



110
205

**Universidad Nacional Autónoma
de México**

FACULTAD DE INGENIERIA

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA
INTERVENCION DE POZOS PETROLEROS
COSTAFUERA CON TUBERIA FLEXIBLE**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A:

Miguel Angel Mendoza Herrera

MEXICO, D. F.

1986





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.



Cd. Universitaria, D.F.,
Marzo 5 de 1986

FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección
60-I-66

Señor MENDOZA HERRERA MIGUEL ANGEL.
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profr. M. I. Carlos Islas Silva, para que lo desarrolle como tesis para su -- Examen Profesional de la carrera de INGENIERO PETROLERO.

"MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA INTERVENCION DE POZOS
PETROLEROS COSTAFUERA CON TUBERIA FLEXIBLE"

- I INTRODUCCION.
 - II EQUIPO COSTAFUERA.
 - III MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.
 - IV APLICACIONES Y ACCESORIOS DE OPERACION.
 - V PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS DE OPERACION.
 - VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar - Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como - - requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración-Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., Marzo 5 de 1986.
EL DIRECTOR

Dr. Octavio A. Rascón Chávez

OARCH 'MRV'gtg

"MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA INTERVENCION DE POZOS
PETROLEROS COSTAFUERA CON TUBERIA FLEXIBLE".

CAPÍTULOS:

- I INTRODUCCION
 - II EQUIPO COSTAFUERA
 - III MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD
 - IV APLICACIONES Y ACCESORIOS DE OPERACION
 - V PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS EN OPERACION
 - VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- REFERENCIAS

I.- INTRODUCCION. (1)*

* Referencia al final.

La explotación de los hidrocarburos consiste de un conjunto de operaciones que se inicia con la exploración de zonas probables hasta llevar los hidrocarburos a centros de proceso o de venta.

La actividad de la industria petrolera comienza con la exploración, -- que es el conjunto de tareas de campo y oficina cuyo objetivo principal es descubrir nuevos depósitos de hidrocarburos o nuevas extensiones de las ya existentes. La exploración se puede dividir en las siguientes etapas:

1. Trabajo de reconocimiento.
2. Trabajo de detalle.
3. Estudio de localización de pozos exploratorios.
4. Análisis de los resultados obtenidos para programar la perforación de nuevos pozos.

Los trabajos de reconocimiento tienen la finalidad de estudiar las condiciones geológicas generales de un área para estimar las posibilidades de que contengan hidrocarburos en su subsuelo.

Los trabajos de detalle se realizan en áreas seleccionadas con mayores posibilidades tratando de definir los lugares donde las capas del subsuelo presenten características para la acumulación del petróleo.

La información obtenida en las exploraciones geológicas y geofísicas se analiza cuidadosamente para localizar donde deben perforarse los pozos exploratorios.

Durante la perforación de los pozos exploratorios, geólogos y paleontólogos estudian las muestras de roca cortadas en el pozo, haciendo periódicamente mediciones petrográficas dentro del mismo. Los resultados

de estos estudios definen las capas del subsuelo que contienen hidrocarburos y de las cuales puede extraerse petróleo. Con base en los descubrimientos logrados por los trabajos de exploración, comienzan las actividades de explotación, que se desarrollan en los campos petroleros, tomando en cuenta principalmente los siguientes factores.

1. Dimensión de la estructura tomada en forma aproximada.
2. Espesor del estrato productor.
3. Posibilidades de producción, de acuerdo con los resultados obtenidos en los pozos exploratorios.
4. Número de localizaciones que pueden perforarse.

En el programa de perforación se indica la profundidad del pozo y las tuberías de revestimiento que han de cementarse. Antes de cementar las tuberías se acostumbra tomar los registros eléctricos que dan la información sobre el espesor de los estratos productores y posibilidad de producción de los mismos. Así como las profundidades convenientes para cementar las tuberías a que se ha hecho referencia.

Una vez cementada la última tubería de ademe y probada con presión, se procede a poner el pozo en explotación, para lo cual es normal que se utilice la técnica de terminación permanente, que a grandes rasgos consiste en lo siguiente: se llena el pozo con fluido de control, se mete la tubería de producción, se instala el árbol de válvulas se introducen las cargas explosivas y se hacen explotar frente a la roca que contiene hidrocarburo. Después se abre el pozo para que fluya por sí mismo, en caso de que esto no suceda se procede a estimular e inducir a producción. Por último ya que el pozo está produciendo se conecta la tubería de descarga para conducir los hidrocarburos a la batería de separación que segrega el aceite del gas.

Una vez que el pozo ha sido terminado se inicia su vida productiva, durante esta etapa y a través de un seguimiento continuo del comportamiento del pozo es posible mantenerlo en condiciones óptimas de explotación. El seguimiento debe llevarse en base a los datos de producción, los cuales conjuntamente con estudio del yacimiento, estudios geológicos y estudios específicos, tales como levantamientos de presión, análisis de curvas de variación de presión, análisis de flujo de fluidos desde el yacimiento mismo hasta las estaciones de recolección, etc., permiten definir un comportamiento anormal del pozo que encauce a estudios particulares del mismo, para su conservación y mantenimiento.

El pozo está expuesto a varios fenómenos que pueden reducir anormalmente el rendimiento de su producción. Lo cual trae como consecuencia, pérdidas económicas, por lo que se debe observar y registrar su comportamiento para mantenerlo en condiciones óptimas. Esto es, se le toman periódicamente registros al pozo, para saber si hay depositación de elementos orgánicos o inorgánicos que obstruyan las tuberías, estimularlo cuando sea necesario, para que se pueda tener el máximo de rendimiento tanto en lo económico como en la vida productiva.

(*) Existe una rama de la ingeniería de pozos llamada servicios a pozos que coadyuva en el mantenimiento y conservación de pozos en explotación y en la solución de problemas diversos en pozos de perforación o reparación, a través de la asignación óptima y de la operación eficiente y segura de equipos especiales como son los equipos de tubería flexible, generadores de espuma, probadores hidráulicos, equipos de control de presiones, etc. Siendo la unidad de tubería flexible la que se desarrolla en este trabajo, específicamente el equipo diseñado para trabajos costafuera.

(*) Definición de Servicios a Pozos.

II.- EQUIPO COSTAFUERA (2)

Debido a las necesidades de peso y espacio en las plataformas marinas, la unidad de tubería flexible se modificó en su estructura original, - dividiéndose en módulos fáciles de manejar en menos espacio y con una gran disminución de peso. Estos módulos se muestran en la figura 1, y son:

1. Cabina de control.
2. Unidad de potencia.
3. Cabeza inyectora.
4. Preventor y sistema de mangueras.
5. Carrete de tubería.

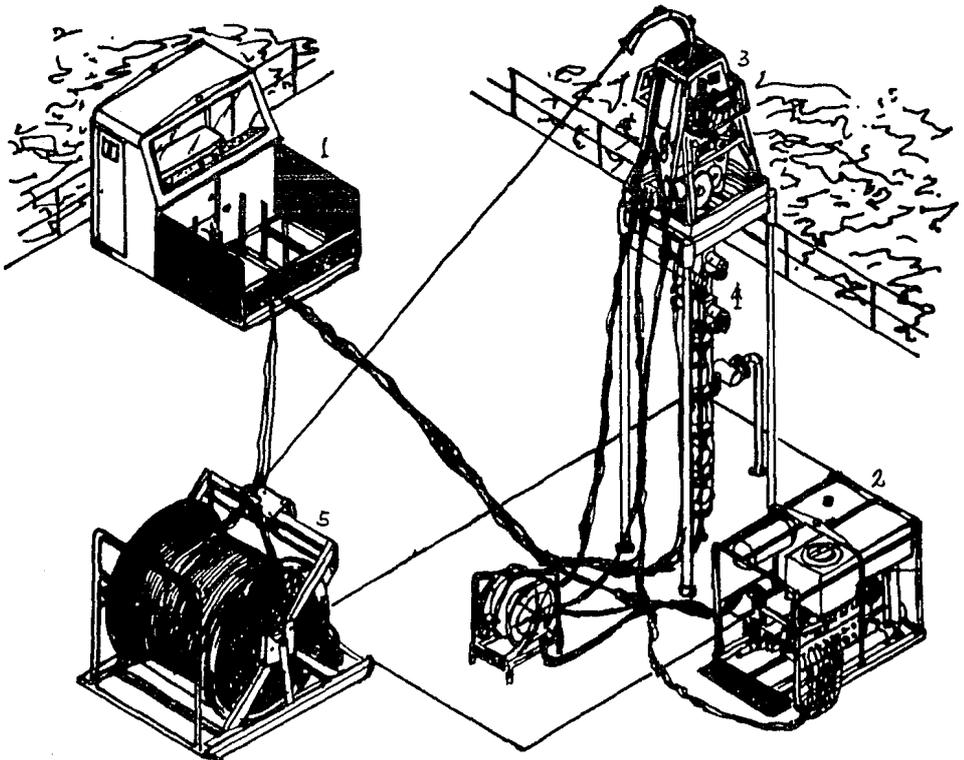


FIG. 1 UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE COSTA AFUERA.

1. CABINA DE CONTROL (2)

Este módulo tiene las siguientes características:

Peso: 3618.42 Kg.
 Largo: 3.20 m.
 Ancho: 2.40 m.
 Alto: 2.60 m.

Está bien protegida contra golpes, además cuenta con aditamentos para poder ser levantada fácilmente por las grúas de las plataformas marinas (figura no. 3).

Aquí se centraliza en un panel, todos los controles que accionan las partes móviles de la unidad, por medio de circuitos hidráulicos y neumáticos. Está diseñada de tal manera que puede elevarse por medio de gatos hidráulicos y tener una visión completa de los demás componentes de la unidad.

Referente a los controles de presión (figura no. 2), se utilizan válvulas de doble paso o bidireccionales y sirven para controlar la operación del carrete y del inyector, regulando la presión del aceite que hace que funcionen los motores hidráulicos.

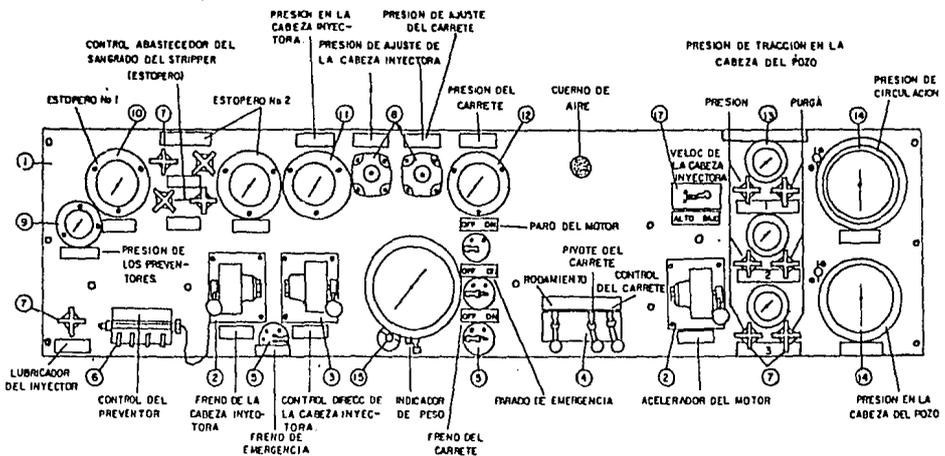


Fig. no. 2 Panel de controles.

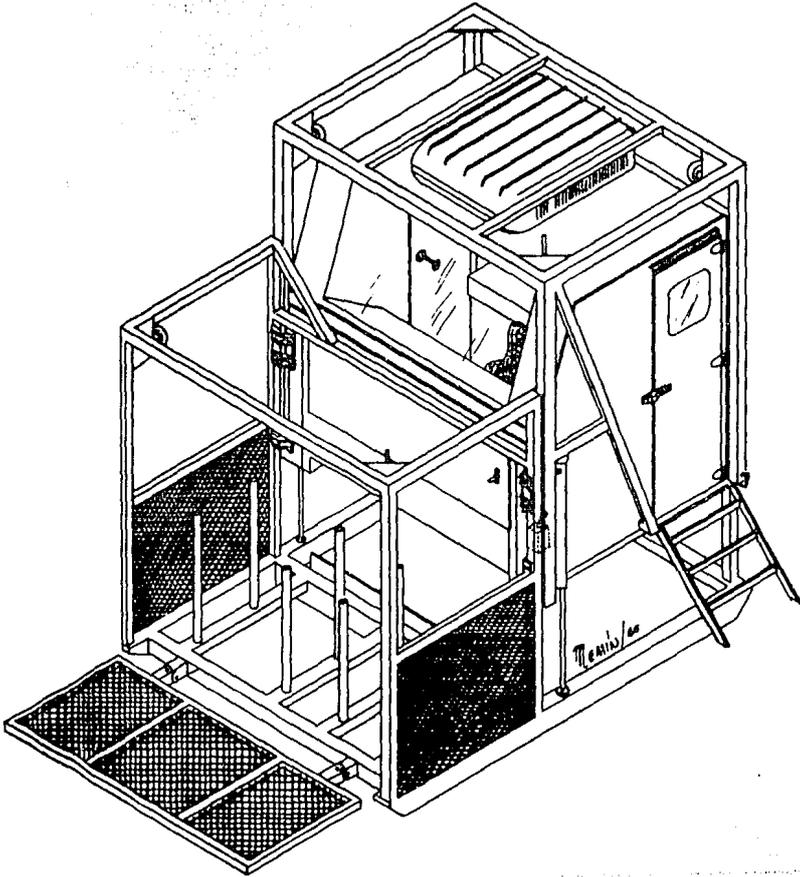


FIGURA No. 3 CABINA DE CONTROLES.

2.- UNIDAD DE POTENCIA. (2),(5),(6).

Las características de este módulo son:

Peso:	3856.60 Kg.
Largo:	2.25 m.
Ancho:	1.65 m.
Alto:	2.40 m.

Está constituida por un motor 6V-71 y tres bombas hidráulicas de diferentes capacidades, múltiples válvulas de control y tanques. Este conjunto evita el uso de diferentes mecanismos y motores de combustión interna, centralizando en un paquete todo el sistema de propulsión hidráulico de la unidad, mostrándose el paquete en la figura no. 4.

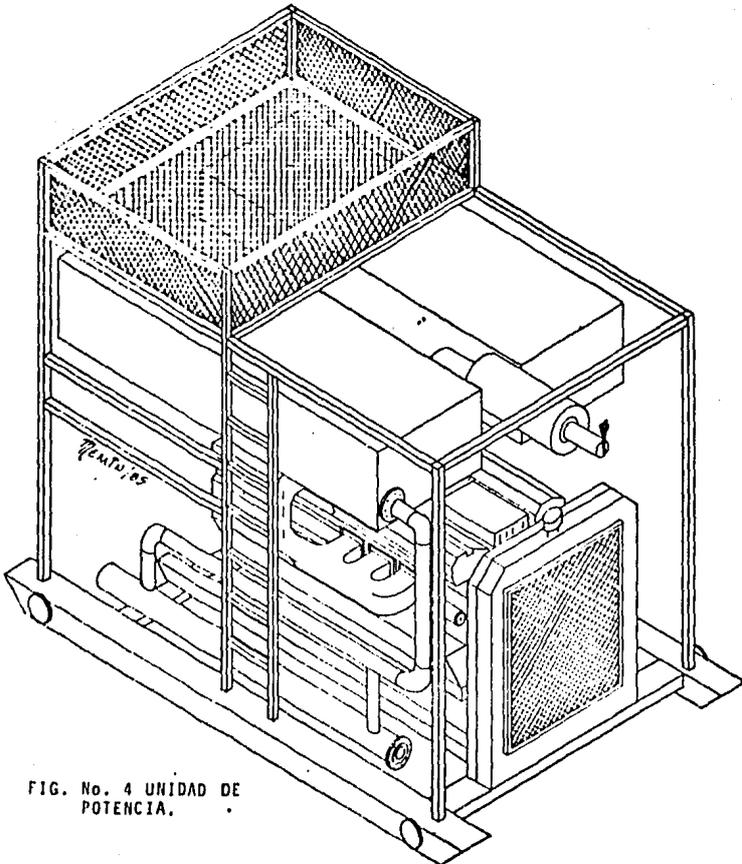


FIG. No. 4 UNIDAD DE POTENCIA.

La Unidad de Potencia está constituida de tal manera que evita una serie de mecanismos que redundaría en una tarea difícil de mantenimiento.

Todo el sistema de potencia y controles son hidráulicos. La función principal de las bombas es suministrar el fluido a presión, el cual -- permite poner en actividad diversos motores que dan movimiento a los componentes del equipo, estas bombas se accionan por medio de un motor de combustión interna 6V-71, complementado con una transmisión con -- distintas tomas de fuerza para acoplar las bombas (fig. no. 5).

Las bombas que anteriormente se nombraron son tres y alimentan de energía a:

- los motores y cilindros hidráulicos de la cabeza inyectora.
- el motor hidráulico de la bomba reciprocante.
- los motores del carrete de tubería.
- los cilindros de precarga del sistema de arranque.

Se operan independientemente y su sistema de descarga se une en un múltiple general que descarga a un tanque de almacenamiento; pasando antes por un enfriador de aceite. Así mismo, cuentan con sistemas integrales de válvulas. El conjunto de las líneas termina en conexiones -- rápidas, las cuales se dirigen a un carrete de mangueras. Además cuenta con un cilindro acumulador de presión (fig. no. 6).

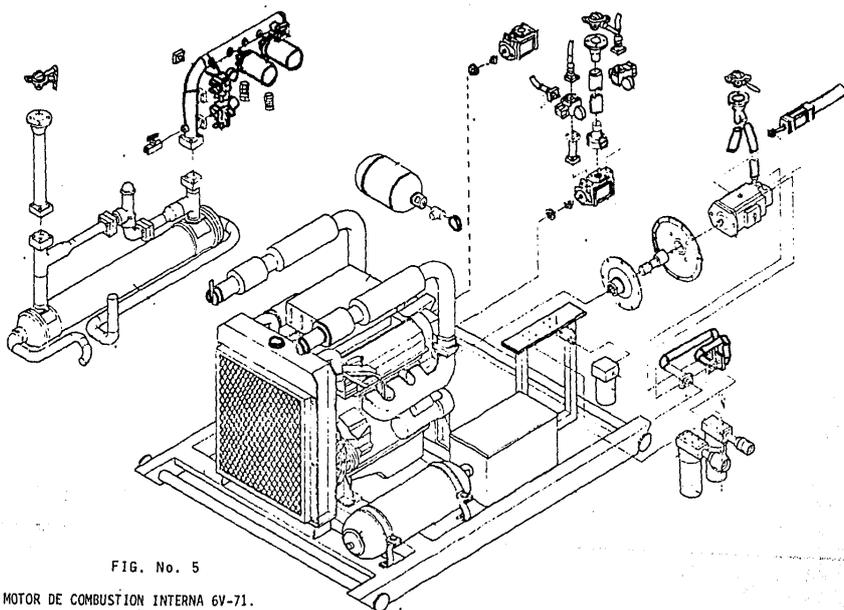


FIG. No. 5

MOTOR DE COMBUSTION INTERNA 6V-71.

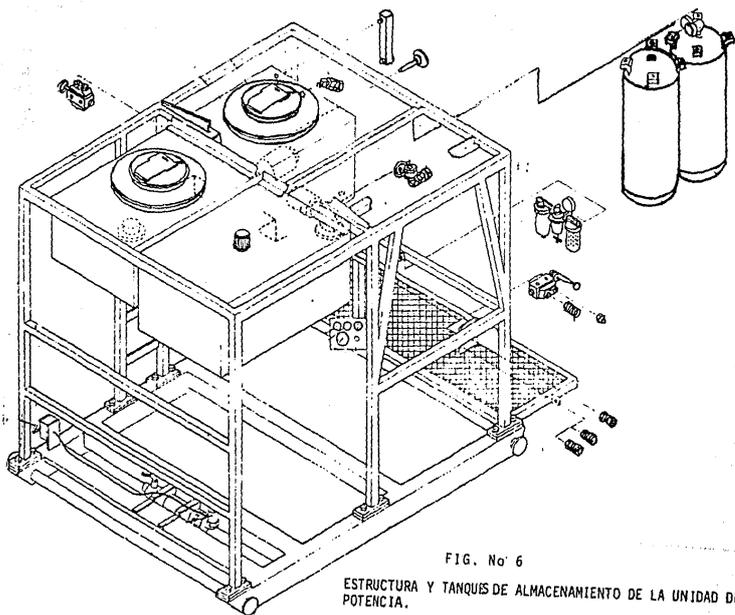


FIG. No. 6
ESTRUCTURA Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA UNIDAD DE
POTENCIA.

3. CABEZA INYECTORA. (2), (6)

La parte principal de la unidad de tubería flexible es el inyector, el cual se instala en el cabezal del pozo o en la sarta de perforación y es el medio que permite que la tubería baje o suba en el pozo, la conexión al cabezal o a la sarta de perforación es a través de un dispositivo opresor anular (stripper) que permite la introducción o extracción de la tubería, el cual va conectado al juego de preventores que es el sistema de seguridad para evitar flujo de fluidos. Este dispositivo fué diseñado para poder operar con la tubería dentro o fuera del pozo bajo presión, mientras que el preventor actúa únicamente como seguridad. El elemento intercambiable de la caja de empaques se reemplaza incluso bajo operación y se ajusta mediante una bomba hidráulica. La figura núm. 7 muestra la cabeza inyectora en operación.

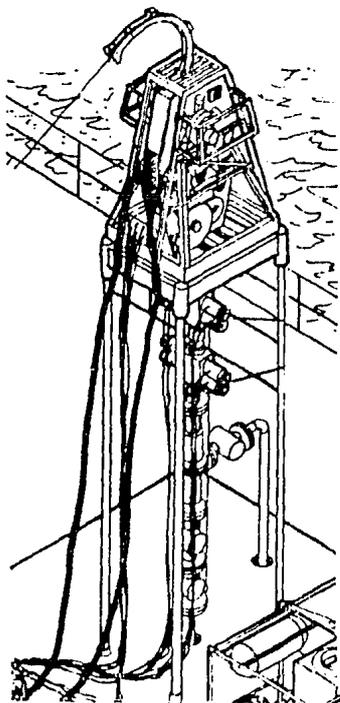


FIGURA No. 7.- CABEZA INYECTORA

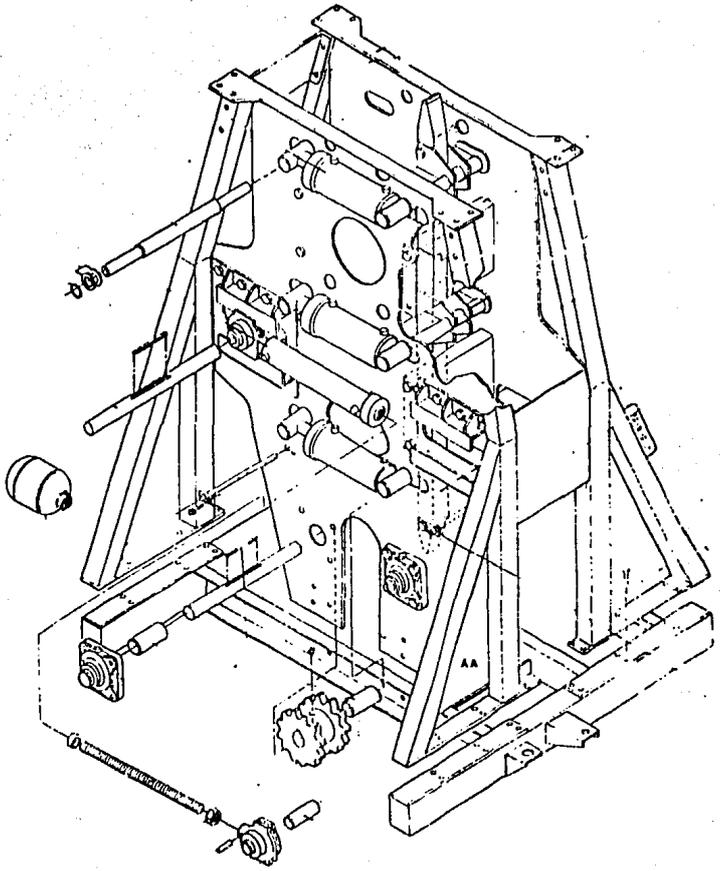


FIG. No. 8

ESTRUCTURA DE LA CABEZA INYECTORA.



