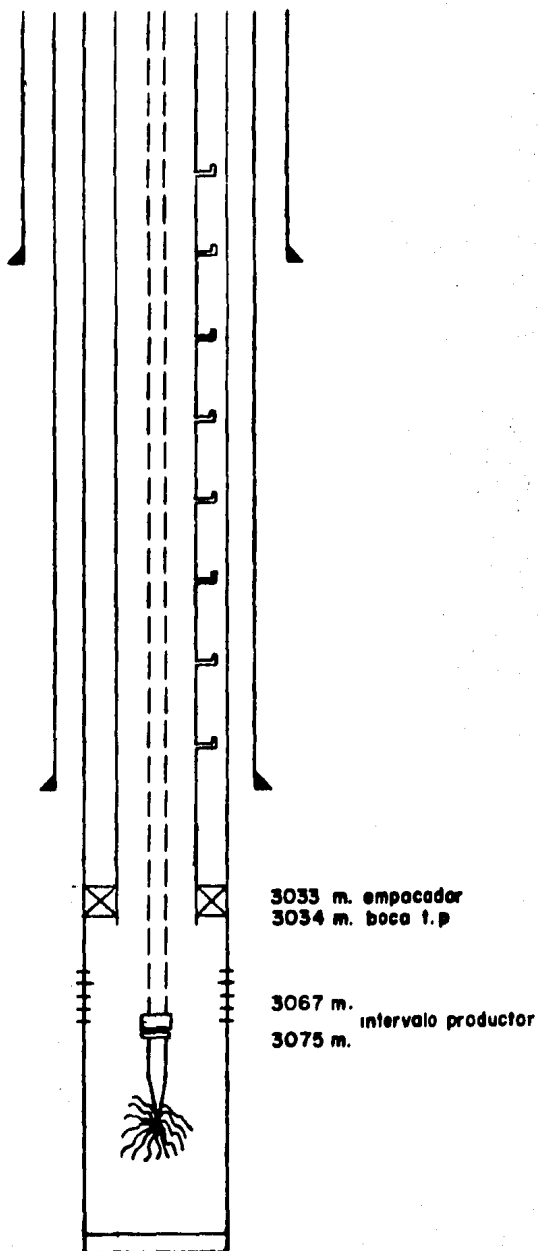


FIG. No 19

POZO: Tupilco 36
DISTRITO: Comalcalco
ZONA: Sureste
SISTEMA DE PRODUCCION: Pozo fluyente
OBJETIVO: Desarenar

OPERACION: Con tubería flexible acondicionada de 2.54 cm (1 pg) de diámetro exterior a 100 m de profundidad, se inició la circulación de 7 m³ de diesel con una presión inicial de 140 kg/cm² y un gasto de 80 l/min; se bajó la tubería a una velocidad de 21 m/min hasta 598 m, donde se encontró resistencia (aceite pesado con arena) que se venció con 500 kg de peso con la tubería; se levantó 10 m para circular y se continuó bajando hasta 1655 m, donde se terminó de circular el diesel con una presión máxima de 210 kg/cm² desalojando en la superficie aceite pesado con arena. (Figura N° 20).

Se inició la circulación de 3000 m³ de nitrógeno gaseoso con una presión inicial de 175 kg/cm² y un gasto de 80 l/min.

Fluyó aceite a la batería a través de un estrangulador de 0.127 mm con una presión de 21 kg/cm²