El sistema inyector está montado arriba del dispositivo opresor de la tubería flexible (stripper), impulsa la tubería por medio de blocks en línea los cuales son guiados por dos posicionadores de peso de doble cadena, un lado se guía por un tren de rodillos de montaje rígido, en tanto que el tren del otro lado es un posicionador hidráulico que sirve para ejercer la presión que se requiere sobre la tubería. Fig. No.8.

El inyector está diseñado para meter o sacar tubería ya que cuenta con dos motores hidráulicos que proporcionan una potencia de 190 H.P. a -- una velocidad de 300 RPM. Además cuenta con un clutch de seguridad para prevenir el movimiento de la tubería en la bajada al fondo del pozo, sirviendo como un freno al iniciar este movimiento o al estar estacionada sin tener que proporcionar un empuje hacia arriba con los motores, igual al peso de la tubería; sin embargo este clutch no actúa en ambas direcciones. Se libera automáticamente cuando la presión del aceite - excede de 21 Kg/cm^2 y se restablece cuando la presión cae abajo de esta presión.

Existe otro sistema de frenado. Los motores hidráulicos transmiten su potencia a través de catarinas y cadenas de la parte superior de la caja de la unidad de inyección hasta la parte inferior de la misma. En la prolongación de las flechas se encuentran dos engranes cilíndricos rectos que se operan por medio de dos motores, estas flechas tienen en los extremos opuestos, dos discos de fricción en los que operan las balatas del conjunto actuador neumático que se actúa a control remoto -- desde la consola del operador, lo que permite frenar de inmediato cuando la operación lo requiera.

El inyector es capaz de ejercer una fuerza en la subida o bajada del - orden de 6800 Kgf., usando el sistema de engranes automáticos.

La cadena, sus motores y la caja de engranes están instalados en la subestructura como pivote en un eje vertical, al lado opuesto está colocada una celda hidráulica de presión a la cual se conecta un indicador de peso que está instalado en el tablero de control de la cabina. Las fuerzas ejercidas por la acción del sistema de impulso y el peso de la tubería se aplican en dirección paralela a la línea de la tubería hacia el

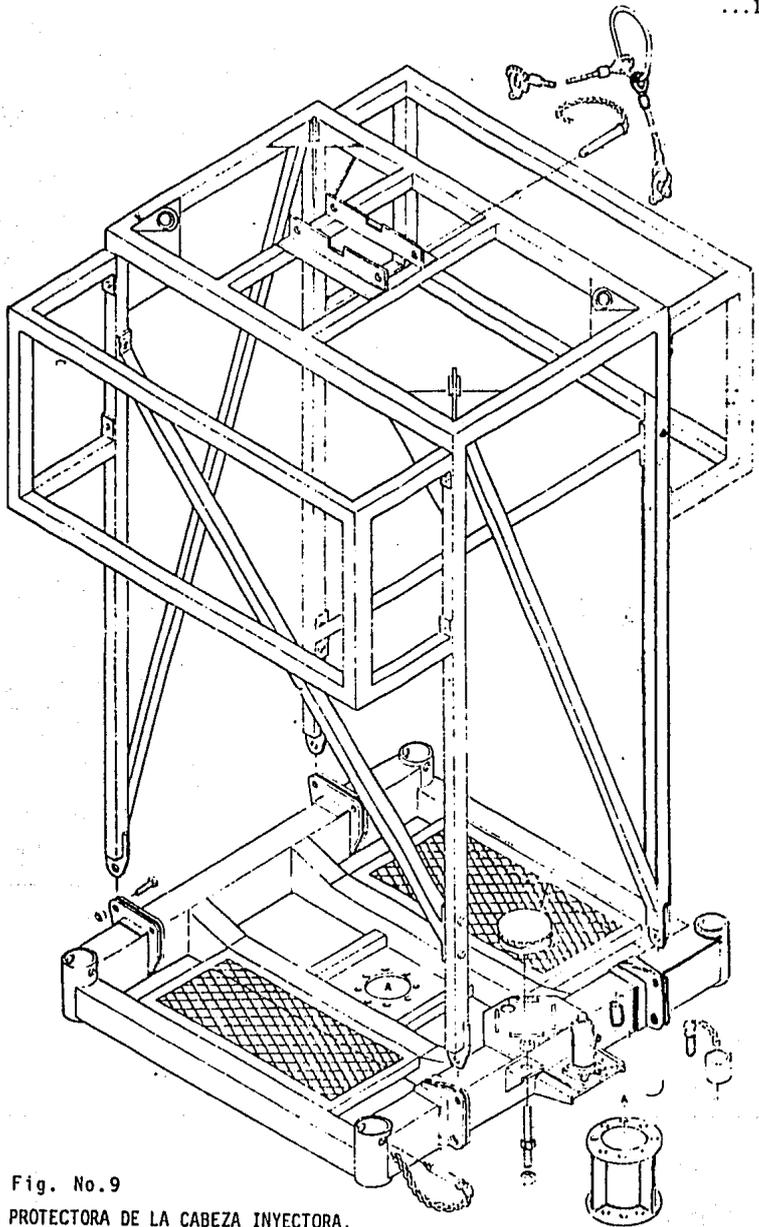


Fig. No.9
ESTRUCTURA PROTECTORA DE LA CABEZA INYECTORA.

pivote de la subestructura. La deflexión angular de este pivote es muy pequeña y se controla por la compresibilidad de la celda de peso. Esta limitación mecánica sirve para prevenir deflexiones mayores de 2° fuera de lo normal.

Como complemento del equipo inyector existe una gufa con soportes para meter la tubería y que ésta quede exactamente sobre el eje vertical del inyector (la tubería viene en un eje horizontal al salir del carrete).

Las especificaciones y dimensiones de la cabeza inyectora son las siguientes: velocidad máxima (motor medido a 2100 RPM), con inyector de 1 1/4", motor 6V-71, bomba de propela del circuito abierto y dos velocidades en los motores.

a) Baja	38 M/Min.
b) Alta	76 M/Min.

b) Tensión del inyector (operando a su máximo funcionamiento).

	85% Arranque	88% Funcionando
a) Baja	14708.0 Kg.	(al arranque)
	15195.6 Kg.	(funcionando)
b) Alta	7553.76 Kg.	(al arranque)
	7597.80 Kg.	(funcionando)

c) Dimensiones:

Largo: 3.00 M.
Ancho: 1.70 M.
Alto : 3.00 M.

Obsérvese fig. núm. 9.

d) Peso:

4600 Kg.

Por último, cuenta con patas telescópicas para poder asentarse en el piso de la Plataforma.

4.- PREVENTOR DE FLUJO Y MANGUERAS. (2)

El preventor de flujo es otro elemento de la unidad de tubería Flexible se aloja junto con el conjunto de mangueras en la parte frontal de la cabina, la figura núm. 10, muestra el preventor de flujo con su sistema de mangueras.

Este sistema es de suma importancia ya que con él se mantiene controlado el pozo en caso de cualquier problema en la intervención, por ejemplo un contraflujo con una presión no esperada.

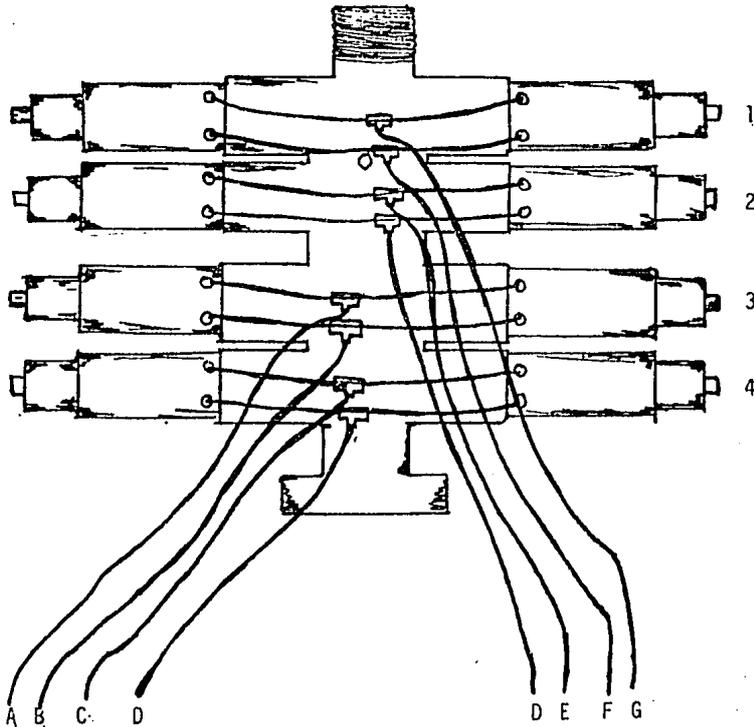


Fig. No. 10 PREVENTOR DE FLUJO.

Este conjunto de preventores consta de:

1. Preventor ciego.
2. Preventor cortador.
3. Preventor de cuñas.
4. Preventor anular.

Las mangueras A, B, C, D, E, F, G, y H, van al tablero de control para accionar hidráulicamente los preventores.

A, C, F y H, abren los preventores mientras que las B, D, E y G, los cierran.

El preventor tiene una presión de prueba de 700 Kg/cm^2 , se accionan -- con una presión de 105 kg/cm^2 desde la cabina del operador. Se coloca arriba del árbol de válvulas o de la sarta de perforación por medio de una combinación, para que sobre él se coloque la cabeza inyectora

Desde el tablero del operador se abre y se cierra hidráulicamente por aceite almacenado en un acumulador a $105/210 \text{ Kg/cm}^2$. El acumulador se carga con una presión arriba de 250 Kg/cm^2 , por la bomba hidráulica, - esto provee de potencia en caso de paro por medio de una válvula activadora. Además está provista de una bomba de entrega, en caso de emergencia si el acumulador se descarga.

El conjunto de mangueras para conexión con los preventores tiene una - longitud de 38.1 m. y un peso de 192.83 Kg., son de alta presión con - alma de acero recubiertas de hule.

5.- CARRETE DE TUBERIA. (2)

La tubería flexible se almacena enrollándose sobre sí misma en el carrete (fig. 11), de la misma manera que el cable del malacate en el -- equipo de perforación. Así más de 5500 m. y 4700 Kg. de peso se colocan en un solo carrete. Al enrollarse sufre una pequeña curvatura -- que en nada afecta la vida útil de la tubería.

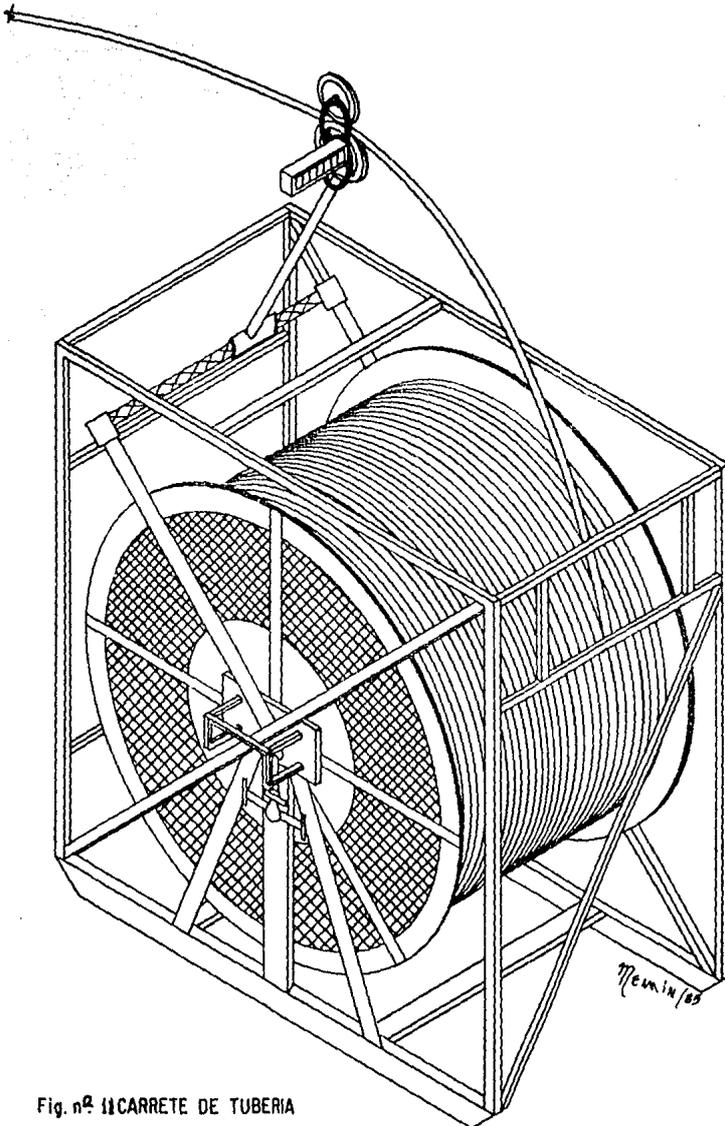


Fig. nº 11 CARRETE DE TUBERIA

El carrete sostenido por un eje (fig. 12) se hace girar por medio de un motor hidráulico y una cadena. Este sistema tiene una doble función, desenrollar la tubería para meterla en el pozo y dar un freno constante, de esta manera se evita tensión en la tubería y provee control sobre el giro del carrete cuando enrolla. Es importante comprender que el sistema de empuje del carrete no se usa para meter o sacar la tubería en el pozo, ya que para efectuar esa operación está la cabeza inyectora.

Existe un mecanismo para enrollar correctamente la tubería en el carrete, que está sincronizado con la rotación del mismo por medio de una cadena que va desde el eje. Esta opera por medio del motor hidráulico y una caja diferencial de engranes.

El inicio de la tubería está conectado al eje del carrete por medio de una junta giratoria, así cualquier líquido o gas puede bombearse a través de la tubería a cualquier presión de trabajo, ya sea estática o en movimiento.

La longitud de la tubería metida en el pozo se registra en un medidor que rota al hacer contacto con la tubería y está montado en la parte superior del carrete.

Además cuenta con un sistema de frenos neumáticos, que permiten el frenado del carrete, evitando que cuando estén las unidades motrices fuera de operación, se deslice la tubería dentro del pozo. Este sistema cuenta con un actuador neumático, con un dispositivo tipo disco que tiene un juego de balatas que amarran a la ceja del carrete.

La potencia total se suministra por medio de un motor hidráulico, el fluido llega a través de mangueras de conexión rápida.

El carrete de tubería pesa 13000 Kg. y tiene las siguientes dimensiones:

Largo: 3.40 m.

Ancho: 4.40 m.

Alto: 2.60 m.

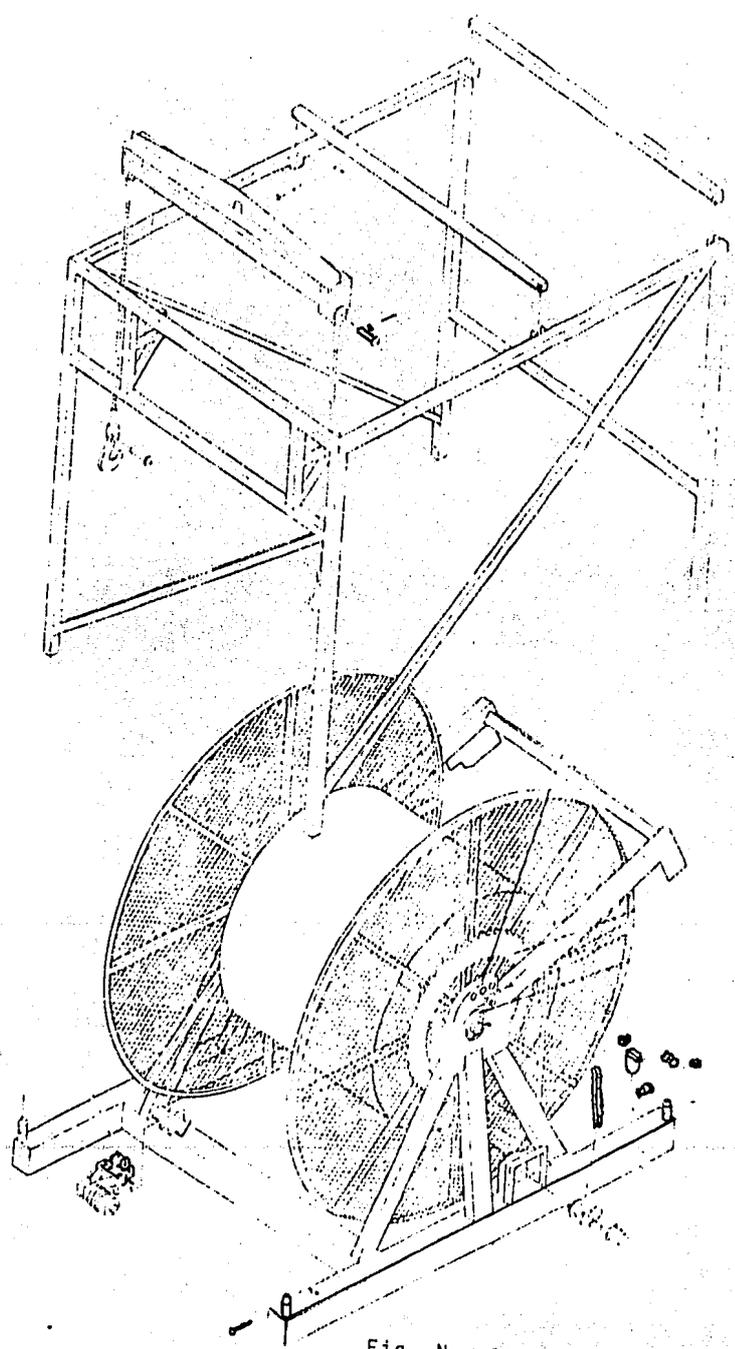


Fig. No. 12 ESTRUCTURA DEL CARRETE.

(5)

III.- MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.

El buen funcionamiento de la unidad de tubería flexible se basa en la puntualidad con que se efectúan las especificaciones de mantenimiento. Si no se hacen normalmente los resultados pueden ser negativos, por -- ejemplo, fallas en los motores, goteras de pequeños agujeritos y pérdi-- das de tubería en el fondo del pozo.

Cuando la tubería nueva se transporta, debe protegerse contra corro--- sión y abolladuras, cuando se enrolla en el carrete debe inspeccionar se visualmente detectando abolladuras, defectos superficiales o excesi va curvatura. Tales defectos se eliminan cortando el tramo y soldando después la tubería para unirla. Cuando dos o más soldaduras son efec-- tuadas relativamente cerca es normal eliminar toda la sección dañada - para posteriormente soldarla y probarla con presión interna (350 Kg/cm^2)

Cuando no está en uso, el ataque atmosférico sobre la tubería es muy - severo; el ponerle grasa y aceite quemado la protege, pero en general esto causa dificultad en el movimiento de las cadenas del carrete, -- siendo el mejor método utilizar aceite disuelto en diesel aereado.

Los ácidos y cementos bombeados a través de la tubería causan graves - daños. El ataque por ácido puede reducirse efectivamente con inhibido res, usando dos o tres veces la concentración usual en el campo. El - daño causado por ácido es el más común, resultando en general corro--- sión. Dosificando de suficiente inhibidor del tipo correcto puede uti lizarse ácido clorhídrico hasta el 15% sin tener graves problemas.

ABRACION.- Cuando se bombea cemento, sólidos abrasivos, etc., hay que tener mucho cuidado por el desgaste que sufre la tubería por la ero--- sión de los sólidos, por ejemplo al efectuar limpieza de pozos con ba ja presión.

ACIDO SULFHDIRICO.- Es muy dañino para la tubería y personal que labo ra en este medio ambiente. Aunque se apliquen inhibidores para el ex-- terior de la tubería, es de mucha ayuda evitar el contacto del ácido -

con ésta. Una manera de hacerlo es desplazando primero fluido inerte ó gas dulce como nitrógeno dentro del pozo,

Tracción de las cadenas.- Es importante mencionar el cuidado requerido para la tracción de las cadenas del inyector, el contorno de los blocks con que se aprisiona la tubería se mantienen alineados por la presión dada por los eslabones de las cadenas, cada eslabón, asiento del eje y perno son de muy alta calidad pero cuando se gastan de la parte superficial del asiento del eje, ocurre el resbalamiento de la tubería. Este resbalamiento causa golpes y puede desgarrarla. Puede aplicarse mayor presión a la tubería para con ello evitar el resbalamiento, aunque en algunas ocasiones suele ovalarse.

El trabajo hostil del medio ambiente en la tracción de las cadenas, no puede eliminarse con la lubricación y limpieza. Los síntomas son muy fáciles de identificar para el caso en el cual se requiera colocar cadenas nuevas.

Todos los rodillos y guías deben engrasarse cada 3000 m. de uso, que normalmente es después de cada trabajo. Los rodillos en la guía deben tener un buen programa de mantenimiento, si alguno de los rodillos para y falla en su función, puede causar daño al movimiento de las cadenas y/o tubería.

PREVENTORES.- Deben cerrarse y abrirse antes de cada operación, teniendo especial cuidado de revisar el interior del preventor por corrosión, así como los rams después de cada trabajo para evitar cambrarlos por pegaduras por falta de uso. Al efectuar lo anterior, se puede asegurar que el preventor estará en óptimas condiciones operacionales y de servicio.

DISPOSITIVO OPRESOR DE TUBERIA (STRIPPER).- Su mantenimiento es importante ya que controla la presión del pozo bajo condiciones normales de operación. Cuando no está en uso la válvula de purga debe estar cerrada para asegurar el volumen de aceite dentro del pistón. Por -

Último deben revisarse todos los sellos para evitar cualquier fuga.

El siguiente programa de mantenimiento lo recomienda el fabricante para garantizar que la unidad trabajará en óptimas condiciones operacionales.

I.- DIARIO (antes de la operación).

- a) Revisar los niveles de aceite y enfriador del motor diesel.
- b) Revisar el nivel de fluido hidráulico en el tanque, con el sifón retraído.
- c) Drenar la condensación del tanque y el filtro de aire.
- d) Revisar el nivel del lubricador en el inyector.
- e) Revisar que todas las conexiones rápidas estén conectadas.
- f) Revisar que la succión y retorno de la válvula mariposa estén abiertas.
- g) Antes de arrancar el paquete de poder, revisar lo siguiente:
 1. Presión del aceite y temperatura del motor (4.2 Kg/cm^2 y 80°C).
 2. Incremento de la presión de aire de 8.5 kg/cm^2 a 10.5 Kg/cm^2
 3. Incremento de la presión de los preventores a 105 Kg/cm^2
 4. Operación del lubricador del inyector (ajuste de presión del aire en el tanque, por la diferencia de alturas entre el paquete de poder y el inyector $.23 \text{ Kg/cm}^2$ por cada metro).
 5. No haya fuga en las mangueras del sistema hidráulico y de aire.
 6. Que todos los controles del inyector y carrete funcionen correctamente.
 7. Operación del preventor.

II.- DIARIO (después de operación).

- a) Llenar los tanques de diesel, aceite y lubricador (si los tanques no están llenos se forma condensación).
- b) Revisar visualmente fugas hidráulicas en todo el sistema, apretar ajustadores y/o substituir o-rings, en caso de que existan.
- c) Limpiar dentro y fuera de la unidad y lubricar cadenas, y ruedas dentadas para cadenas y engranajes.
- d) Engrasar el carrete de tubería y la entrada de la unión giratoria.
- e) Limpiar los conductores de presión con circulación.

III.- SEMANALMENTE (ó cada 75 hrs. de trabajo).

- a) Si el paquete de poder no ha funcionado por más de 24 hrs., - purgar el agua y sedimentos de la parte baja del tanque de - - aceite hidráulico y de diesel, rellenar a sus niveles adecuados.
- b) Engrasar todas las conexiones en el inyector, carrete de tubería y el carrete de mangueras de poder. Apretar los tornillos de todos los cojinetes, anillos y ruedas dentadas.
- c) Revisar el tornillo regulador de presión del aire por fatiga. Limpiarlo y engrasarlo.
- d) Limpiar y engrasar las cadenas, ruedas dentadas y conjunto de piezas de la gufa telescópica.
- e) Revisar los cojinetes de los rodillos de las cadenas y reemplazar las unidades defectuosas. También revisar los pernos de las cadenas del inyector.
- f) Revisar el desgaste del canal de los patines opresores de la - tubería en el inyector, si existe mucho desgaste en los eslabones de las cadenas o en los patines, invertir o reemplazar los patines.

- g) Revisar el freno del carrete de tubería, que no exista desgaste en las balatas, alinearlas con la pestaña del carrete, limpiarlas y lubricarlas.
- h) Después de 75 hrs., de trabajo cambiar todos los elementos del filtro hidráulico.
- i) Revisar el contador y excitar su mecanismo de transmisión.

IV.- CADA DOS SEMANAS (ó después de 150 hrs. de operación):

- a) Drenar y reemplazar el aceite de lubricación del motor.
- b) Remover la tapa de la transmisión del inyector, revisar los engranes, por desgaste de los dientes, revisar alineamiento, limpiar y lubricar las cadenas, revisar el eje impulsor, ruedas dentadas y espaciadores por desgaste, deformación o fatiga.
- c) Inspeccionar el alineamiento de las cadenas del inyector (las ruedas dentadas deben estar en el centro de los eslabones de las cadenas y los blocks aprisionadores) Deben estar centradas entre las caras de las placas y en relación con la caja de empaques
- d) Revisar y ajustar el acelerador.
- e) Revisar las entradas del sistema de aire por tapaduras, revisar los sellos de goma y ductos por deterioración, lo cual causa goteras.
- f) Lubricar el cable impulsor del tacómetro.

V.- MENSUALMENTE (ó cada 300 hrs de operación)

- a) Cambiar el aceite y los elementos de filtro de la presión hidráulica.
- b) Cambiar el filtro de gasolina del paquete de poder.
- c) Limpiar ó cambiar los elementos de filtro de la presión hidráulica.

- d) Si las condiciones de operación han sido muy polvosas, deben cambiarse los elementos del purificador de aire.
- e) Revisar las bandas del motor por tensión y deterioro.
- f) Remover y limpiar las entradas en el compresor de aire.

VI.- SEMESTRALMENTE (o cada 2000 hrs. de operación):

- a) Drenar tanque hidráulico, limpiarlo totalmente con diesel, limpiar los filtros de succión. Llenarlo a través del filtro de retorno (nuevo) y cambiar el elemento de filtro.
- b) Revisar las mangueras de succión por deterioro, el forro interior puede estar desgastado, reemplazar las partes gastadas o dañadas.
- c) Cambiar O-rings en todas las bridas de presión o succión.
- d) Lavar el almacenador de aire con solvente.
- e) Drenar y lavar el radiador y cambiar el refrigerante.

SEGURIDAD Y POLITICAS DE OPERACION. (2)

Los siguientes puntos se recomiendan que se efectúen en el área de trabajo, para estar dentro de las normas de seguridad y servicio.

A.- SEGURIDAD.

- 1.- El preventor debe cerrarse y abrirse antes de meter la tubería en el pozo ó en cada trabajo.
- 2.- La unidad nunca debe colocarse en línea con la válvula lateral del cabezal del pozo, si la unidad no puede colocarse en algún otro lugar del área de trabajo, la válvula lateral debe desviarse. Esto es para asegurar que si una línea o la válvula lateral llegaran a romperse, el flujo del pozo no será dirigido hacia la cabina del operador o al escape del motor de combustión interna.
- 3.- El personal está expuesto a un gran peligro al trabajar bajo el inyector de tubería, el cual pende del block viajero de la torre de perforación en la plataforma. Para minimizar este peligro debe mantenerse un estricto control del block y equipo de levantamiento.
- 4.- En trabajos en pozos con H_2S , el personal debe utilizar máscaras de respiración adecuadas y la unidad debe tener las ventanas abiertas, para crear la mayor ventilación posible.
- 5.- Debe tenerse precaución al cortar y posteriormente soldar un tramo del aparejo de tubería flexible. Muchos accidentes ocurren por una mala soldadura, provocando roturas cuando la tubería está trabajando con presión interna.
- 6.- Es importante tener precaución al subir la unidad con la grúa a la plataforma, por su gran peso.

B.- POLITICAS DE OPERACION.

- 1.- El ingeniero de servicios de la unidad, es el encargado de to das las operaciones cuando la unidad está en servicio.
- 2.- Cualquier problema de operación encontrado en el campo, debe-
rá ser reportado al ingeniero de servicio, él está capacitado
para resolver cualquier problema de operación.
- 3.- Cuando se baje cualquier herramienta al fondo del pozo, debe
de registrarse la medida de ésta, por si se llegara a tener pér
dida y sea recuperada por medio de pescante.
- 4.- Debe colocarse una válvula check en la punta de la tubería, -
en pozos de gas o con gran presión, excepto en casos especia-
les donde el estado mecánico del aparejo no lo permita.
- 5.- En una pérdida de herramienta o tubería al fondo del pozo, es
importante que el representante de la compañía recupere el --
pescado con sus herramientas especiales.
- 6.- Cuando un fluido combustible o inflamable sea bombeado a tra-
vés de la tubería flexible, es absolutamente necesario el ser
vicio de protección contra incendio.
- 7.- Cuando se bombea una concentración de ácido a través de la tu
bería, deben bombearse 20 litros de inhibidor apropiado por -
delante, antes que el ácido sea bombeado y atras del mismo un
agua con carbonato sódico como desplazante.

Nota: Un bache separador de 300 litros de agua limpia deberá bom---
bearse después para eliminar la reacción del ácido y carbona-
to de sodio en las camisas de la bomba.

Como se mencionó, el buen seguimiento de todos los puntos anteriores
llevará a una operación segura y totalmente eficiente.

(4), (2), (7)

IV.- APLICACIONES Y ACCESORIOS DE OPERACION.

Después de analizar las partes que componen la unidad de tubería flexible y conocer su mantenimiento para que opere en óptimas condiciones, a continuación se explican las causas que originan el mantenimiento de los pozos en explotación y de que manera este equipo auxilia para solucionarlos.

Entre los principales problemas que originan el mantenimiento de los pozos, están los siguientes:

- a) Obstrucción de aparejos de producción por depósitos orgánicos.
- b) Obstrucción de aparejos de producción por depósitos inorgánicos.
- c) Daño a la formación.

Estos problemas en general causan en los pozos una declinación anormal de la producción, siendo necesario una programación oportuna de intervención para evitar que el pozo deje de producir y se restablezcan las condiciones óptimas de producción.

Estos problemas son debido a lo siguiente:

Obstrucción de aparejos de producción por depósitos orgánicos.- Son ocasionados por componentes del propio aceite producido por el yacimiento; las sustancias que lo constituyen son asfálticas y parafínicas, presentes en forma asociada en mayor o menor proporción.

Depósitos Asfálticos.- Las sustancias que los propician son: asfaltos, resinas neutras y ácidos asfaltogénicos que se encuentran en el aceite del subsuelo en forma coloidal y que se precipitan por la acción de cualquier fuerza química, mecánica o eléctrica, que promueve un desequilibrio entre las mezclas del material asfáltico y las sustancias que las rodean. Se ha comprobado que los cambios de temperatura, presión, composición química del aceite, potenciales de corriente

y el contacto con sustancias de bajo PH (como ácidos), propician el desequilibrio; causando precipitación de las sustancias asfálticas, depositándolas en la tubería de producción del pozo. (fig. núm. 13).

Depósitos Parafínicos.- De manera semejante al caso del material asfáltico, los aceites contienen sustancias parafínicas. Aún cuando desde el punto de vista químico, las parafinas son los hidrocarburos saturados (metano, etano, etc.), los depósitos parafínicos están compuestos por los hidrocarburos de alto peso molecular, con 26 a 50 carbonos que solidifican como ceras parafínicas microcristalinas.

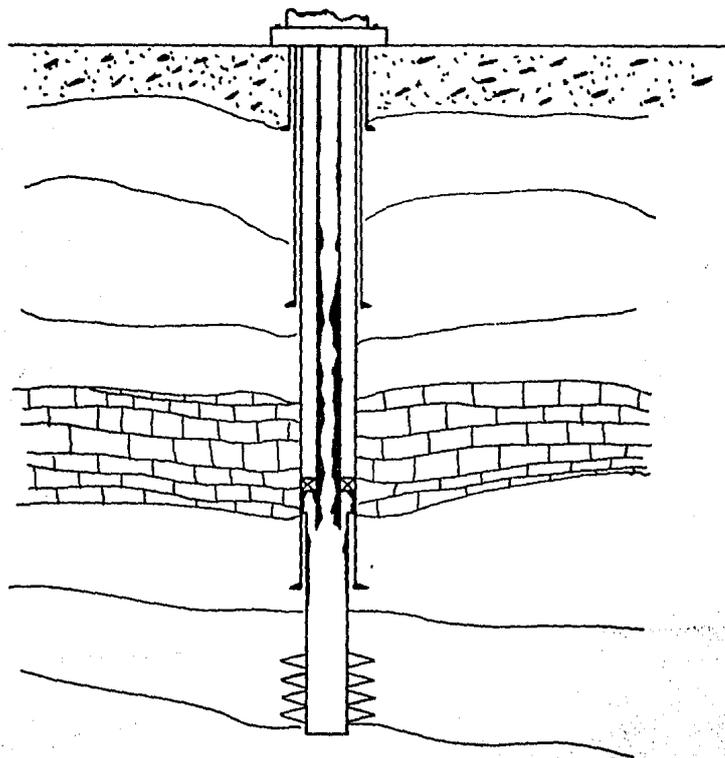


FIG. 13.- APAREJO OBSTRUIDO POR DEPOSITOS ASFALTICOS.

- b) Depósitos Inorgánicos.- Durante la vida productiva del pozo puede presentarse producción de salmuera, la cual contiene altas concentraciones de sales incrustantes en solución, pudiendo formarse depósitos minerales sobre la superficie metálica en contacto con el agua producida; las incrustaciones calcáreas son las que se encuentran con mayor frecuencia en los pozos productores.

Las causas principales que propician estos depósitos son la reducción de presión y los cambios de temperatura; tales efectos permiten que los gases disueltos en el agua de formación, principalmente bióxido de carbono, escapen de la solución con el consecuente -desequilibrio (cambio de PH), que origina la precipitación y depósito de carbonato de calcio.

- c) Arenamiento.- Algunas formaciones, principalmente arenas no consolidadas, permiten que con la producción de hidrocarburos, pequeñas partículas de arena y sedimentos, se arrastren y depositen por gravedad en el fondo del pozo, llegando a obstruir el intervalo productor y generando tapones en la tubería de producción, presentándose paulatinamente disminución en la producción hasta que el pozo deja de fluir. La fig. núm. 14, muestra un pozo en estas condiciones.

- d) Daño a la formación.- Un pozo al perforarse utiliza lodo como fluido de control, el cual en mayor o menor grado, altera las propiedades de la roca de la vecindad del pozo; la alteración produce un daño a la permeabilidad natural de la formación, el cual puede ser leve (menor de 0.5 m. del radio del pozo), ó severo (mayor de 0.5 m. del radio del pozo).

Entre las causas que promueven el daño están las siguientes:

- Invasión de partículas sólidas del lodo de perforación.
- Hinchamiento de arcillas al ser desestabilizadas por el agua filtrada del lodo.
- Bloqueo de agua y/o emulsión por el filtrado de lodo.

Adicionalmente a este daño primario, durante la explotación del pozo - se pueden presentar otros, causados esencialmente por la dispersión y migración de finos de la propia formación o por inyección en operaciones subsecuentes a la terminación de fluidos incompatibles con los contenidos en la formación, que pueden causar precipitación de fierro o materiales alfélticos, desarrollar emulsiones o fases líquidas en zonas de gas.

Los daños mencionados restringen la productividad o inyectividad de los pozos y requieren, en general, una estimulación para su remoción.

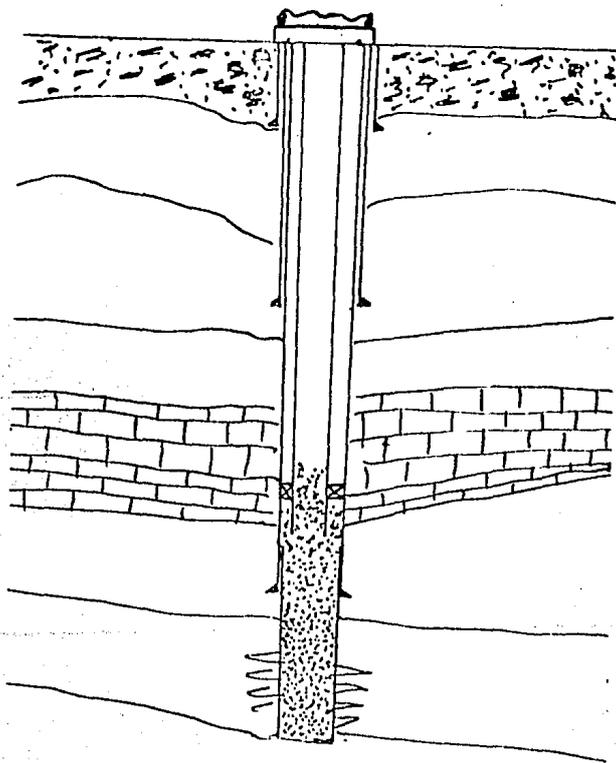


Fig. 14 Pozo Arenado.

APLICACIONES DE LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE. (2), (3)

Como antes se mencionó la gran necesidad que existe de mantener los pozos en operando en buenas condiciones. Exige un eficiente seguimiento de su comportamiento, un buen programa de mantenimiento y buena disposición del equipo humano y mecánico.

En la solución de los problemas mencionados al inicio del capítulo, se indicó que la unidad de tubería flexible nos auxilia en las siguientes operaciones:

CIRCULACION CON NITROGENO.

- 1.- Limpieza total de asentamientos sólidos en pozos de aceite o gas.
- 2.- Limpiar tapones con ácido, diesel, etc., atomizado.
- 3.- Lavar disparos con ácido atomizado.
- 4.- Aligeramiento de columna de fluido ó inducción de pozos.
- 5.- Limpieza total de arena de pozos.
- 6.- Limpieza de asentamientos de sólidos en pozos inyectoros de agua.
- 7.- Eliminar fluidos de pozos para disparar sin columna hidrostática.
- 8.- Descargar agua de formación en pozos productores de gas.

CIRCULACION CON ACEITE CALIENTE Y SOLVENTES.

- 1.- Circulación de aceite caliente y solventes para destruir parafinas.
- 2.- Circulación de aceite caliente para destruir tapones de hidratos.

CIRCULACION DE ESPUMA, AGUA Y ACIDO.

- 1.- Limpieza total de pozos terminados con empacador.
- 2.- Lavar disparos o colocar ácido frente a los disparos en pozos con empacador.
- 3.- Lavar con ácido intervalos grandes de formación.
- 4.- Circular agua para desplazar lodo de perforación después de colocar el aparejo.
- 5.- Circular solventes, inhibidores u otros productos químicos.
- 6.- Limpieza total del arena de fracturamiento en la tubería de producción.
- 7.- Limpieza total de asentamientos de sólidos en pozos inyectoros de agua.

TURBO-BARRENA.

- 1.- Perforar tapones de cemento y otros sólidos compactos dentro de la tubería de producción.

CEMENTACIONES.

- 1.- Colocar tapones de cemento en la profundidad deseada a través del empacador.
- 2.- Circular cemento en el fondo del pozo.

Estas operaciones se pueden efectuar con la unidad de tubería flexible apoyándose con otras unidades como son:

- Unidad de alta presión de bombeo de fluidos.
- Unidad de bombeo de nitrógeno.
- Unidad generadora de espuma.
- Unidad de aceite caliente.

Haciéndose importante además mencionar que la unidad de tubería puede operar en plataformas que no tengan equipo de perforación (satélites), auxiliadas por un barco grúa o por un caballete estructural con un diferencial para levantar y soportar la cabeza inyectora cuando se está operando.

ACCESORIOS DE OPERACION.

Para poder efectuar los trabajos que antes se mencionaron en el servicio a los pozos, de una manera más rápida y eficaz, se han desarrollado gracias a la experiencia adquirida en el campo, herramientas auxiliares que son de enorme utilidad en las operaciones.

Los principales accesorios con que cuenta la unidad de tubería flexible, son los siguientes:

- TURBO-BARRENA
- EYECTOR.
- JUNTA GIRATORIA.
- CENTRADORES DE TUBERIA (TIPO CANASTA Y BALA)
- HERRAMIENTA LAVADORA DE TUBERIA.
- COLGADOR DE HERRAMIENTA LAVADORA.
- COLGADOR DE TURBO-BARRENA.
- COLGADOR RECUPERADOR DE TUBERIA.

Estas herramientas las provee el fabricante y se recomienda que siempre acompañen a la unidad en todas las operaciones, pues en todos los casos ahorran tiempo de operación que son tan costosos en el área marina, sin olvidar que los trabajos serán más precisos y efectivos, como la industria petrolera lo requiere.

TURBO-BARRENA. (7)

La unidad de tubería flexible es excelente herramienta para limpiar arena y algunos otros sólidos del pozo. Pero en ocasiones no puede pasar a través de algún área compacta como cemento, arena, escamas o cualquier sólido. Para limpiar el pozo en estos casos, es necesario removerlos mecánicamente, efectuándose esta operación de una manera rápida y sencilla.

DESCRIPCION DEL TURBO-BARRENA.

La herramienta turbobarrera solo tiene una parte externa con movimiento, consta de un motor hidráulico de desplazamiento positivo que se utiliza como una máquina perforadora. Siendo su principal característica que no necesita giro de tubería como es el caso de la perforación tradicional, para rotar la barrena.

El uso de turbo-barrena muestra las siguientes características sobre los métodos convencionales de perforación rotaria.

- 1.- Ubica la potencia de giro en la barrena.
- 2.- Facilita la perforación a mayor profundidad.
- 3.- Controla las desviaciones de un agujero vertical.
- 4.- Perfora con toda precisión agujeros desviados.

FUNCIONAMIENTO.

Básicamente, la herramienta consta de una bomba Mayno de etapas múltiples que se utiliza en una aplicación inversa y comprende en forma aproximada la mitad de la longitud de la herramienta, el motor especialmente diseñado consta de un pasaje espiral con forma cilíndrica, el cual contiene un rotor de acero sólido que al girar se mueve excéntricamente. Modelado en forma de onda regular repetida, el rotor está

libre y desconectado en su extremo superior, en tanto que el inferior, está unido a la varilla de conexión. El extremo opuesto de dicha varilla está unido a la flecha motriz.

Cuando se bombea fluido a presión al interior del motor, dicho fluido se dirige hacia abajo a través de las áreas vacías que existen entre el rotor y el pasaje espiral (recubierto de hule) del estator. Para que ocurra flujo, la presión de la columna de fluido desplaza y hace girar el rotor dentro del estator, lo que a su vez acciona la varilla de conexión, la flecha motriz hueca y por último, la barrena colocada en el extremo de la herramienta.

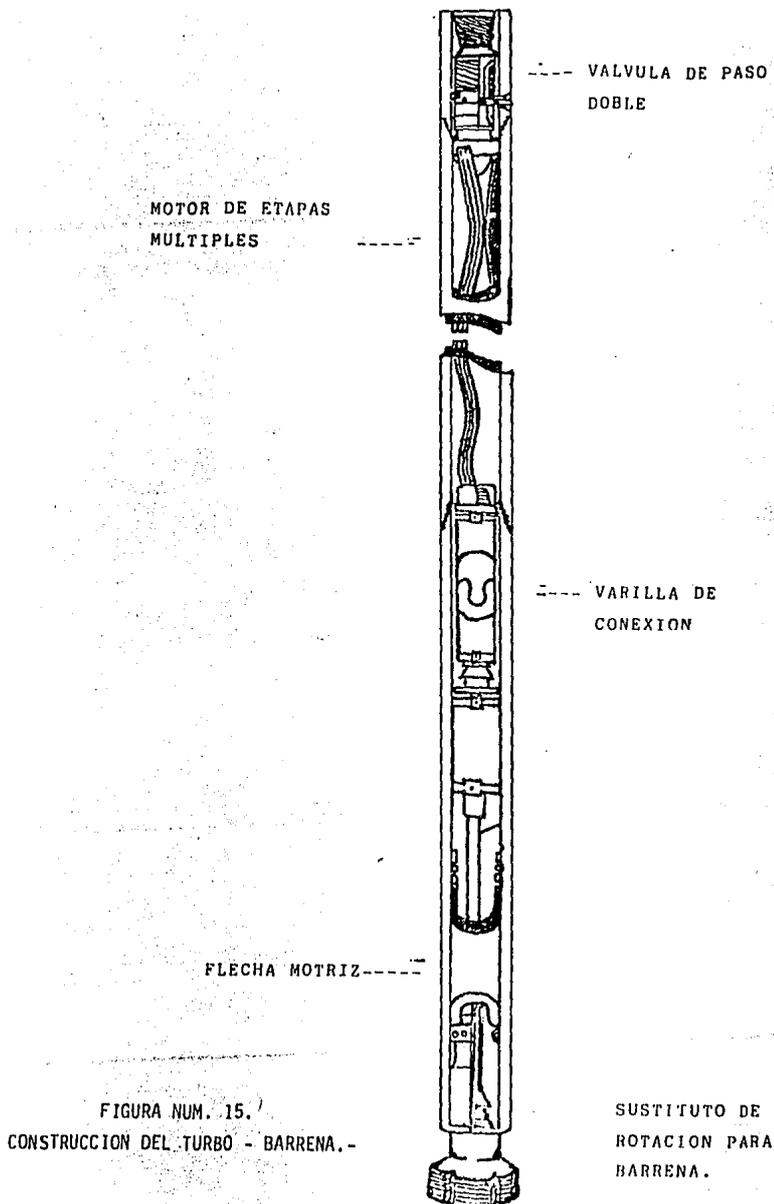
CONSTRUCCION.