TIEMPO EMPLEADO EN LA OPERACION: 10 horas

Pozo típico 36

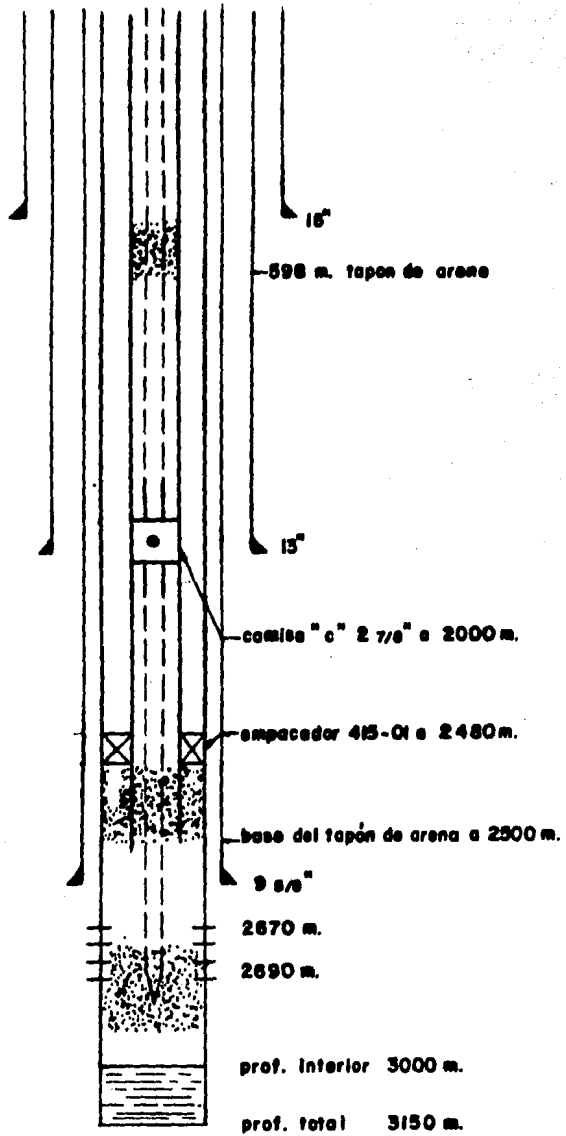


FIG. No 20

POZO: Bellota 14
DISTRITO: Villahermosa
ZONA: Sureste
SISTEMA DE PRODUCCION: En terminación
OBJETIVO: Cambio de fluido

OPERACION: El pozo tiene como fluido de control, lodo bentonítico de 1.24 de densidad y se abrirá a producción el intervalo 5318-5294 m para la explotación comercial de hidrocarburos. Para evitar un daño a la formación se cambiará el fluido de control. Figura N° 21

Con tubería flexible de 3.175 cm (1.25 pg) de diámetro exterior a 100 m de profundidad, se inició el bombeo y circulación de agua dulce con una presión de 234 kg/cm^2 y un gasto de 160 l/min (1 $\frac{\text{barril}}{\text{min}}$); se continuó bajando hasta la profundidad de 5350 m desalojando lodo a las presas; se levantó la tubería a 1000 m para homogeneizar la columna hidrostática y se bajó nuevamente, se circuló agua dulce con una presión de 245 kg/cm^2 y se desalojó agua con manchas de aceite; se procedió a sacar la tubería flexible con una presión de 234 kg/cm^2 y un gasto de 160 l/min.

TIEMPO EMPLEADO EN LA OPERACION: 20 horas

Pozo delata 14

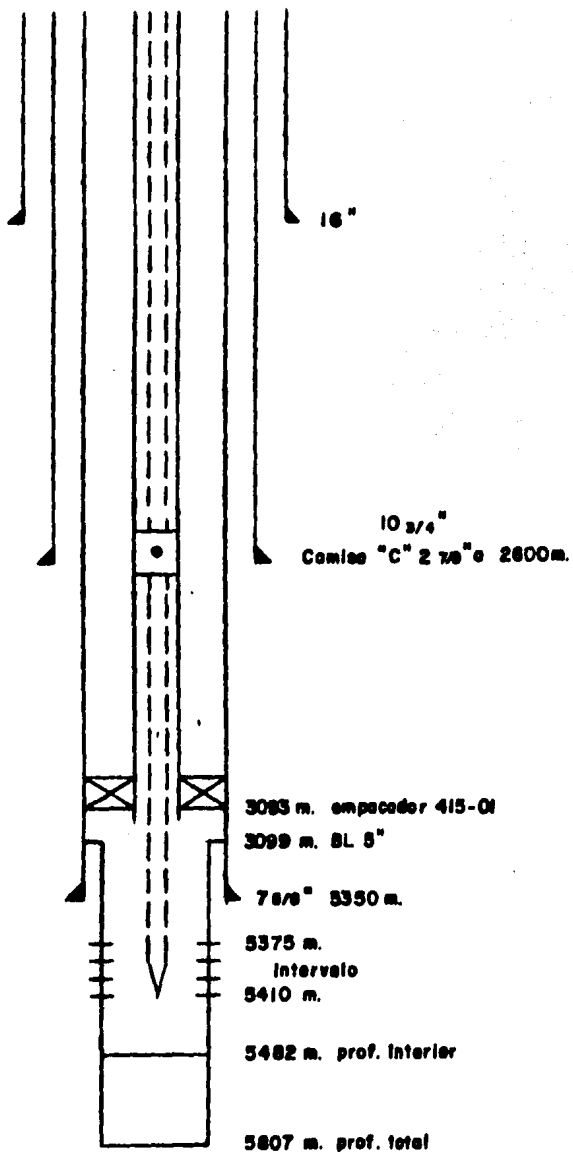


FIG. No 21

POZO: Zelandia 1
DISTRITO: Villahermosa
ZONA: Sureste
SISTEMA DE PRODUCCION: En terminación
OBJETIVO: Inducir a producción