El Turbobarrena está constituido por cinco componentes básicos.

- 1.- Ensamble de la válvula de paso doble (no incluido en la herramienta de 1 3/4").
- 2.- Ensamble del motor.
- 3.- Ensamble de la varilla de conexión.
- 4.- Ensamble del cojinete y flecha motriz.
- 5.- Sustituto de rotación para la barrena.

En la figura núm. 15, aparece un corte de la herramienta mostrando sus componentes.

Todas las uniones están selladas y cerradas con excepción de una, la correspondiente al ensamble de la válvula de paso doble. Para poder efectuar su limpieza y mantenimiento en el campo.



ENSAMBLE DE LA VALVULA DE PASO DOBLE.

Consta básicamente de un pistón deslizante o garganta, un asiento de manga, un resorte y orificios interiores. Fig. núm. 16.

Mientras el motor no esté operando no permite el flujo de fluido al interior o al exterior de la tubería de perforación. En consecuencia, la válvula está diseñada de tal manera que desvía el fluido de perforación del motor y permite el llenado de la tubería mientras ésta se introduce al agujero. Por otra parte, permite el drenado de dicho fluido al sacar la sarta o hacer una conexión.

Cuando no existe circulación de fluido, el resorte mantiene el pistón en la posición superior, con lo cual los orificios externos permiten entrada y salida de fluido a través de los costados del cuerpo de la válvula.

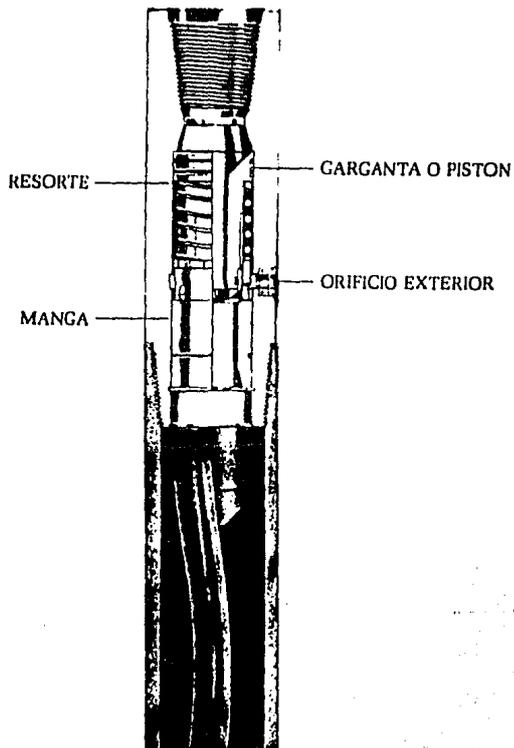
La presión del fluido acciona el pistón, desciende y es forzado contra el asiento, con lo cual se obstruyen los orificios externos. Al dejar de bombear, el resorte hace que el pistón regrese a la posición superior u "orificios abiertos".

CARACTERISTICAS DEL MOTOR.

El motor del Turbo-barrena es una bomba tipo helicoidal que se utiliza en una aplicación inversa. Normalmente un rotor o flecha de la bomba gira para forzar el fluido a través de la bomba. Sin embargo, en el Turbo-barrena el fluido bombeado a través de la herramienta hace que gire la flecha, con lo cual transforma la bomba en un motor de desplazamiento positivo accionado por el fluido.

En la herramienta el ensamble del motor representa aproximadamente la mitad de la longitud. El rotor consta de dos partes:

FIG.16.- ENSAMBLE DE LA VALVULA DE PASO DOBLE



- a) El estator o cubierta exterior estacionaria.
- b) El rotor o flecha giratoria interna (véase fig. 17).

El cuerpo exterior de la herramienta está constituido por el tubo del estator recubierto con un compuesto especial similar al hule, para -- crear una cavidad espiral de sección transversal cilíndrica a lo largo de toda la longitud. El recubrimiento está moldeado con Buna N elastómero especialmente formulado para obtener una alta resistencia a la -- abrasión y a los hidrocarburos. En el proceso de moldeo se crea una -- moldura de espiral doble. Sobre el estator de hule y los puntos de unión sobre la flecha espiral del rotor se forma un sello continuo a -- todo lo largo del motor.

El rotor es una flecha helicoidal de acero, maquinada a partir de una barra de una aleación sencilla de acero y cromada con cromo duro para reducir al desgaste por abrasión. Dicho rotor es excéntrico en ambos extremos y tiene la forma de una onda senoidal. La flecha gira a medi -- da que el fluido bombeado pasa a través del motor.

ENSAMBLE DE LA VARILLA DE CONEXION.

Unida al extremo inferior del rotor, la varilla de conexión transmite el torque al ensamble de la flecha motriz. Básicamente, dicha varilla convierte la rotación excéntrica del rotor a la rotación concéntrica -- de la flecha motriz. La flexibilidad del ensamble de la varilla de co -- nexión se logra mediante dos uniones universales opuestas, dichas unio -- nes están protegidas con camisas reforzador de hule llenas de grasa pa -- ra evitar que la unión universal se contamine con el fluido (Fig. 18).

ENSAMBLE DEL COJINETE Y LA FLECHA MOTRIZ.

La potencia giratoria del motor se transmite a la barrena mediante una flecha motriz apoyada en cojinete. Existen tres cojinetes principales. (Fig. núm. 19).

FIG. 17. MOTOR DE ETAPAS MULTIPLES

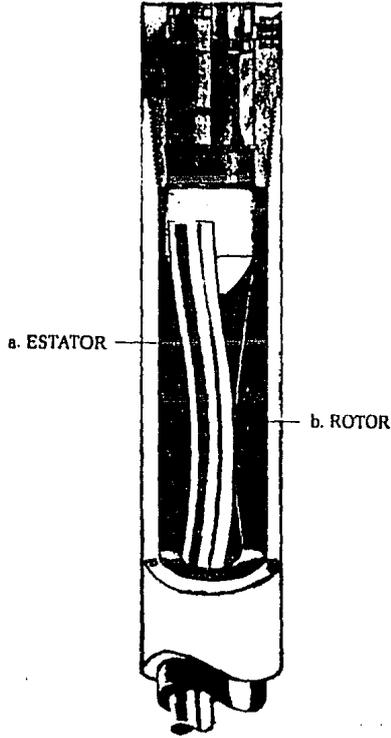
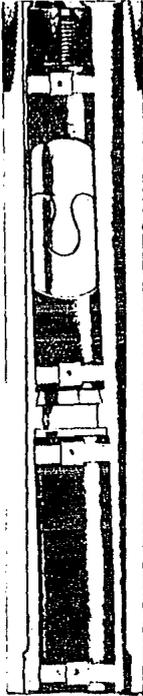
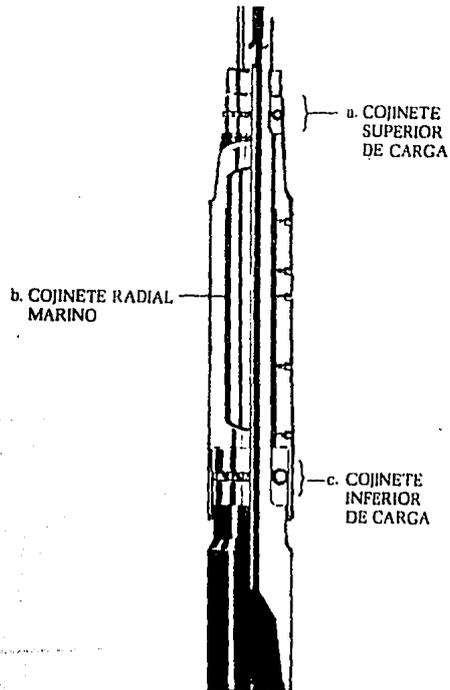


FIG. 18. VARILLA DE CONEXION



ENSAMBLE DEL COJINETE Y LA FLECHA MOTRIZ
FIG. 19



- a) Cojinete superior de carga.- Este cojinete soporta el efecto - hidráulico del pistón o la carga de la herramienta al sacarla - del fondo o cuando no se ejerce peso sobre la barrena.
- b) Cojinete radial y reductor de flujo.- La parte superior está - diseñada para servir como un balero auxiliar. El laberinto del reductor de flujo está diseñado para medir o restringir el paso del fluido a través de la sección de cojinetes. Este reductor de fluido permite de un 5 a un 10% del volumen total del fluido a través de los cojinetes y está diseñado para soportar una caída de presión de 10.0 a 35.0 Kg/cm². La mayor parte del fluido de perforación entra en la flecha motriz arriba del cojinete superior y sale a través de la barrena.
- c) Cojinete inferior de carga.- Es un cojinete de bolas para trabajo pesado y baja fricción, diseñado para aguantar la carga -- ejercida sobre la barrena en el fondo del agujero.

SUSTITUTO DE ROTACION PARA LA BARRENA.

Esta es la única parte externa giratoria de la herramienta, constituye la parte inferior de la flecha motriz y tiene opciones para conectar la barrena (fig. núm. 20 y tabla 1.).

CARACTERISTICAS DE OPERACION.

1.- Requisitos del fluido de perforación.

Para obtener la máxima capacidad, el motor de desplazamiento positivo del turbobarrena, está diseñado de tal manera que permite el paso de un flujo exacto de fluido generalmente expresado en galones por minuto.

En la tabla 1 y 2 aparece el volumen del fluido requerido para desarrollar la potencia óptima para cada diámetro, dimensión y condiciones de operación recomendados en la herramienta.

FIGURA NUM. 20.-
SUSTITUTO DE ROTACION PARA LA BARRENA.



El fluido de perforación entra a la herramienta a través de la válvula de paso doble y fuerza hacia abajo el pistón, con lo que se cierran los orificios, así el fluido entra al motor por el espacio que existe entre el rotor espiral y el estator (Fig. núm. 13), para continuar a través - de la herramienta por el espacio existente entre la varilla de conexión y la cubierta.

Al entrar al ensamble del cojinete y la flecha motriz, aproximadamente el 90 ó 95% del fluido pasa por los orificios colocados en la parte su perior de la flecha motriz y por último, sale a través de la barrena.

El Turbo-barrena opera en forma efectiva con casi todos los fluidos de perforación, que varían desde el agua hasta los lodos muy pesados, inclusive puede operar con aire o gas a alta presión.

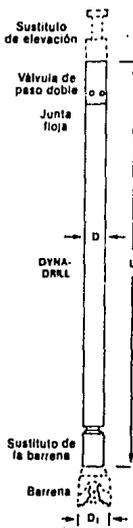
La densidad o viscosidad del fluido tienen muy poco efecto en la capacidad de la herramienta. Sin embargo, la densidad del lodo afecta directamente los requisitos de presión total de la unidad de bombeo.

La capacidad del turbo-barrena está mas relacionada con la cantidad de fluido de perforación utilizado que con el tipo de fluido. Para capacidad máxima, el volumen de fluido en galones por minuto para cada herramienta es de gran importancia. (Véase la tabla 2.)

Precaución: Los sólidos libres presentes en el fluido de perforación como arena, pueden afectar la capacidad de la herramienta al acelerar el desgaste del cojinete y el motor. El contenido de arena debe de es tar abajo del 1% (arriba del 5%, el contenido de arena reduce la capacidad del turbobarrena hasta en un 50% y hace necesario un trabajo de mantenimiento mayor).

T A B L A 1.

DATOS DIMENSIONALES DE LA HERRAMIENTA.



TURBOBARRENA	DIÁMETRO		LONGITUD (L) Pies	PESO Lbs.	CONEXIÓN - DIÁMETRO Y TIPO	
	DIÁMETRO (D) D.E. - plg	AGUIERO (D ₁) Dia. - plg			VÁLVULA DE PASO DOBLE (Caja Arriba)	SUSTITUTO NORMAL DE LA BARRENA* (Caja Abajo)
1 1/4 M.S.	1 3/8	2 1/8	8.2	47	AW ROD CONN.	AW ROD CONN.
2 1/4 M.S.	2 3/4	4	9.7	100	BW ROD CONN.	BW ROD CONN.
3 1/4 D.D.	4 1/8	6 1/2	19.2	485	2 1/2 API REG.	2 1/2 API REG.
5 D.D.	6	7 3/8	19.7	844	3 1/2 API REG.	3 1/2 API REG.
6 1/2 D.D.	8 1/8	9 3/8	19.6	1422	4 1/2 API REG.	5 1/2 API REG.
7 3/4 D.D.	9 7/8	12 1/4	21.0	2222	5 1/2 API REG.	6 3/8 API REG.
9 1/4 D.D.	12 1/4	17 1/2	26.4	4147	6 3/4 API REG.	7 3/4 API REG.
5 S.H.	6	7 1/8	23.9	944	3 1/2 API REG.	3 1/2 API REG.
6 1/2 S.H.	8 1/8	9 3/8	24.1	1807	4 1/2 API REG.	4 1/2 API REG.
7 3/4 S.H.	9 7/8	12 1/4	24.5	2802	5 1/2 API REG.	6 3/4 API REG.

M.S.—Herramienta Micro-Delgada; D.D.—Herramienta direccional; S.H.—Herramienta para agujero vertical; H.S.—Herramienta de alta velocidad; *—juntas especiales para el sustituto de la barrena sobre pedido.

2.- Requisitos de presión.

A medida que el fluido se bombea a través del Turbobarrena y la herramienta opera libremente lejos del fondo, la presión a lo largo del motor se mantiene constante y varía entre 50 y 100 Psi., para los diferentes diámetros del turbobarrena. Cuando la barrena toca el fondo y se ejerce peso sobre ella, la presión del fluido aumenta. Este incremento de presión es directamente proporcional al peso ejercido sobre la barrana, o bien, al torque requerido y se conoce como la pérdida ó caída de presión a través de la herramienta.

A medida que se agrega más peso, la presión se incrementará hasta alcanzar el máximo incremento de presión. En este punto, se produce el torque y el turbobarrena se atasca. Esto se indica inmediatamente en el manómetro del lodo, ya que el instrumento registra un incremento de presión de varios cientos de psi. Si se adiciona o se quita peso, la presión máxima o presión de atascamiento se detecta cuando el manómetro registra un salto de varios cientos de psi y esta lectura no varía aunque se adicione mas peso a la barrena.

Hay que tener mucho cuidado, cuando se atasque el turbobarrena, quitar el peso excesivo sobre la barrena lo más pronto posible, ya que si se sigue bombeando fluido a través del motor sin que éste gire, el daño a dicho motor puede ser considerable.

Cuando esto ocurre, se rompe el sello que existe entre el rotor y el estator de hule y el fluido de perforación pasa a través del motor sin que gire la barrena.

Esto constituye un dispositivo de seguridad. Por ejemplo, si la barrena se atasca por un derrumbe del agujero, la circulación de lodo continúa a través del turbobarrena aún cuando la herramienta no gire.

Para obtener la máxima capacidad y prolongar la vida de la herramienta, la pérdida de presión a través de ésta debe restringirse a los valores

T A B L A 2.
DATOS DE OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA

TURBOBARRENA DIAMETRO D.E. - plg	VOLÚMENES RECOMENDADOS GPM	PRESIÓN DIFERENCIAL RECOMENDADA Δ PSI	VELOCIDAD APROXIMADA DE LA BARRENA RPM	TORQUE APROXIMADO Piez-Lb
1¼ M.S.	20	250	875	8.8
2¼ M.S.	25	1000	1100	38
3¼ M.S.	130	600	420	325
5 D.D.	225	250	460	283
6½ D.D.	325	250	410	467
7¼ D.D.	400	250	310	700
9¼ D.D.	600	250	350	1080
5 S.H.	250	250	380	400
6½ S.H.	350	250	360	625
7¼ S.H.	450	250	320	935
5 H.S.	250	500	760	400
6½ H.S.	350	500	720	625

que se dan en la tabla 2. Para cada diámetro y tipo de herramienta -- aparecen los valores de presión recomendados.

BARRENAS DE DIAMANTE.

Por lo que respecta al flujo a través de los cojinetes, la caída de -- presión a través de una barrena de diamante tiene el mismo efecto que el producido por las toberas en una barrena de rolos. El flujo de lodo de perforación a través de los pasajes de fluido produce una caída de presión normal en las barrenas de diamante, pero cuando dichas barrenas tocan el fondo, se presenta un incremento adicional de la presión del fluido, ya que el paso del fluido se restringe al atravesar -- las diversas "vías de agua" en la cara de la barrena. (No debe confundirse este incremento de presión debido al atascamiento de la barrena en el fondo del agujero con el incremento de presión producto de los -- requisitos del torque del turbo-barrena).

TORQUE.

Ya que turbobarrena es una herramienta de desplazamiento positivo, el torque es directamente proporcional al incremento de presión del fluido que pasa a través de la herramienta. Además la velocidad del motor hidráulico es directamente proporcional al volumen de fluido. Sin embargo, la velocidad permanece básicamente constante a medida que aumentan los requisitos del torque. Las pruebas de laboratorio demuestran que la velocidad se reduce en menos de un 10% desde la condición sin -- carga hasta la carga máxima, o bien, justo antes de la carga de atascamiento.

La velocidad permanece constante si el gasto de fluido permanece constante. Este tipo de motor produce el torque y la potencia máxima en -- la barrena bajo todas las condiciones de carga.

Para obtener la máxima vida útil, véase la tabla 2 en la que aparecen los incrementos de presión recomendados para cada diámetro de Turbobarrena.

A medida que se agrega peso a la barrena y el motor empieza a perforar, el motor hace que la barrena gire en el mismo sentido que las manecillas del reloj. Al igual que en todos los motores que desarrollan torque, esta combinación de peso y rotación imparte a la sarta de perforación una potencia de giro en el sentido contrario a las manecillas del reloj. En consecuencia, esto hace que las unidades de la sarta se aprieten, esta reacción aumenta a medida que se incrementa el peso sobre la barrena y alcanza su valor máximo al atascarse la herramienta.

SELECCION DEL TURBOBARRENA.

Al seleccionar el turbobarrena y sus accesorios adecuados se deben de considerar los siguientes aspectos.

- 1) Diámetro del agujero.
- 2) Diámetro de la barrena.
- 3) Desviación del agujero al iniciar el trabajo.
- 4) Disponibilidad de la suficiente potencia hidráulica, para cubrir los requerimientos recomendados en galones por minuto y la caída de presión para las profundidades a perforar.

VERIFICACION DE OPERACION EN LA SUPERFICIE.

- 1) La prueba consiste en arrancar gradualmente las bombas del equipo y verificar en forma visual que el motor gire.
- 2) La duración de la prueba de superficie debe ser lo más corta posible. Su único objetivo es asegurarse que la herramienta gira.

INTRODUCCION DEL TURBOBARRENA AL AGUJERO.

Procedimiento.

- 1) Ya que el motor es vigoroso, el operador de la unidad de tubería

flexible debe de tener precaución con la velocidad de bajada en el agujero ya que la barrena puede dañar la tubería de producción.

- 2) Al introducir el turbobarrena a la profundidad total o cuando existe una temperatura elevada del agujero, el efectuar paros periódicos para interrumpir la circulación ayudarán a evitar taponamientos o daño debido a temperaturas excesivas.
- 3) Por sí misma la herramienta no permite que el fluido llene la tubería. Esta operación la realiza la válvula de paso doble. Si los orificios de la válvula se tapan o si las características del fluido impiden que el flujo a través de la válvula sea fácil, la introducción al agujero debe pararse y será necesario llenar la tubería de perforación con fluido de perforación.
- 4) No se llene desde el fondo hasta la superficie con la barrena.

ARRANQUE DEL TURBOBARRENA.

Requisitos del fluido.

- 1.- Las bombas pueden ponerse en funcionamiento al alcanzar la -- profundidad de fondo deseada. Sin embargo, el incremento de presión no debe exceder a la presión de fondo calculada. El ajuste de la bomba de superficie debe ser exactamente el número de emboladas deseadas para que dicha bomba proporcione el flujo adecuado (en gpm) al diámetro de la herramienta que se está usando.
- 2.- Antes de iniciar la operación, el agujero deberá estar limpio, ya que un agujero sucio, puede afectar el torque.

CAIDA DE PRESION Y TORQUE.

- 1.- Cuando el agujero está limpio y se ha ajustado la presión de fondo, la herramienta se bajará suavemente hasta el fondo. La adición de peso continuará hasta que el manómetro indique la presión diferencial adicional recomendada (véase la tabla 2). Esto determinará el peso óptimo de perforación para operación continua.
- 2.- Al mantener esta presión constante, el torque permanecerá constante durante toda la operación. La adición de mas peso aumentará la presión y el torque. Si el peso se reduce, tanto la presión como el torque disminuirán. En consecuencia, el manómetro del equipo de perforación permite que el operador sepa como está funcionando la herramienta y servirá como un indicador del peso que se está aplicando durante la perforación.

PERFORACION CON EL TURBO-BARRENA.

Desgaste de la barrena.

- 1.- Debido a las altas RPM desarrolladas al utilizar el turbo-barrena, las barrenas tienden a gastarse más rápido que cuando se usan las velocidades convencionales de perforación rotatoria. Sin embargo, la barrena perforará el mismo número de metros y lo hará en menos tiempo.

Regulación de la caída de presión.

- 1.- Como se mencionó anteriormente, el torque desarrollado por el motor aparece indicado en el manómetro que registra la presión del fluido de superficie y a medida que se adiciona mas peso la presión aumenta.

VIDA DE LA HERRAMIENTA.

La vida útil de la herramienta está relacionada y determinada por el medio en el que trabaja. Las siguientes condiciones tenderán a reducir su vida útil.

- a) Lodos abrasivos.
- b) Altas temperaturas.
- c) Perforación con presiones excesivas.
- d) Contrapresión excesiva sobre la barrena.
- e) Caída de presión excesiva a través del motor. El peso sobre la barrena debe regularse para que la caída de presión aparezca indicada en el manómetro.
- f) Formaciones duras ó abrasivas.
- g) Bombeo excesivo de fluido.
- h) Carga excesiva.

INSTALACION DEL TURBO-BARRENA EN TUBERIA FLEXIBLE.

La instalación se efectúa de la siguiente manera.

1. Colocar el tubo lubricador sobre el árbol de válvulas.
2. Instalar el preventor sobre tubo lubricador.
3. Colocar la cabeza inyectora sobre el área del cabezal.
4. Introducir la tubería flexible dentro de la cabeza inyectora hasta que la punta aparezca abajo de la caja de empaques.
5. Colocar en la punta de la tubería el colgador para Turbo-Barrena de 1 3/4". (En la unidad de tubería flexible es el Turbo-Barrena que se utiliza).

6. Levantar la cabeza inyectora con el block viajero hasta que se pueda instalar la herramienta.
7. Introducir el Turbobarrera dentro del preventor bajando lentamente la cabeza inyectora con el block viajero.
8. Instalar la unidad 100%
9. Efectuar prueba de conexiones superficiales con 5000 psi, durante 30 minutos.
10. Bajar la herramienta lentamente sin bombeo hasta la profundidad del programa.
11. Iniciar la operación.

Así de una manera detallada, se ha explicado uno de los principales accesorios de la tubería flexible.

EYECTORES.

Al efectuar una limpieza de pozo, es necesario hacer un sistema de aspersión en la punta de la tubería, para que el flujo lave la pared ó - el área a limpiar del pozo. Para esto, se han diseñado varios tipos de eyectores, mostrándose a continuación en las siguientes figuras.

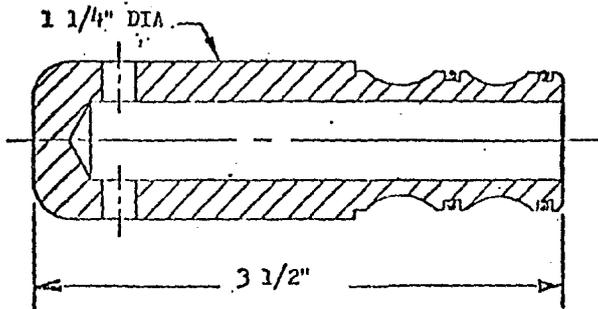


Fig. 21 Eyector diam. ext. 1 1/4" con salidas laterales a 90°.

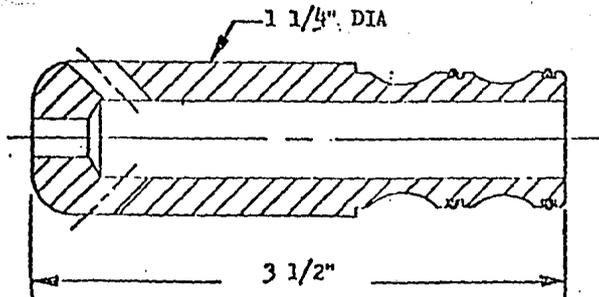


Fig.22 Eyector diam. ext. 1 1/4" con salidas laterales a 45° y una salida frontal.

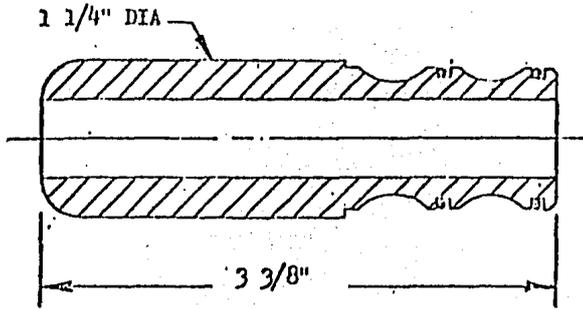


Fig. 23 Eyector diam. ext. 1 1/4" con salida frontal.

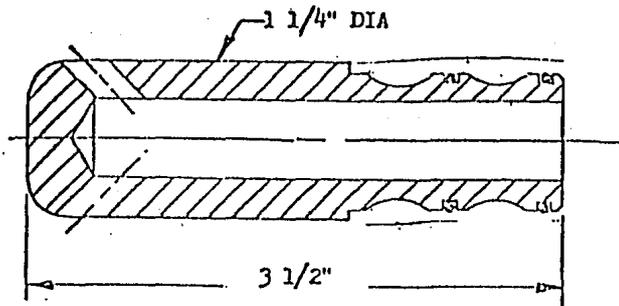


Fig. 24 Eyector diam. ext. 1 1/4" con salidas a 45°

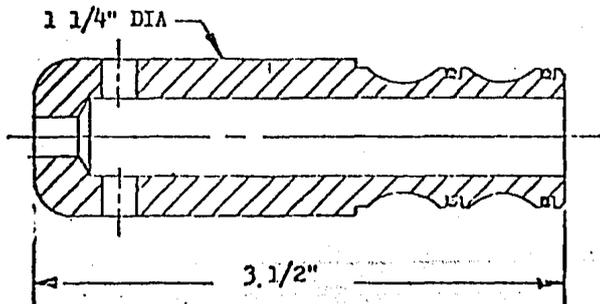


Fig. 25 Eyector diam. ext. 1 1/4" con salidas laterales a 90° y una salida frontal.

Esta herramienta se coloca en la punta de la tubería a presión, diseñada de tal manera que se une completamente a la tubería formándose un solo cuerpo firme y seguro. Como se muestra en las figuras, dependiendo de las características de los elementos a limpiar se coloca el eyector adecuado.

JUNTAS 1 1/4".

Muchas veces es necesario unir dos herramientas de trabajo, por ejemplo, una válvula check o de contraflujo con un eyector ó una herramienta lavadora, para este caso se diseñaron las juntas giratorias, tienen cuerda por los dos extremos, con la peculiaridad de permitir movimientos de giro, esta herramienta se muestra en la figura 26.

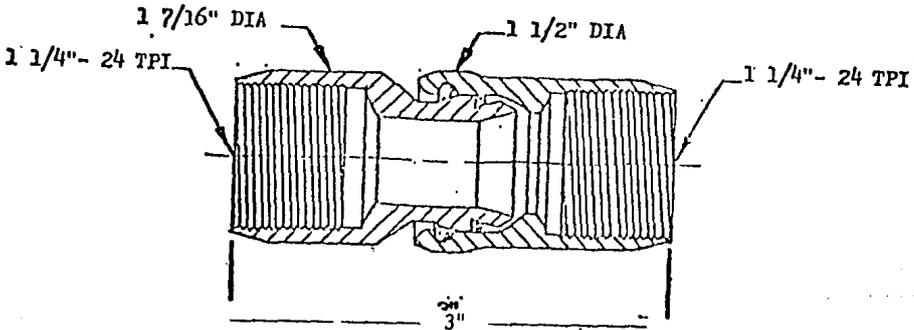


FIG. 26.- JUNTA GIRATORIA 1 1/4"

CENTRADORES

En la mayoría de los pozos de la zona marina al efectuar los trabajos y bajar la tubería al fondo del pozo, se encuentran resistencias de metal en los cambios de diámetro de las tuberías o en la boca de la tubería corta, debido a la perforación desviada de los pozos. Una manera de evitarlo es colocando centradores cerca de la punta, así se evita que ésta pegue de lleno en las unidades o restricciones de la tubería de producción o revestimiento. Las siguientes figuras muestran los tipos de centradores que se utilizan principalmente.

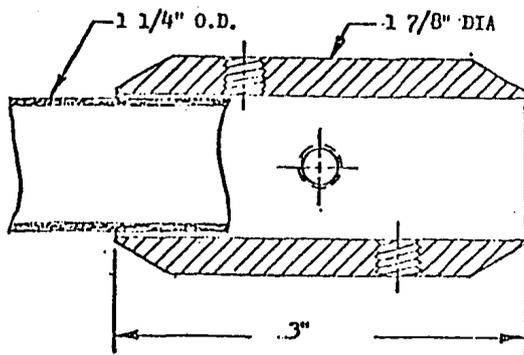


Fig. 27 Centrador tipo bala para tubería de 1 1/4".

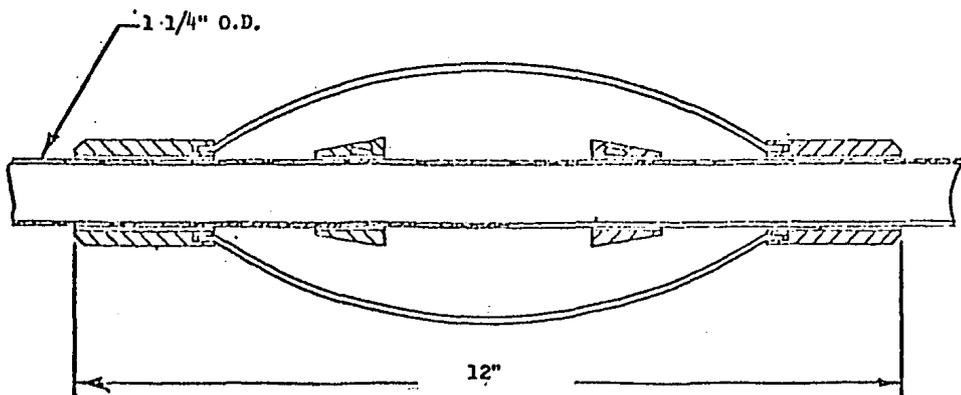


Fig. 28 Centrador tipo canasta para tubería de 1 1/4".

La manera de adherirlos a la tubería es por medio de soldadura, quedando como un solo cuerpo resistente. Para instalarlo en operación es necesario primero, pasar la punta de la tubería por el inyector y preventores, y después, colocarlo; pues de otra manera no pasaría por estas partes de la unidad.

VÁLVULA DE CONTRAPRESIÓN.

Esta se puede considerar como uno de los accesorios más importantes -- que se colocan a la tubería flexible. Si por ejemplo, se está en una inducción de pozo y está bajando la tubería bombeando nitrógeno, de pronto ésta se rompe arriba del inyector en el cuello de ganso y el pozo ya se indujo fluyendo aceite y gas por dentro de la tubería flexible. En este caso la siguiente operación sería operar preventores para evitar el flujo dejando la tubería cortada agarrada, con el preventor de cuñas, procediéndose después a controlar el pozo para recuperar la tubería. Como se puede observar este accidente ocasionaría muchos problemas. Si se coloca una válvula de contrapresión, este accidente no ocasionaría tantos problemas, ya que se evita el flujo a través de la tubería lográndose sacar a la superficie para enrollarla en el carrete.

La figura 27, muestra el accesorio, del lado izquierdo es por donde se une a la tubería a presión, mientras que por el lado derecho tiene rosca para adaptarle otro accesorio.

En todas las operaciones en pozos con presión se recomienda utilizar esta válvula por seguridad, evitando problemas en una rotura de tubería ó una contrapresión inesperada.

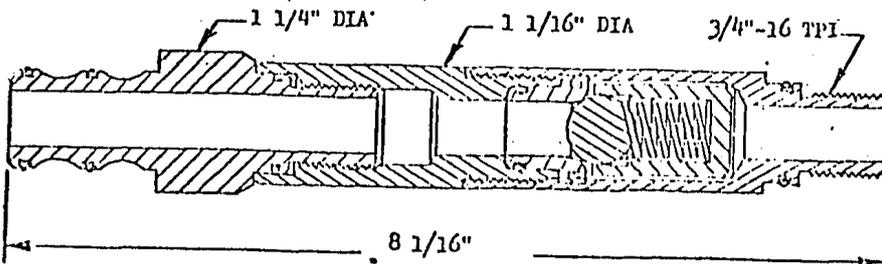


Fig. 27 Válvula de contrapresión.

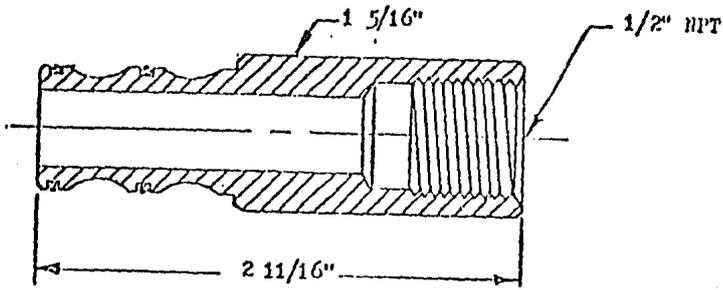


Fig. 28 Conector de tubería con caja de 1/2".

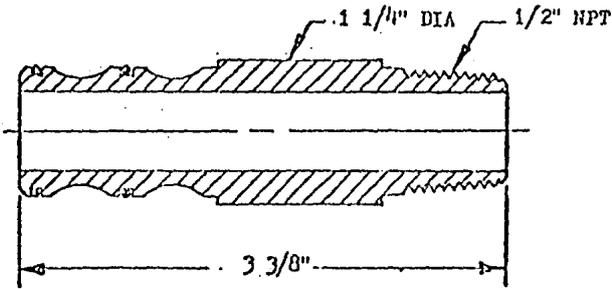


Fig. 29 Conector de tubería con rosca externa de 1/2".

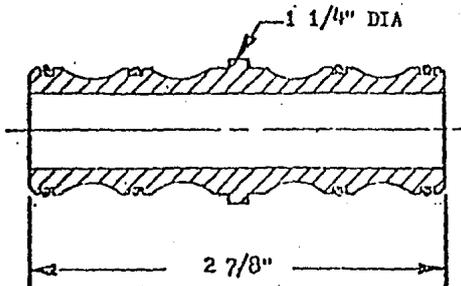


Fig. 30 Conector de tubería a tubería de 1 1/4".

CONECTORES DE 1 1/4"

Para poder colocar algunos accesorios en la tubería se necesitan conectores. Aquí se muestran los más comunes que se han diseñado.

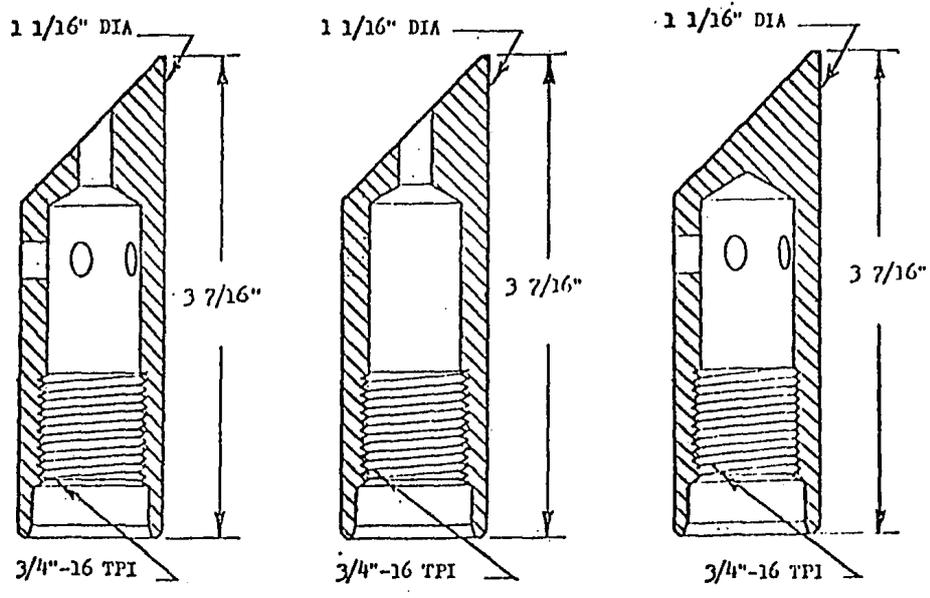


Fig. 31 Herramienta lavadora de tubería.

HERRAMIENTA LAVADORA DE TUBERIA.

Esta herramienta se utiliza principalmente para limpiar aparjos de producción ó tuberías cortas. Se une a la tubería flexible por medio de un colgador de rosca externa 3/4".

En la figura 31, se muestran los tipos de herramientas que se han diseñado.

COLGADOR DE HERRAMIENTA LAVADORA.

La manera de unir la herramienta lavadora a la tubería flexible, es -- por medio de esta herramienta, quedando de una sola pieza resistente y segura.

La figura 32, muestra este accesorio con rosca externa de 1/2".

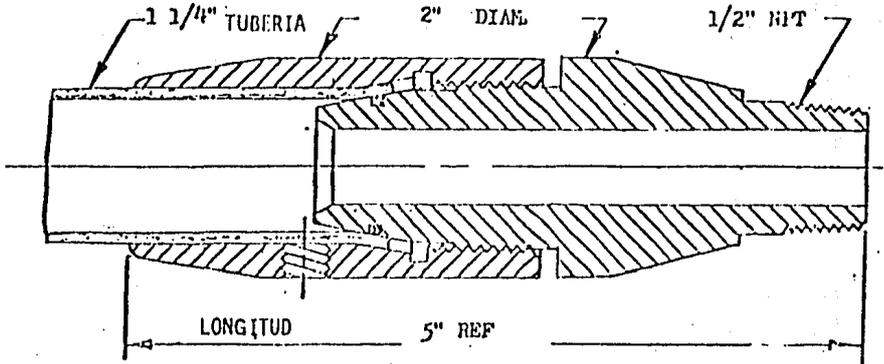


Fig. 32 Colgador de herramienta lavadora 1 1/4".

COLGADOR TURBOBARRENA.

El motor de fondo turbobarrena se une a la tubería flexible por medio de este colgador, primero se suelda a la parte izquierda de la herramienta (fig. 33), a la tubería, quedando en la punta una cuerda interna -- donde se enrosca la parte de la derecha, quedando por último, la cuerda donde se enroscará la herramienta turbobarrena.

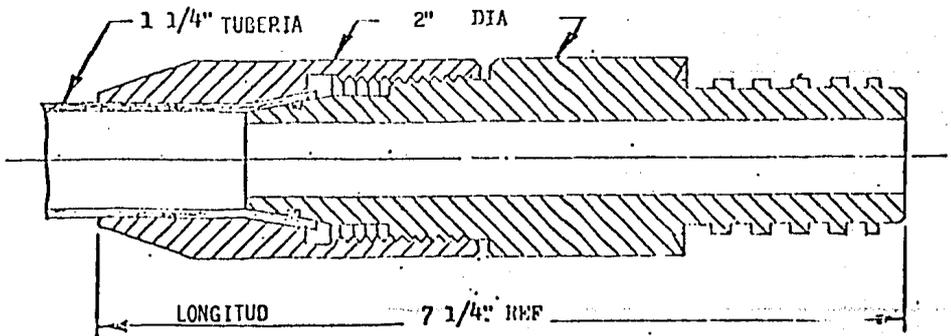


Fig. 33 Colgador de Turbobarrena..

COLGADOR RECUPERADOR DE TUBERIA 1 1/4".

Cuando por alguna razón, se requiere accionar el preventor de corte -- del sistema de preventores de la unidad de tubería flexible y la tubería queda sujeta en el preventor de cuñas, la siguiente operación es controlar el pozo para recuperar la tubería. El método es el siguiente:

- 1.- Desmantelar la cabeza inyectora (quitar la parte superior del preventor).
- 2.- Desconectar el preventor del tubo lubricador.
- 3.- Levantar lentamente el preventor con el block viajero (aproximadamente 3.50 mts.)
- 4.- Colocar el colgador recuperador de tubería en la parte superior del tubo lubricador apretando los tornillos de la herramienta lo suficiente para que no se suelte la tubería de las cuñas de la misma.
- 5.- Bajar de nuevo el preventor sin remover el colgador, colocar el inyector y jalar la tubería con las cadenas del mismo, ya sostenida la tubería por el inyector, remover el colgador y colocar el preventor sobre el tubo lubricador y por último, conectar el mismo a la cabeza inyectora para empezar a recuperar tubería.

Como se mostró en el método anterior, el colgador juega un papel de suma importancia. El diseño es muy sencillo ya que son dos placas encontradas que guardan unas cuñas internamente, estas placas llevan dos -- tornillos que dan la presión de las cuñas sobre la tubería. La herramienta se muestra en la figura 34.

De una manera rápida se han explicado y presentado los principales accesorios con que cuenta la tubería flexible.

Un punto importante que debe hacerse recalcar, es que en la zona marina no se utilizan ninguno de los accesorios anteriores, a excepción del colgador recuperador de tubería, por no tenerlos a disposición.

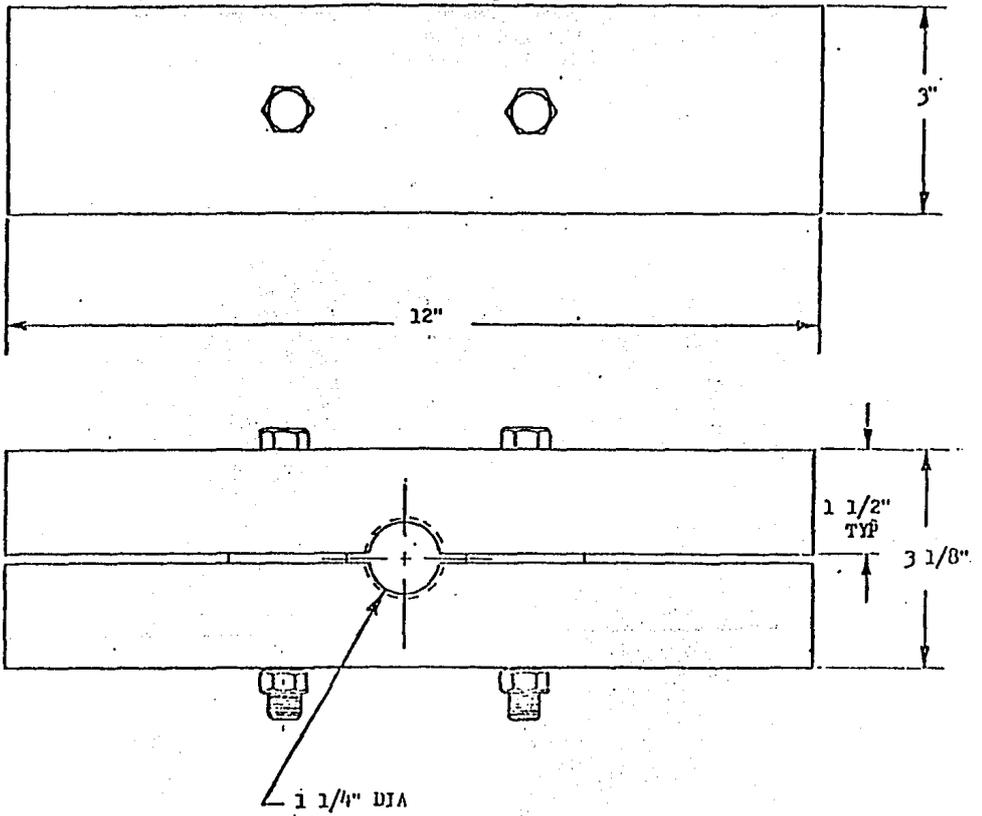


Fig. 34 Colgador recuperador de tubería 1 1/4".

V.- PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS EN OPERACION

En el capítulo anterior se enumeraron todas las aplicaciones de la unidad de tubería flexible en el mantenimiento de la vida productiva de los pozos. En este capítulo, se explican los procedimientos de operación en el desarrollo de programas específicos de trabajo.