OPERACION: Con tubería flexible acondicionada de 2.54 cm (1 pg) de diámetro exterior a 100 m de profundidad, se inició la circulación de 8300 m³ de nitrógeno con una presión máxima de 175 kg/cm² y un gasto de 80 l/min; se bajó la tubería a una velocidad de 21 m/min hasta 4358 m, desalojando al quemador agua dulce y aceite; se sacó la tubería flexible ya que se observó que el pozo no fluía y se procedió a realizar una estimulación con unidades convencionales. Figura N° 22

Terminada ésta, se bajó la tubería flexible hasta 5505 m circulando agua dulce para lavar el pozo con una presión máxima de 210 kg/cm² y un gasto de 80 l/min, desalojando agua, gas y productos de la reacción; se levantó la tubería flexible a 1000 m y se bajó hasta 4750 m circulando 7300 m³ de nitrógeno con un gasto de 80 l/min y una presión máxima de 245 kg/cm² desalojando agua y productos de la reacción; se tomaron muestras para su análisis y se sacó la tubería.

Nuevamente se bajó la tubería flexible a 21 m/min, circulando nitrógeno con una presión máxima de 105 kg/cm^2 y un gasto de 80 l/min hasta 1500 m donde se suspendió la operación por observar fisura en la tubería flexible.

Se sacó la tubería para soldarla en el taller.

Tiempo empleado en la operación: 5 días

Con otra unidad de tubería flexible se circularon 8300 m^3 de nitrógeno hasta 4700 m con una presión máxima de 280 kg/cm^2 desalojando agua dulce con manchas de aceite; se sacó la tubería flexible. El pozo resultó improductivo.

Tiempo empleado: 20 horas

Pozo zelandia I

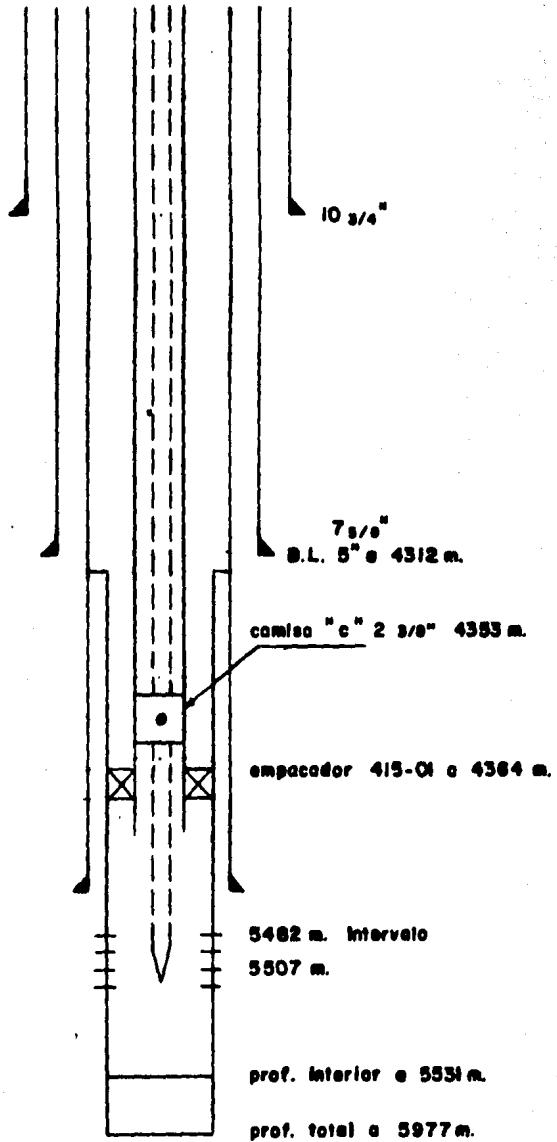


FIG. No 22

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

Como se ha podido observar en el presente trabajo, con el empleo de la tubería flexible se puede concluir lo siguiente:

1. Las operaciones se efectúan con seguridad y eficiencia
2. En comparación con los equipos convencionales el tiempo y el costo de las operaciones se reduce notablemente.

BIBLIOGRAFIA.

1. UNIDAD INYECTORA DE TUBERIA FLEXIBLE.
BOWEN TOOLS, INC.
MODELO 12 MX
MANUAL TECNICO 5/7250
2. WORKOVER RIGS AND EQUIPMENT
WORKOVER WELL CONTROL,
BIBLIOTECA PETROLEOS MEXICANOS
3. UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE
SUPERINTENDENCIA GENERAL DE SERVICIOS
A POZOS
PETROTEC
4. COIL TUBING UNITED
HYDRA RIG
5. COILED TUBING MANUAL
PEMEX