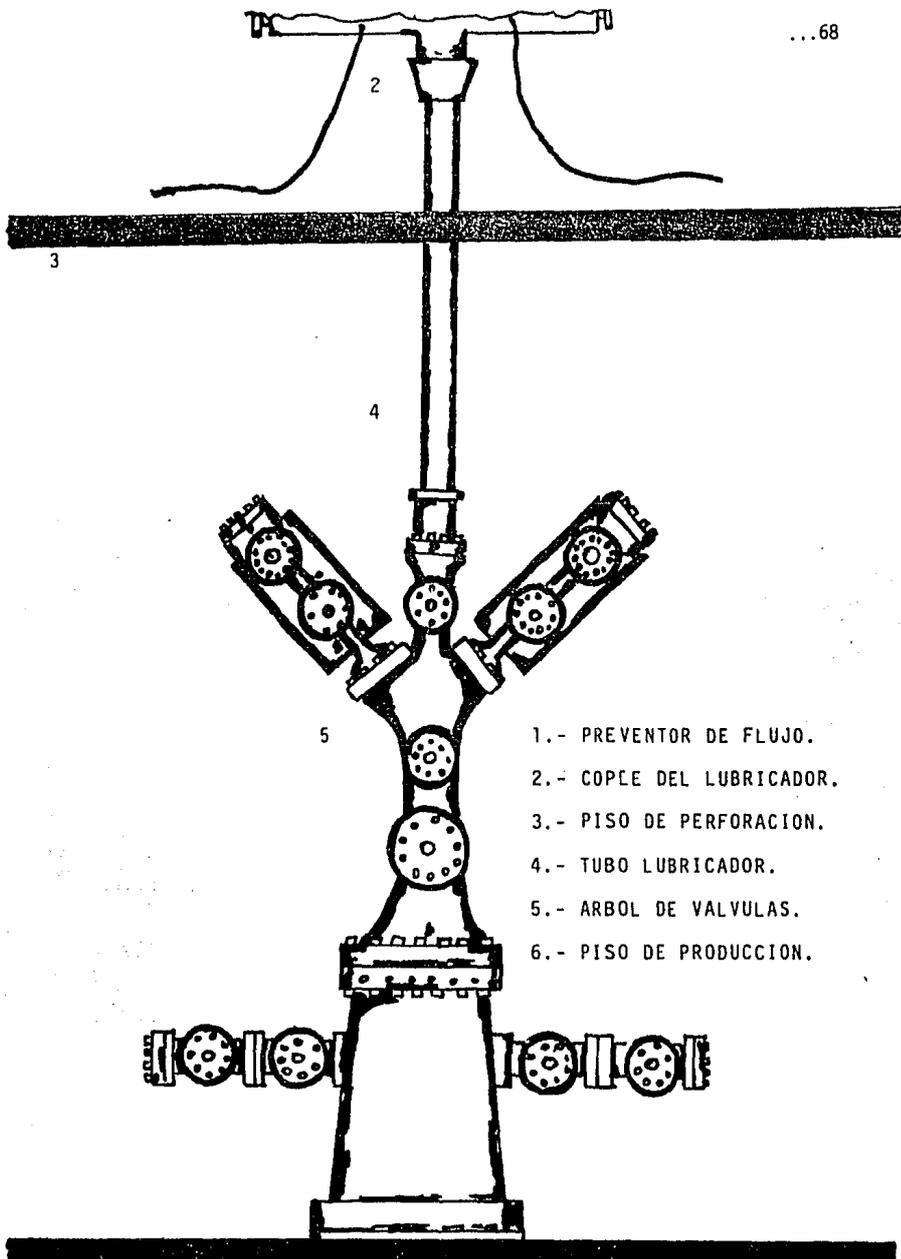
V.1.- CONDICIONES OPERACIONALES (2)

Al iniciar una operación con la unidad de tubería flexible se requiere tener conocimiento detallado de las condiciones del pozo (estado mecánico, presiones, etc.), recomendándose revisar los siguientes puntos antes de instalar la unidad en el pozo.

1. Conexión en el árbol de válvulas del pozo.- Si la parte superior del cabezal no es accesible como ocurre en las plataformas marinas, se necesita un tubo (semejante al lubricador utilizado por la unidad de línea de acero), para levantar el punto de conexión del árbol de válvulas al nivel de trabajo (Fig. 35). De manera similar cuando se conecta a la tubería de perforación, se requiere una tubería corta y válvulas de línea semejantes a las que tiene la flecha de perforación.

El inyector y el preventor se unen por medio de un cople (2) apropiado -- que debe ser sumamente resistente ya que los esfuerzos a que está expuesto son muy altos. El preventor y el inyector se conectan directamente sobre el tubo lubricador (4), el cual se conecta al árbol de válvulas (5).

2. Geometría del pozo.- Debe efectuarse un estudio completo de los diámetros internos de todas las partes que conforman el aparejo de producción, así como tuberías de revestimiento y tuberías cortas, para asegurarse que los accesorios colocados a la tubería flexible pasarán sin ningún problema a través de todo el recorrido programado en la operación.
3. Presión en el cabezal del pozo.- La caja de empaques y el preventor están diseñados para operar con presiones arriba de 350 Kg/cm^2 , sin embargo, es importante recordar lo siguiente:



- 1.- PREVENTOR DE FLUJO.
- 2.- COPLER DEL LUBRICADOR.
- 3.- PISO DE PERFORACION.
- 4.- TUBO LUBRICADOR.
- 5.- ARBOL DE VALVULAS.
- 6.- PISO DE PRODUCCION.

6

FIGURA 35.- CONEXION EN EL ARBOL DE VALVULAS

- a) Cuando se tiene una presión en la cabeza del pozo de 350 Kg/cm^2 la fuerza que requiere el inyector para vencer la fricción de la caja de empaques es de 1810 Kgf.
- b) Con una presión en la cabeza de 175 Kg/cm^2 el desgaste de los empaques es muy severo, ya que debe aplicársele mayor presión para poder controlar el contraflujo, en condiciones normales de trabajo. Esto provoca que en el transcurso de la operación se puedan presentar fugas de presión que obligan a cambiar tales empaques durante la operación; utilizando para ello el preventor anular - para evitar contraflujo.

Hay que tomar en cuenta que durante la operación debe mantenerse siempre la tubería flexible con presión interna para evitar problemas de colapso de la misma.

V.2.- PROCEDIMIENTO DE OPERACION (2)

Después de haber revisado las condiciones operacionales anteriores, se recomienda iniciar la operación de la siguiente manera:

1. Revisar que todas las mangueras hidráulicas estén acopladas al sistema del inyector y del carrete de tubería.
2. Revisar el buen funcionamiento del sistema de preventores.
3. Introducir la tubería a la guía de las cadenas de la cabeza inyectora, para que sea jalada por éstas.
4. Confirmar que el tubo lubricador y el cabezal del pozo estén bien conectados.
5. Unir el preventor y el tubo lubricador por medio de un cople de rosca rápida.

6. Levantar el inyector con la grúa de la plataforma, para poder colocar el δ los accesorios programados, en la tubería flexible.
7. Montar y conectar el inyector en el preventor por medio de una - - unión. Asegurar con cadenas las patas ajustables para que el cabezal no soporte los movimientos de la tubería.
8. Conectar una línea del eje del carrete a la unidad de alta presión que bombeará el fluido por inyectar al pozo. Esta conexión consta de:
 - a) Una válvula de paso.
 - b) Una válvula de purga.
 - c) Un registrador de presión.
 - d) Una válvula de contrapresión.
9. Probar la conexión de la bomba al carrete, así como el tubo lubricador, con una presión mayor a la máxima que se utilizará (se recomienda 350 Kg/cm^2).
10. Revisión final.
 - a) Medidor de profundidad.- colocar en ceros.
 - b) Indicador de peso.- colocar en ceros.
 - c) Control hidráulico de la caja de empaques.- poner arriba de 35 Kg/cm^2
 - d) Preventores.- abiertos
 - e) Tensor de tracción de las cadenas.- colocarlo para impedir desplazamiento de la tubería hacia el pozo.
 - f) Sistema de movimiento del carrete.- aplicar tensión al carrete para evitar cualquier afloje ó soltado de tubería.
12. Abrir la válvula de sondeo, la maestra y la del quemador, en el árbol de válvulas del pozo o la válvula del lubricador cuando no haya árbol en el pozo.

13. Comenzar a bajar la tubería aplicando la tracción justa para alcanzar una velocidad de 6 - 9 m/min., permanecer a esta velocidad hasta que la herramienta puesta en la punta haya pasado a través del - cabezal del pozo, al pasarlo puede incrementarse la velocidad de inyección de tubería máximo a 40 m/min. Al continuar bajando tubería al pozo, el peso se incrementa, por lo tanto la tracción en el inyector decrece. El control de tracción de inyección se ajusta continuamente para mantener la velocidad deseada.
14. Proceder según el programa operativo previamente establecido.
15. Es importante tomar en cuenta que al sacar o meter tubería debe haber circulación. En el lavado de pozo debe evitarse que se suspenda el bombeo, pues esto ocasionará que los sedimentos y residuos de limpieza atrapen la tubería. Si el peso decrece al sacar la tubería a la superficie; puede aumentarse el jalón acelerando. Este movimiento debe hacerlo continuamente el operador desde la cabina - por medio de la palanca aceleradora.
16. En posición estacionaria, el peso de la tubería lo soporta el - - clutch, descrito anteriormente. En el movimiento ascendiente intervienen solamente el peso de la tubería y las fuerzas de fricción. Cuando la tubería se acerca a la superficie puede ser empujada por la presión del pozo, si esto acontece, el inyector se usa para contrarrestar este empuje y propiciar que la tubería esté controlada -- hasta que esté fuera del pozo.
17. El paso de la punta de la tubería por el cabezal, se hace lentamente de 6 a 9 m/min, hasta que la herramienta colocada en la tubería flexible pegue contra la caja de empaques y se registre en el marcador de peso.
18. Todas las válvulas del cabezal del pozo deben cerrarse cuidadosamente.

19. Depresionar el lubricador y la tubería flexible, quitar las herramientas puestas en la punta.
20. Si la operación fué satisfactoria, dismantelar la unidad 100%.

V.3.- PROCEDIMIENTOS ESPECIFICOS DE TRABAJO (2)

Después de observar estrictamente el procedimiento citado, se procede a efectuar la intervención. A continuación se explicarán de manera detallada procedimientos recomendados para el desarrollo de las operaciones, en función de las principales aplicaciones que tiene la unidad de tubería flexible en el mantenimiento de los pozos. Estas aplicaciones son las siguientes:

1. Remoción de tapones de parafina y otros depósitos orgánicos, de tuberías de producción.
2. Remoción de tapones de hidratos en pozos de gas.
3. Remoción de arena y sedimentos.
4. Remoción de incrustación de sales.
5. Colocación de tapones de cemento.
6. Inducción.
7. Estimulación con ácido.
8. Limpieza con turbo-barrena.

V.3.1.- REMOCION DE TAPONES DE PARAFINA Y MATERIAL ASFALTICO DE TUBERIAS DE PRODUCCION, (4), (3).

Un problema común en algunas áreas es la depositación de parafina en el aparejo de producción. Esta acumulación disminuye la producción, incrementando la caída de presión al reducirse el área libre al flujo de la sección transversal de la tubería de producción.

Los siguientes factores influyen el grado de acumulación de parafina en los aparejos.

1. Composición química del aceite producido.
2. Temperatura del fondo del pozo.
3. Velocidad de producción.
4. Transferencia de calor de la formación al espacio anular.

Principalmente estos son los factores que contribuyen a la formación de parafinas en el aparejo de producción. La causa principal es el enfriamiento del aceite producido en el aparejo. Estos sólidos formados comienzan a adherirse en la tubería reduciendo eventualmente el flujo.

Un método efectivo para remover parafinas es derritiéndolas con aceite caliente, agua caliente ó productos químicos.

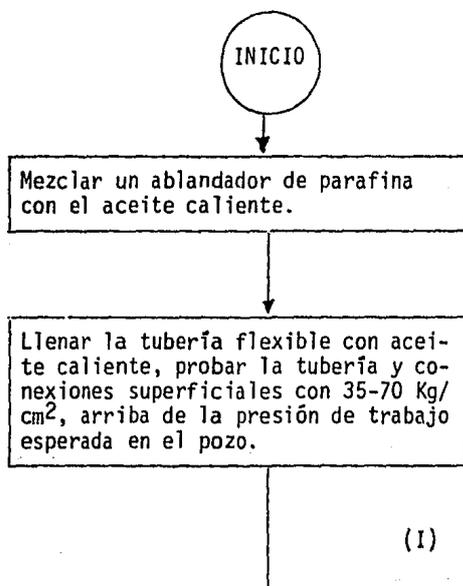
La unidad de tubería flexible en conjunción con estos elementos es una herramienta excelente.

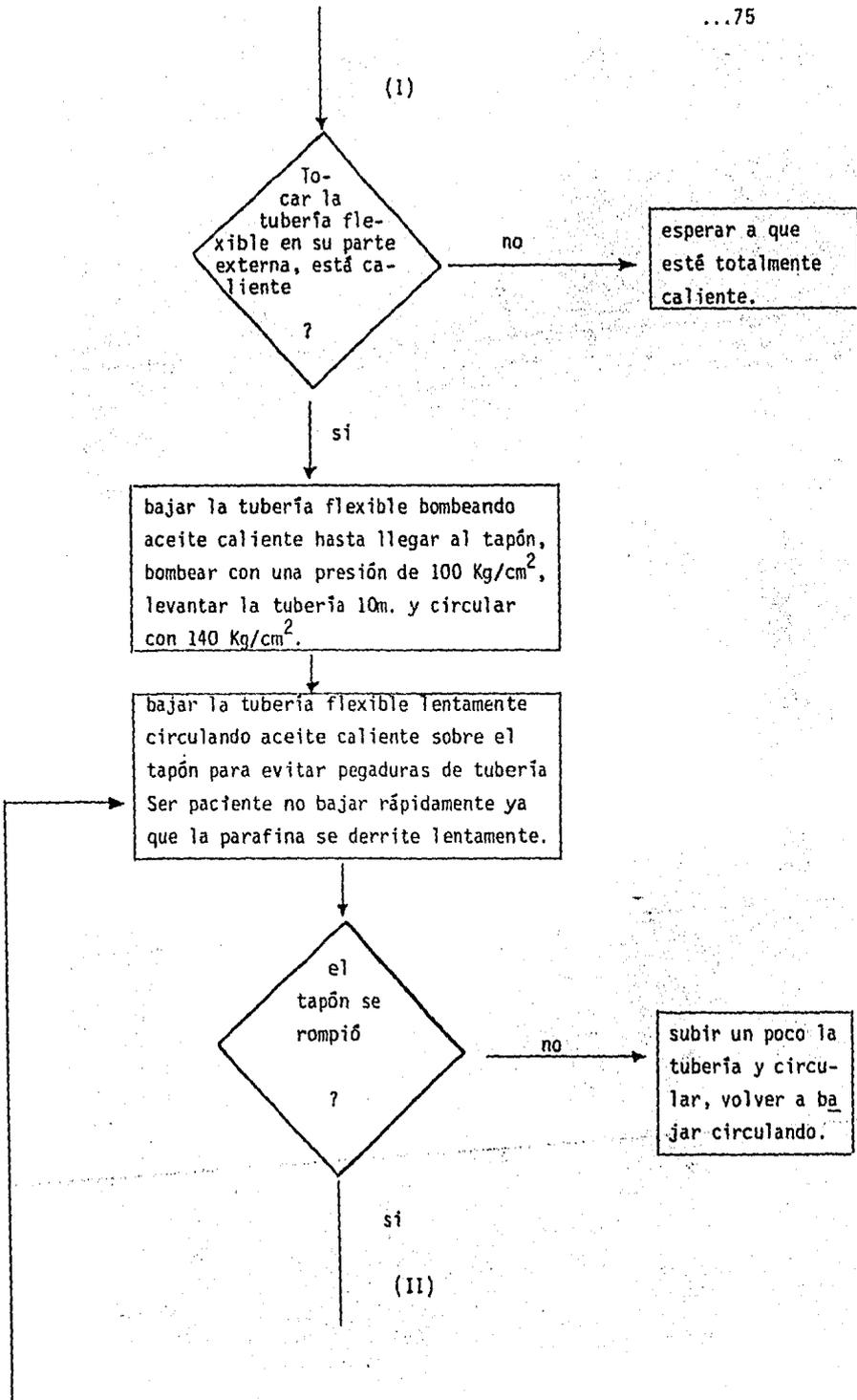
- a) Remoción de tapones de parafina con aceite caliente.- Una unidad de aceite caliente provee el aceite a una temperatura de 100 - 120°C, teniendo las siguientes características:

Capacidad (dos tanques)	1,9 m ³
Temperatura de operación	85°C
Presión de trabajo	140.6 Kg/cm ²

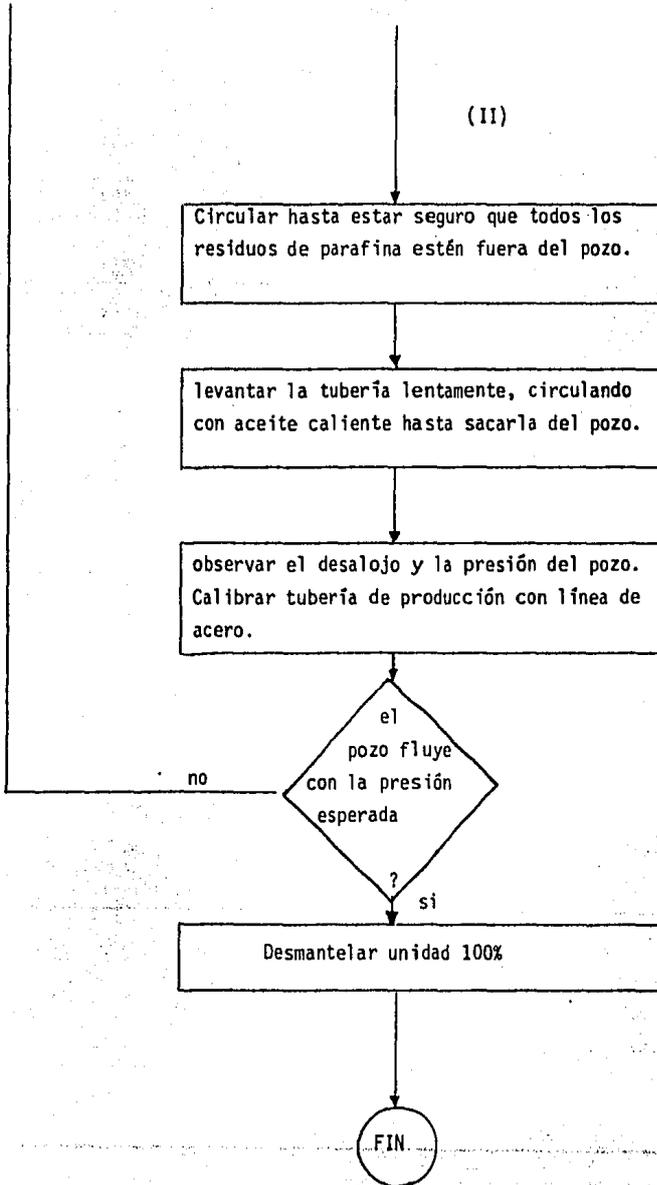
La descarga de la unidad de aceite caliente se conecta a la tubería flexible por medio de una línea hasta el carrete. Los movimientos con la unidad de aceite caliente se hacen con sumo cuidado al efectuar el trabajo, evitando el contacto con el aceite, ya que provoca quemaduras severas.

El método es muy efectivo, se coloca aceite caliente sobre el tapón de parafina y por el intercambio de temperatura, el tapón se derrite hasta deshacerse totalmente, quedando el aparejo de producción libre, restaurándose el flujo de aceite en el pozo. A continuación se describe por medio de un diagrama de flujo el procedimiento operativo recomendado.





(II)



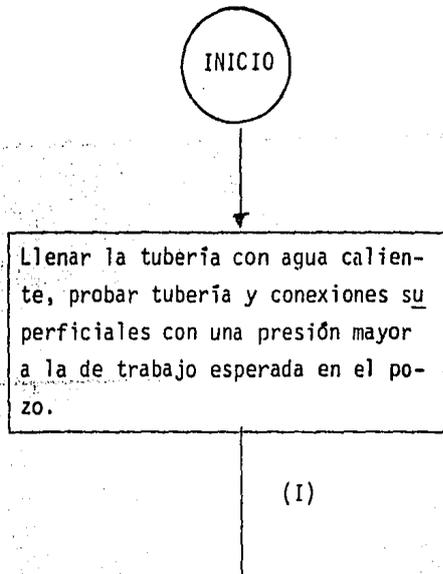
b) Remoción de tapones de parafinas con agua caliente. (3)

La circulación con agua caliente en los aparejos tiene mayores ventajas que la circulación con aceite caliente.

1. Seguridad.- Si la tubería de la unidad de aceite caliente se rompiera o agujerara, podría provocarse un incendio ó explosión, lo cual no existe usando agua.
2. Disponibilidad.- En algunos lugares no se puede proveer de aceite suficiente.
3. Contaminación.- El agua es mucho más fácil de manejar y no existe riesgo de contaminar cuando hay derrames o fugas.

La limpieza con agua caliente se hace exactamente igual que con aceite caliente. La tubería flexible debe calentarse antes de meterla en el pozo, normalmente se calienta el agua a 100 - 120°C.

A continuación se muestra el diagrama de flujo correspondiente.



(I)

abrir la válvula de sondeo y maestra en el cabezal del pozo y bajar la tubería bombeando agua caliente hasta tocar el tapón de parafina.

levantar la tubería 5 m. y circular durante 4 horas agua caliente.

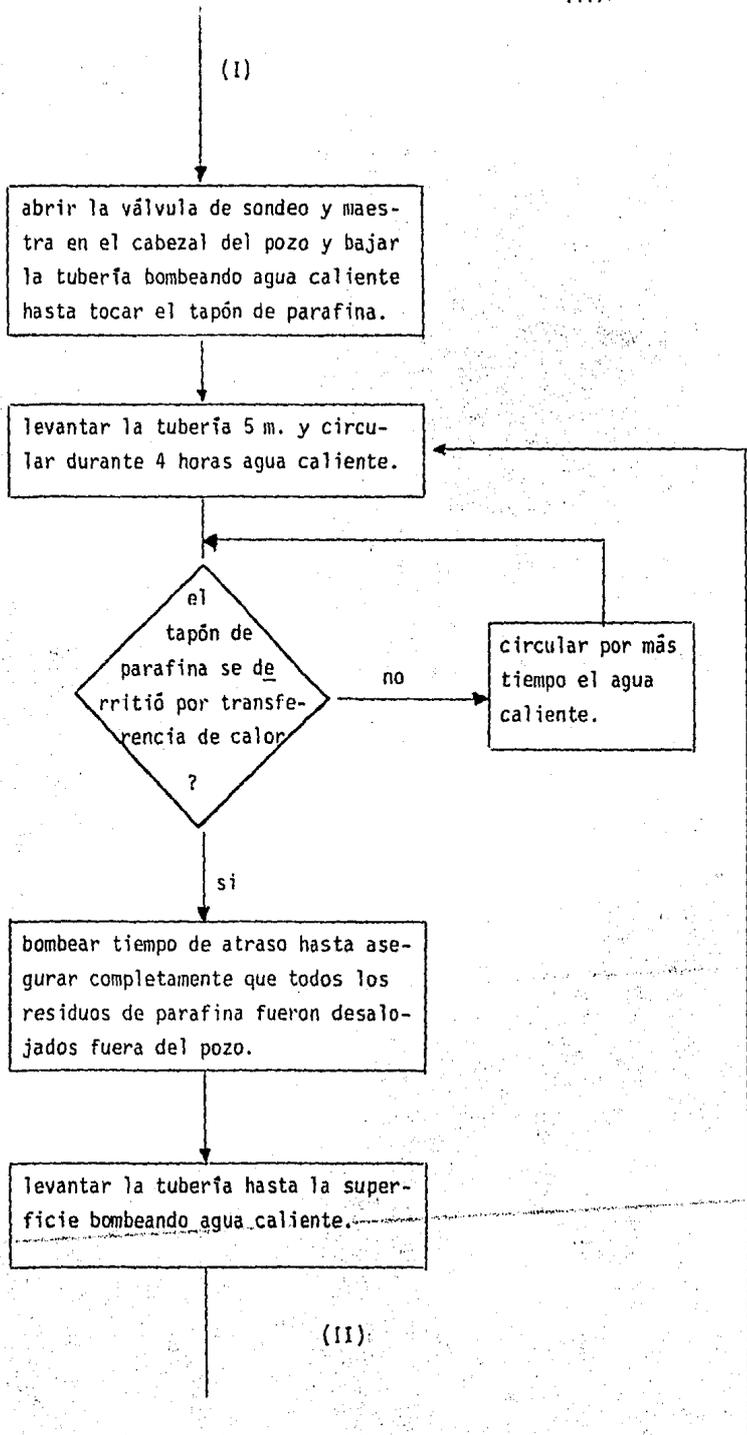
el tapón de parafina se derritió por transferencia de calor ?

si
circular por más tiempo el agua caliente.

no
bompear tiempo de atraso hasta asegurar completamente que todos los residuos de parafina fueron desalojados fuera del pozo.

si
levantar la tubería hasta la superficie bombeando agua caliente.

(II)



(II)

observar el desalajo y la presión de descarga, calibrar con línea de acero.



bajar la tubería flexible hasta la profundidad del tapón y volver a circular.

Desmantelar unidad 100%



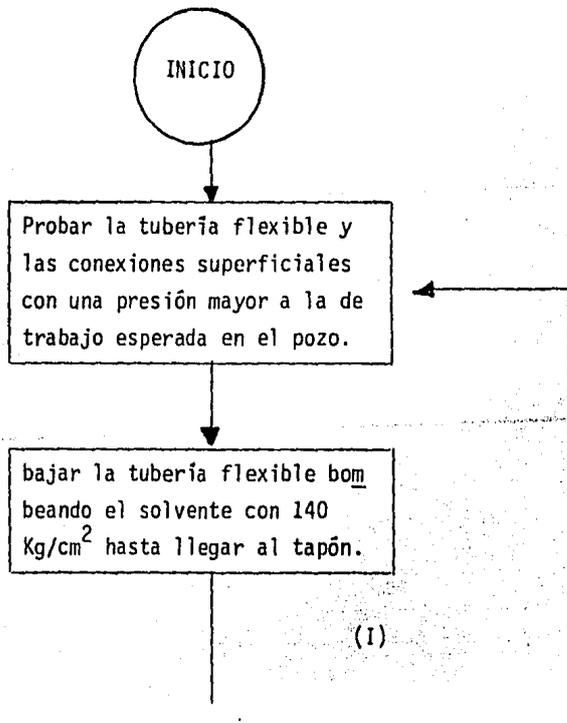
c) Remoción de tapones de asfaltenos usando productos químicos. (3)

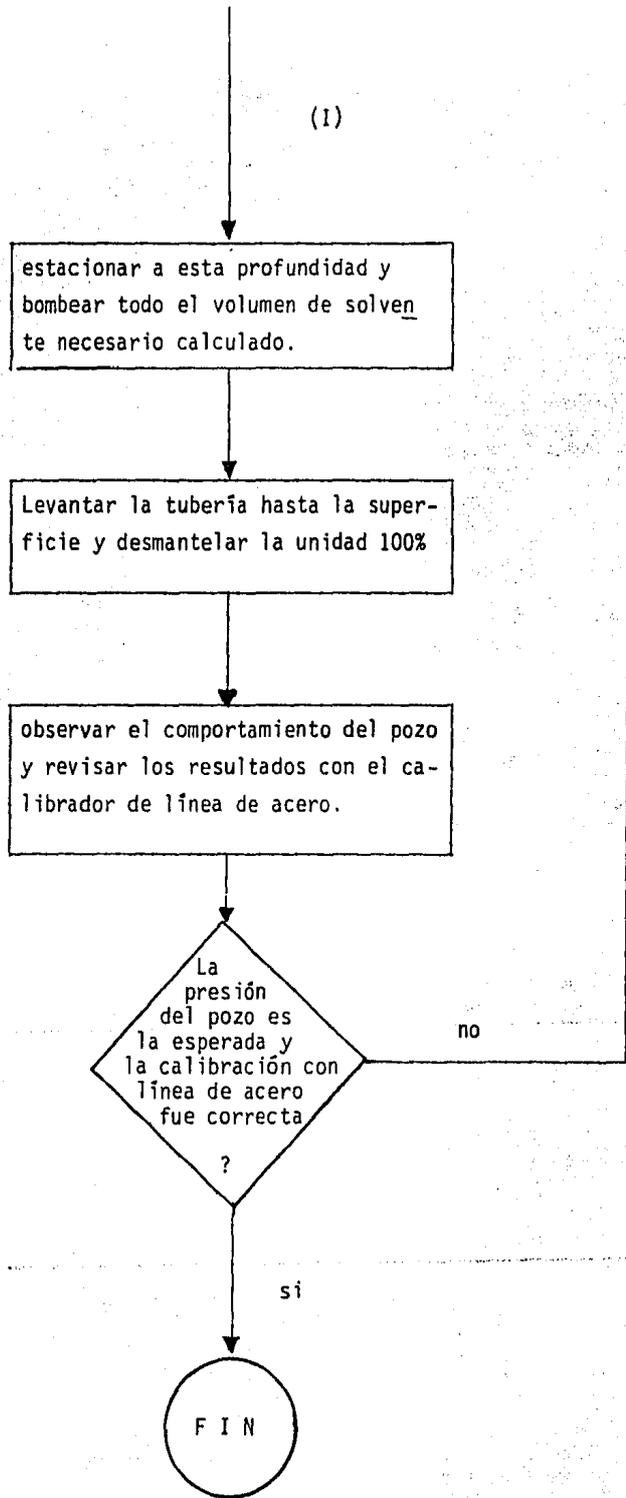
El uso de productos químicos para disolver depósitos de parafinas es otra alternativa. Se coloca un bache del producto sobre el tapón para disolverlo.

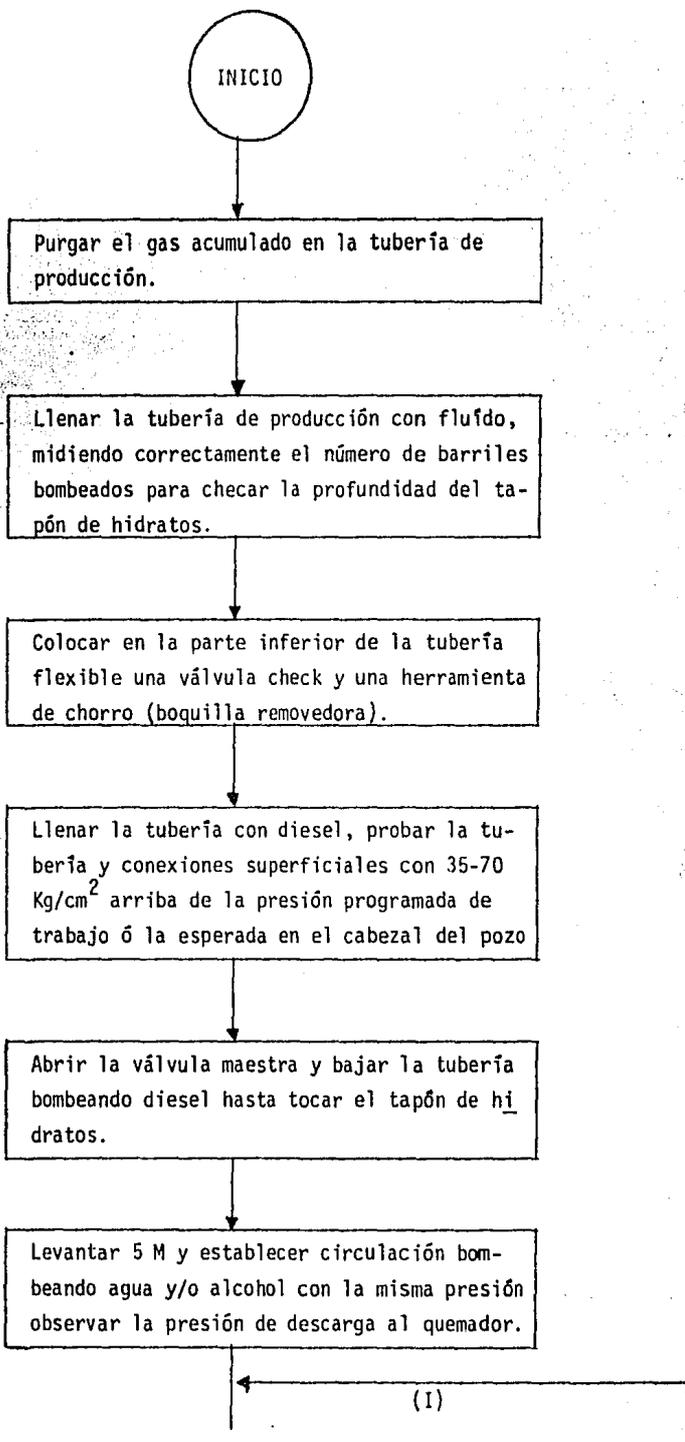
La unidad de tubería flexible es un excelente medio para colocar - el bache desde o a la profundidad deseada. Se instala de la manera usual y se conecta la bomba del producto químico al carrete. Teniendo extrema precaución de que las conexiones sean las adecuadas y estén bien efectuadas.

Es necesario una estrecha supervisión al bombear el producto químico (usualmente solvente aromático), porque es altamente tóxico e inflamable.

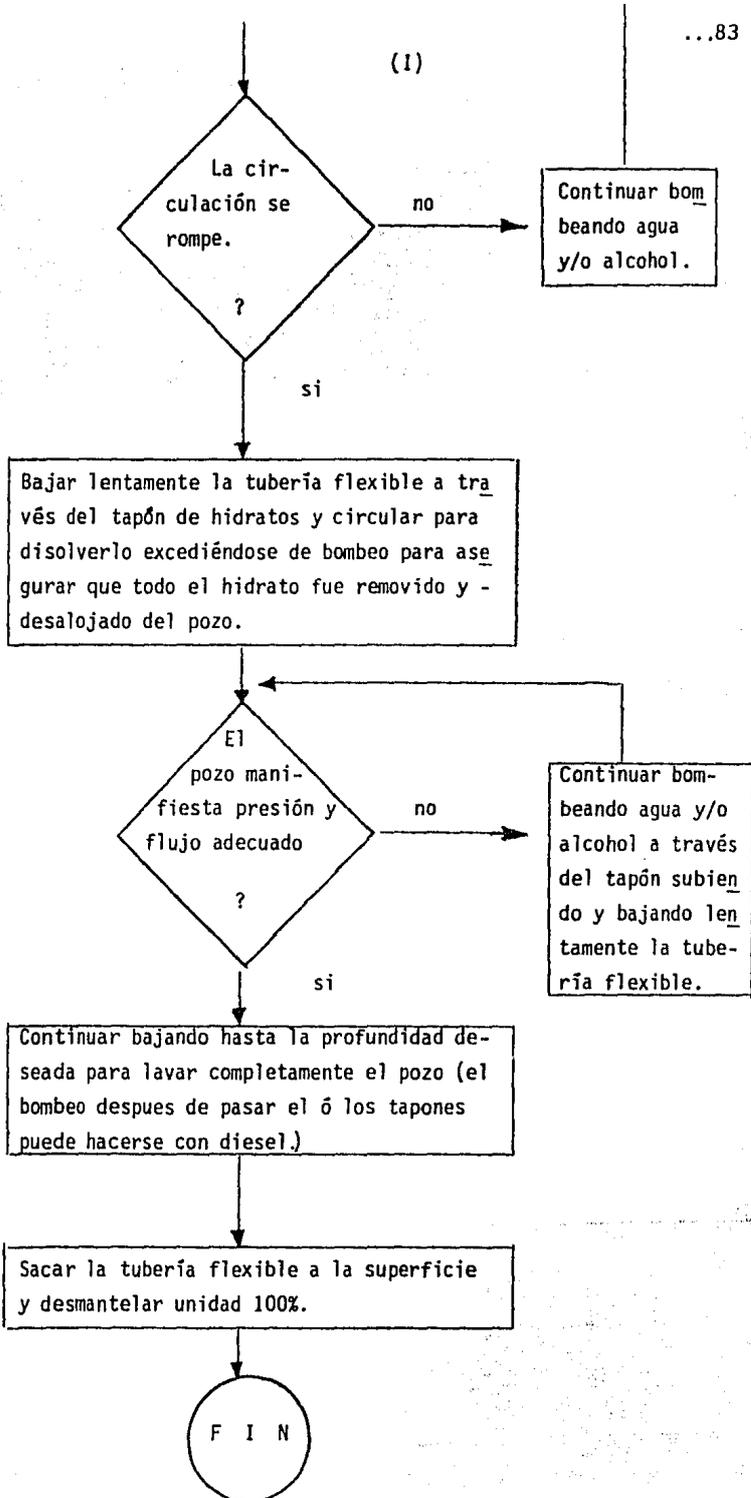
En el diagrama de flujo siguiente se muestra el procedimiento a seguir para efectuar esta operación.







(1)



V.3.2.- REMOCION DE INCRUSTACION DE SALES (8), (11)

El agua producida con los hidrocarburos que se extraen del subsuelo ocasiona diversos problemas. Uno de los más fuertes que se pueden presentar es la formación, bajo ciertas condiciones, de incrustaciones de las sales inorgánicas contenidas en la fase acuosa. Dichas incrustaciones restringen la producción y son causa de erogaciones considerables en el manejo de los hidrocarburos, desde el yacimiento hasta las zonas de procesamiento.

Una incrustación se define como un depósito mineral formado sobre superficies que están en contacto con agua saturada de sales inorgánicas. La cristalización y precipitación de las sales es causada por un desequilibrio químico que se promueve por la acción individual o simultánea de: una reducción de presión del sistema, cambios de temperatura, concentración de iones no comunes y mezcla de aguas incompatibles.

La formación de una incrustación requiere de una solución sobresaturada de dos iones incrustantes. Los que se combinan para formar una molécula. Varias moléculas se enlazan débilmente, formando un arreglo ordenado. Algunos arreglos de este tipo se enlazan fuertemente para formar núcleos que actúan como sitios de crecimiento, pudiendo ser cristales finos, partículas amorfas o concentraciones de iones y moléculas. Estos núcleos crecen y se precipitan como cristales visibles, incrustando se en superficies rugosas formando centros de depósitos, de estructura compacta y fuertemente adheridos a dichas superficies.

Las incrustaciones más comunes en las zonas petroleras de México, son las de carbonato de calcio (CaCO_3) y cloruro de sodio (NaCl), de las cuales a continuación se dará por medio de diagramas de flujo el desarrollo operativo de su remoción utilizando la unidad de tubería flexible con ácido clorhídrico (HCl) y agua dulce, respectivamente.

V.3.2.1.- REMOCION DE DEPOSITACIONES DE CARBONATO DE CALCIO ($CaCO_3$) (11)

En los pozos petroleros, la precipitación de carbonato de calcio es causada por caída de presión, desprendiéndose CO_2 de los iones de bicarbonato (HCO_3^{-1}). Cuando el CO_2 se mezcla en la solución, se incrementa el PH, la solubilidad de los carbonatos disueltos decrece y la mayoría de los bicarbonatos solubles se convierten en sedimentos solubles de -- carbonato. Una ilustración de lo severo del problema es que de solo -- 100 miligramos de bicarbonato por litro de agua, dan como resultado una depositación de 13 Kg. de carbonato de calcio por $6 m^3$ de agua producida.

La pricipitación de carbonato de calcio varía con la alcalinidad del -- agua (concentración de iones de bicarbonato), temperatura, total de con centración de sal, tiempo de contacto y grado de agitación.

- La depositación varía con la temperatura. La Fig. A, muestra los efectos de la temperatura en la solución de agua con carbonato de calcio.

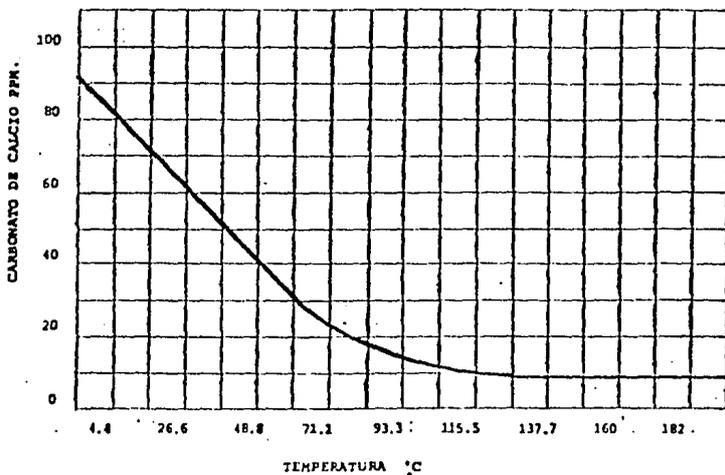
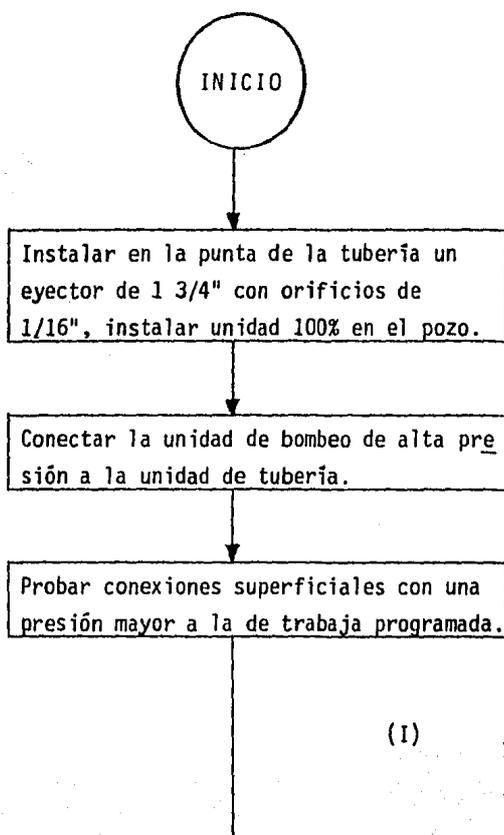


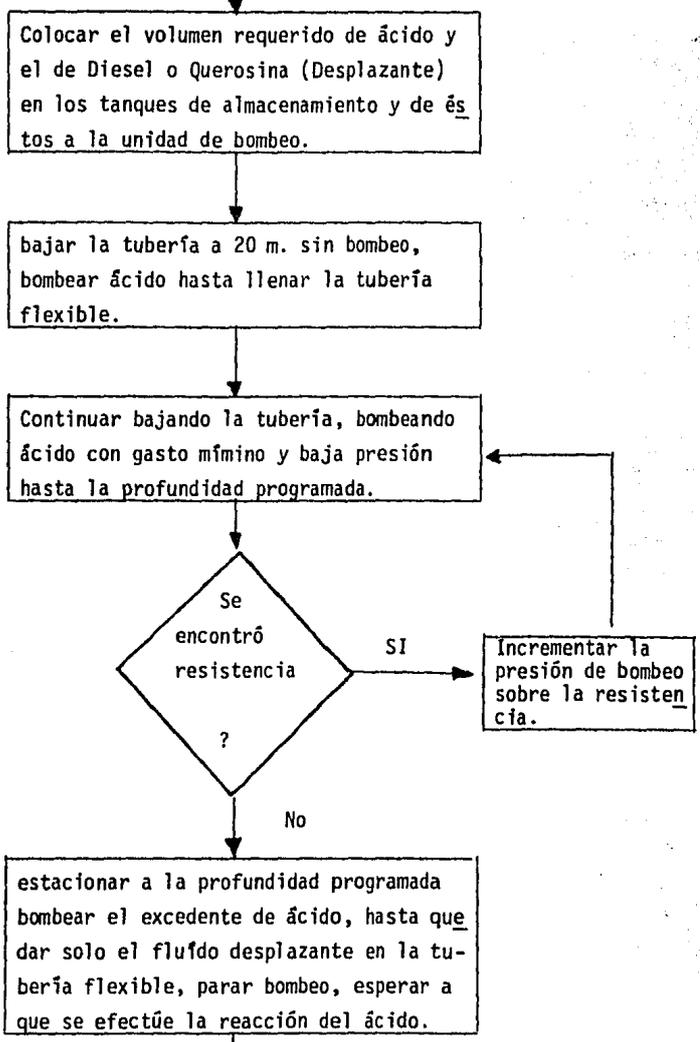
FIG. A.- EFECTO DEL CAMBIO DE TEMPERATURA EN LA SOLUBILIDAD DE $CaCO_3$.

- La depositación se incrementa cuando incrementa el PH.
- La depositación se incrementa con el tiempo de contacto.
- La depositación se incrementa con la turbulencia.

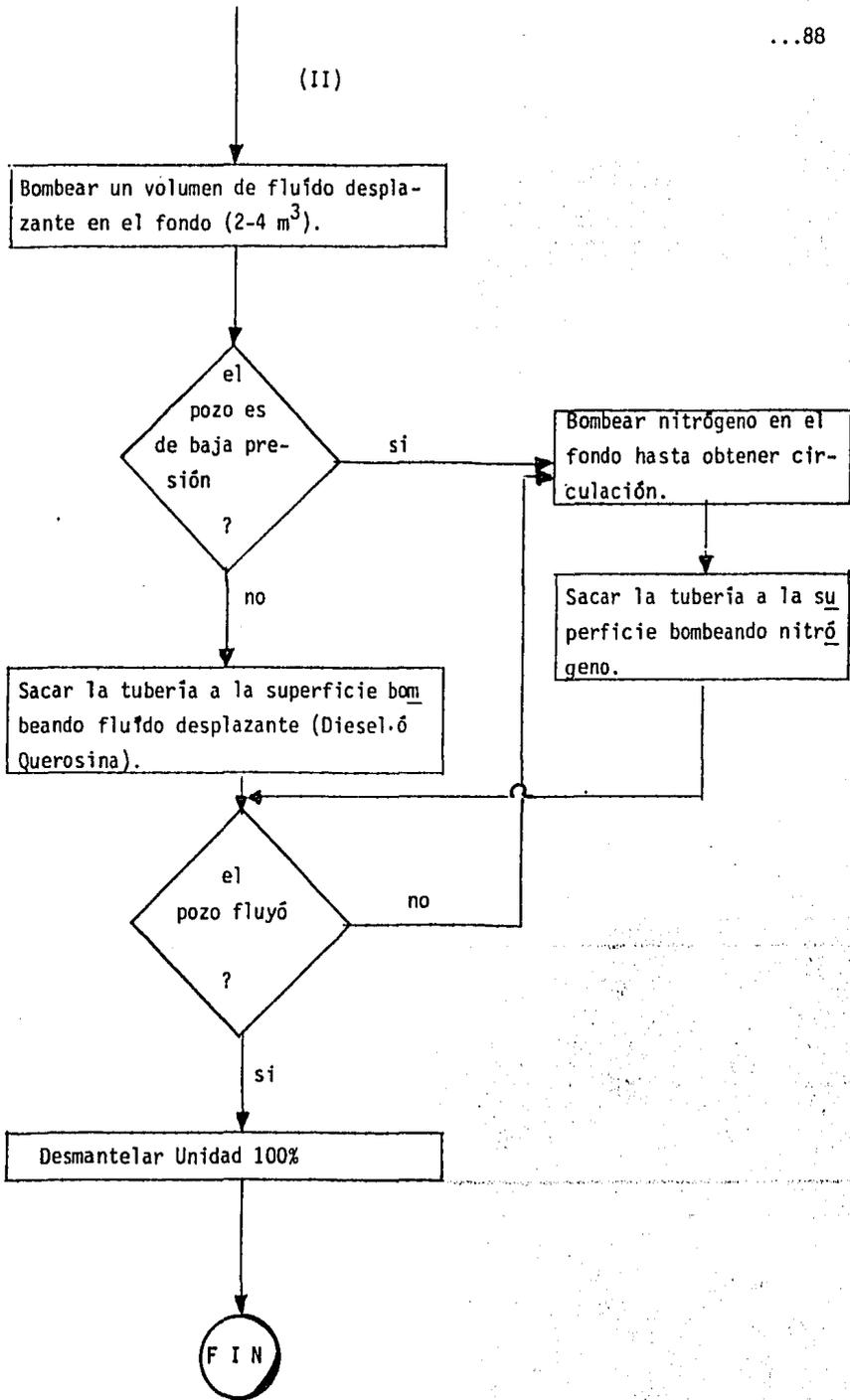
La remoción de las incrustaciones se efectúa colocando un bache de ácido clorhídrico (HCL) al 10% (desplazado con diesel o querosina), sobre el área a limpiar. El ácido reacciona con el carbonato de calcio dejando el área completamente limpia. Desalojándose después con circulación de diesel, querosina o nitrógeno, dependiendo de las características de presión del pozo. El diagrama de flujo siguiente muestra el desarrollo de la operación.



(I)



(II)



V.3.2.2.- REMOCION DE INCRUSTACIONES DE CLORURO DE SODIO (NaCl) (8)

La precipitación de cloruro de sodio comunmente es causado por sobresa-
turación normalmente debido a evaporación o disminución de temperatura,
por ejemplo en la tabla B, se puede observar que 4000 mg/l pueden preci-
pitarse de agua saturada si la temperatura baja de 60 a 30°C.

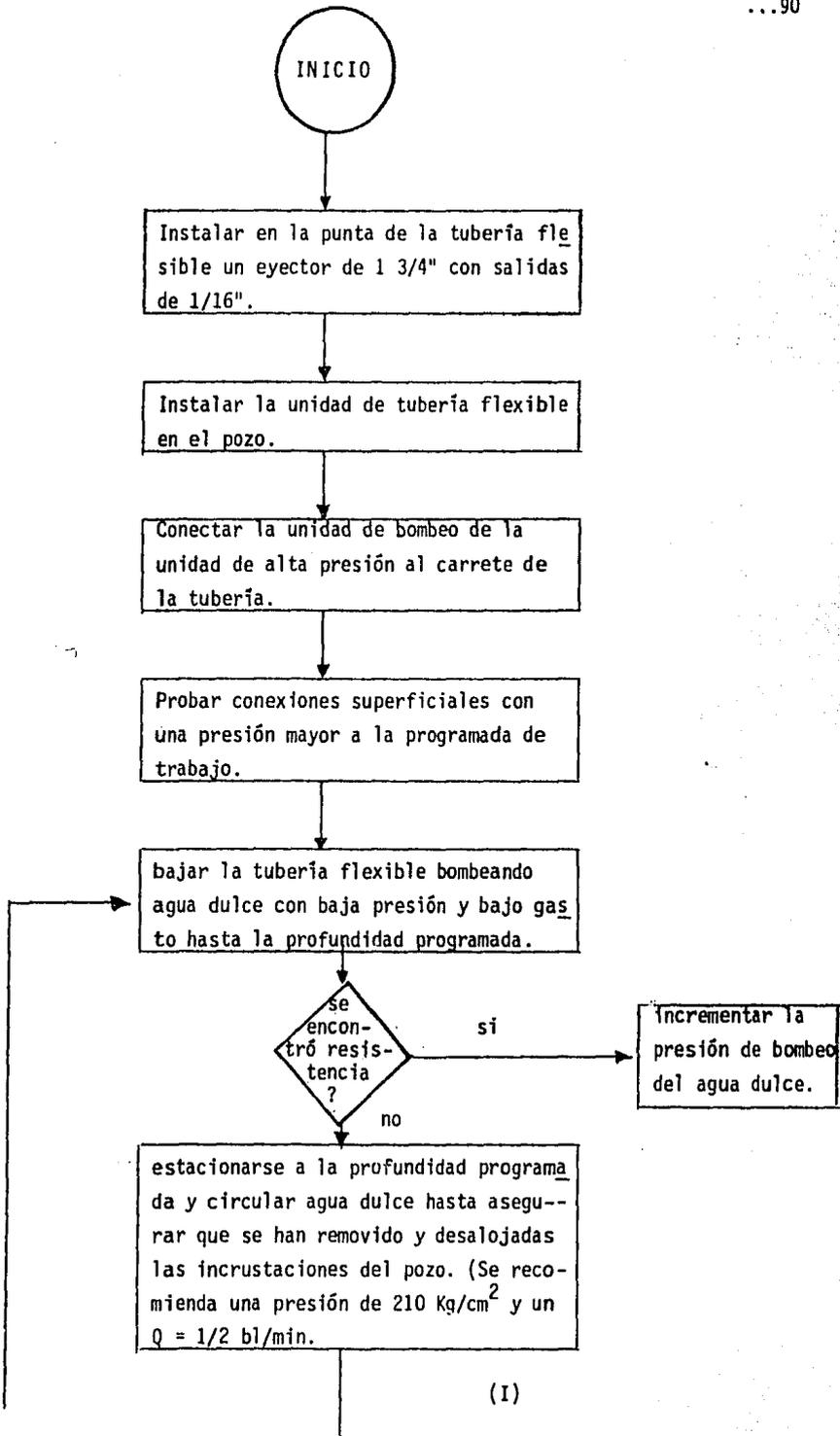
En pozos productores de gas o en pozos de aceite con alta RGA (Relación
gas aceite) produciendo pequeños volúmenes de agua, la precipitación --
de sal puede ser severa debido a la enorme caída de presión y temperatu-
ra a través de las perforaciones y la tubería, quedando como residuos -
los cristales de sal, al evaporarse el agua.

TABLA B.

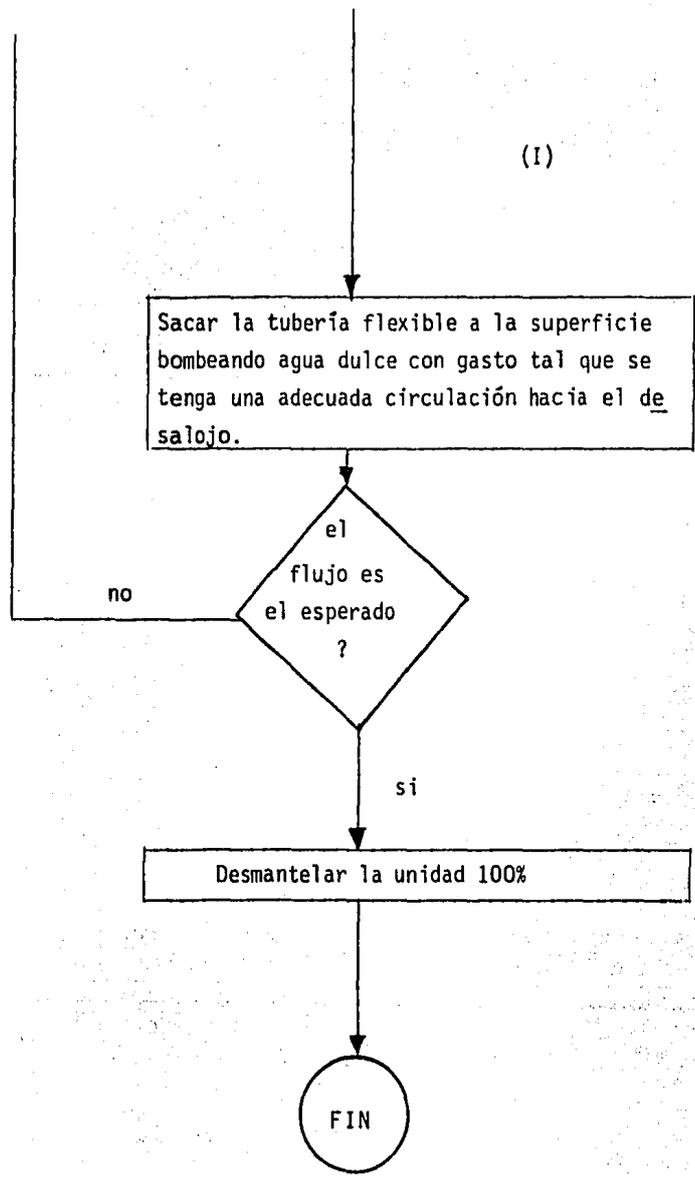
EFFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LA SOLUBILIDAD DE NaCl.

TEMPERATURA	SAL EN SOLUCION	
	°C	Mg/litro
0	259 000	310.000
30	268 000	323 000
60	271 000	327 000
80	277 000	335 500
100	285 000	346 500

La remoción de estos depósitos se efectúa con simple circulación de --
agua dulce sobre el área con acumulación. Para efectuar este trabajo,
la unidad de tubería flexible es excelente ya que puede circular el --
agua a la presión y profundidad que se requiera. A continuación se --
muestra el diagrama de flujo correspondiente para efectuar esta opera-
ción.



(I)

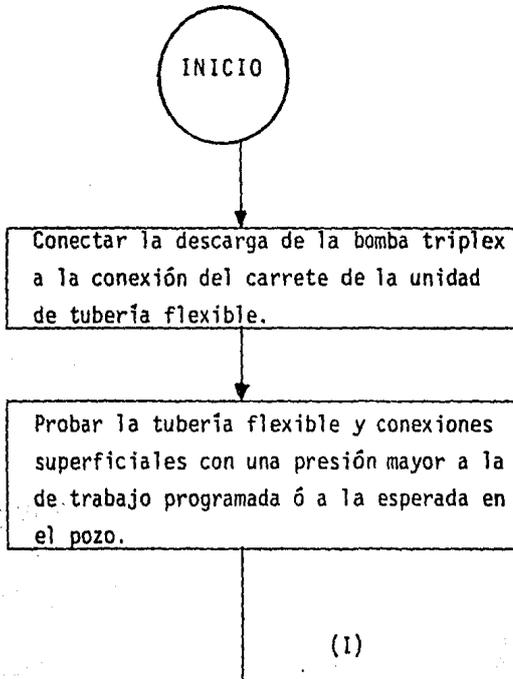


V.3.3.- REMOCION DE ARENA Y SEDIMENTOS.

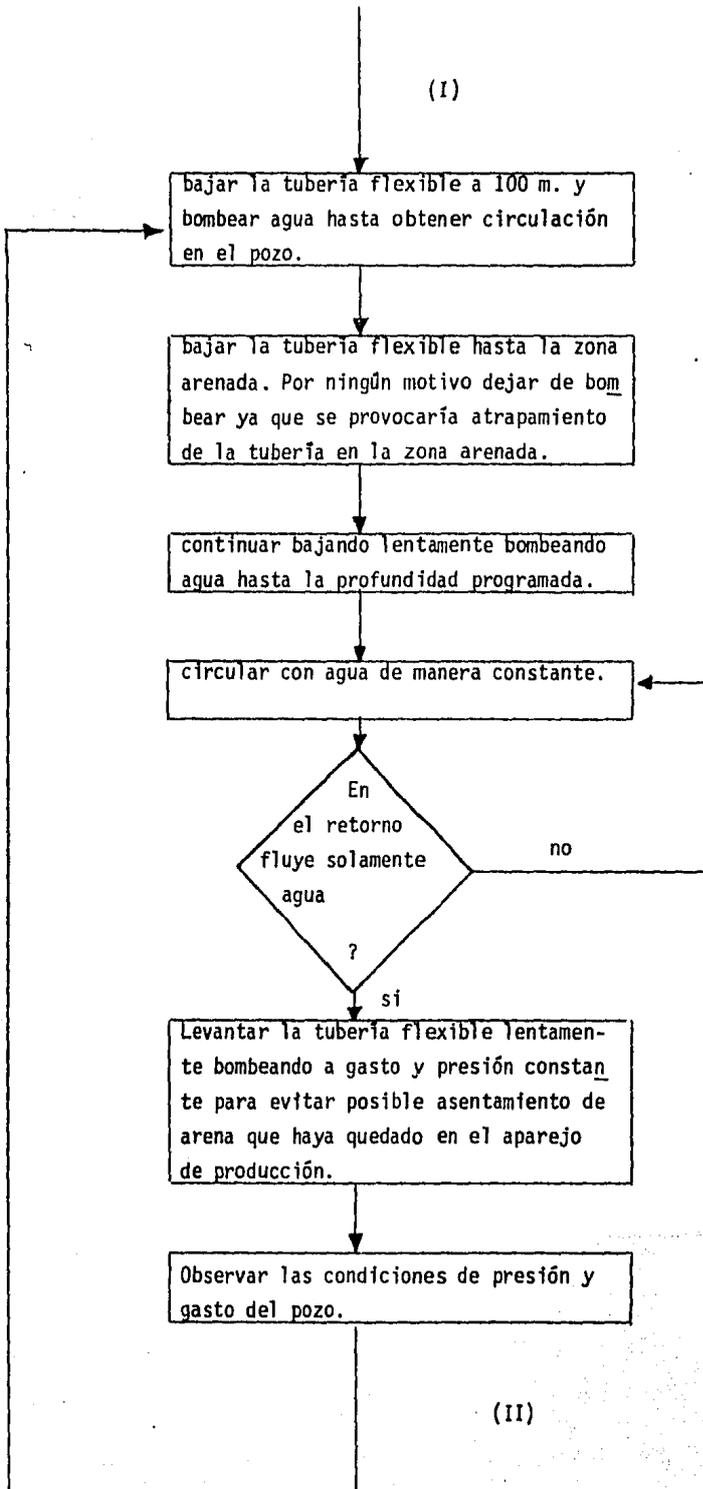
La arena generalmente proviene de la propia formación, aunque en ocasiones a la formación se le efectúe un fracturamiento con sustentante y pasado algún tiempo se desaloja parcialmente por los fluidos provenientes del yacimiento. La arena se va acumulando en el fondo del pozo y con el tiempo obstruye el intervalo productor o forma tapones en la tubería de producción. Para la remoción de arena se puede utilizar agua, diesel, espuma ó nitrógeno, bombeada a través de la tubería flexible.

La tubería flexible es una herramienta segura, rápida y versatil para efectuar desarenamientos.

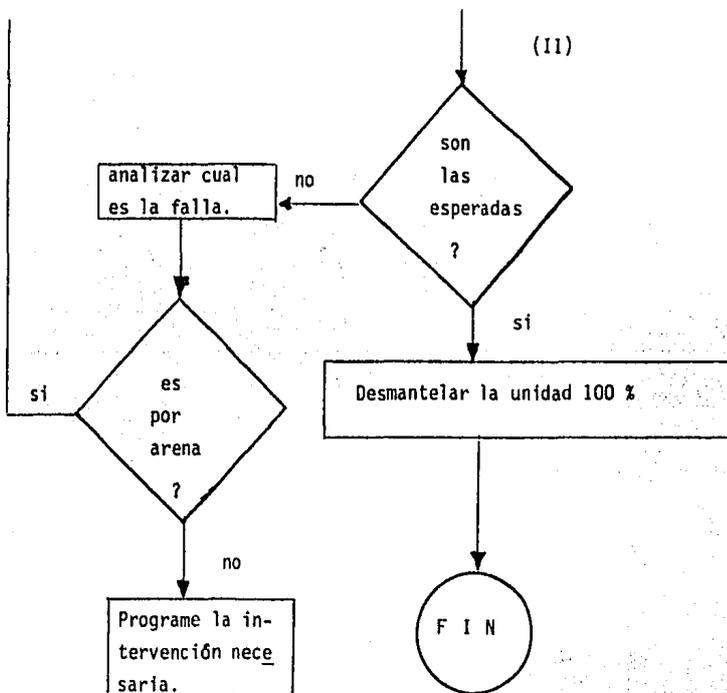
A continuación se muestra el diagrama de flujo de este trabajo.

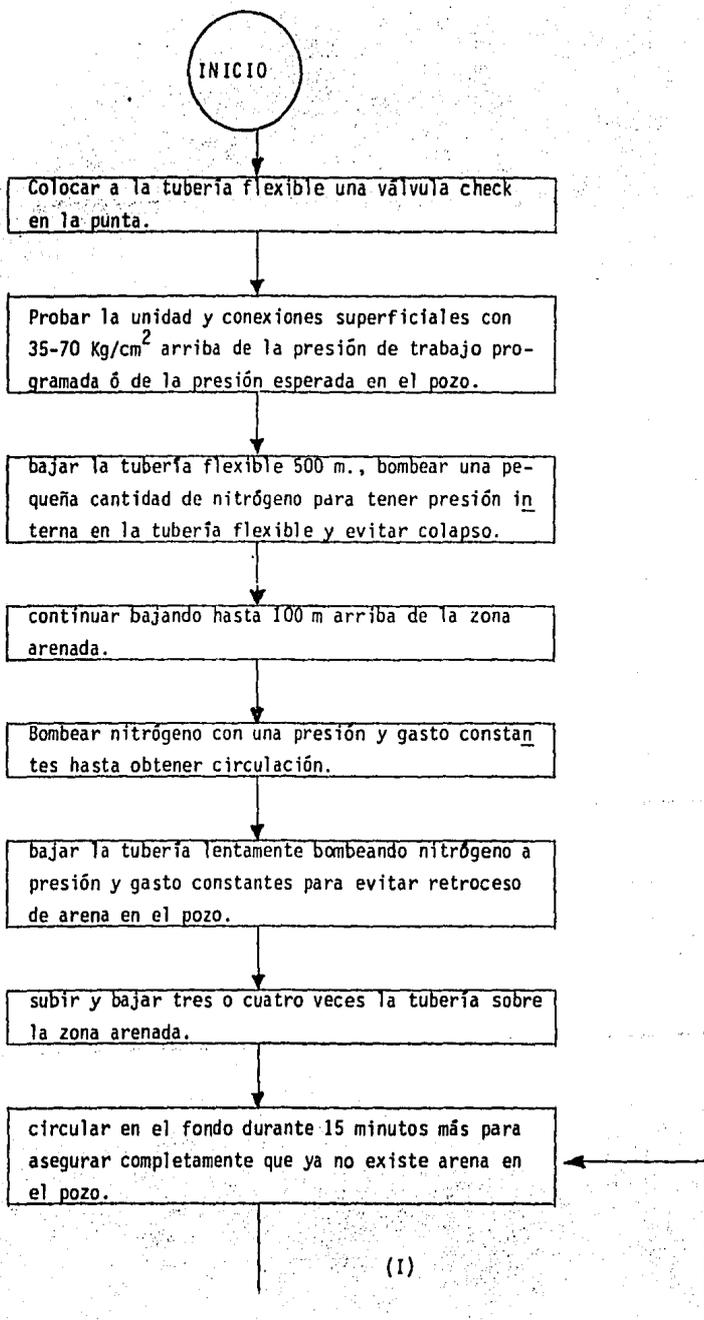


(I)



(II)





(I)

Observar el flujo de retorno en el pozo.



No

si

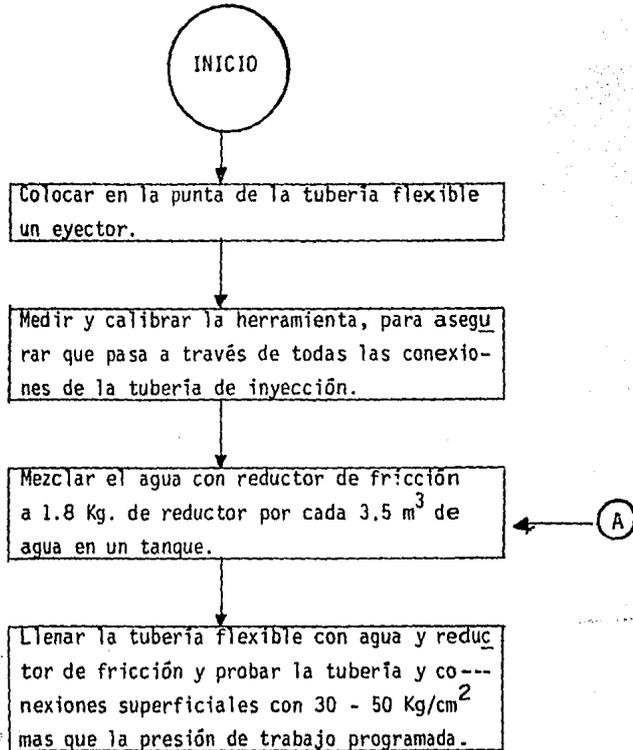
Levantar la tubería a la superficie bombeando nitrógeno.

Desmantelar la unidad 100 %.



V.3.4.- LIMPIEZA DE UN POZO INYECTOR DE AGUA. (2)

Después de iniciar operación un pozo inyector con el paso del tiempo - en el fondo se acumulan sedimentos que transporta el agua, así como residuos de erosión y corrosión del mismo aparejo causando obturación o taponamiento de la zona inyectora. En esta situación se hace necesaa--rio programar la intervención de la unidad de tubería flexible para --efectuar el desalojo de los residuos a la superficie y que el pozo - -vuelva a sus condiciones operacionales iniciales. El diagrama de flu--jo siguiente muestra el seguimiento de la operación paso a paso.



(1)

(I)

Abrir la válvula maestra y bajar la tubería bombeando la mezcla, circulando para mantener el chorro activo y conservar la presión interna para evitar colapso.

continuar bajando la tubería flexible lentamente bombeando la mezcla con una presión de 350 Kg/cm^2 y un gasto de $0.250 \text{ m}^3/\text{min}$.

al bajar se encontró resistencia en el aparejo de inyección ?

si

circular por 3 ó 4 min. alzar la tubería 3 m. y volver a bajar aplicando peso hasta pasar la resistencia que podría ser una costra de corrosión.

no

Después de alcanzar el fondo circular durante un tiempo determinado hasta asegurar que el pozo está totalmente limpio y que los residuos estén totalmente afuera del pozo.

Levantar la tubería hasta la superficie bombeando agua con una presión de 350 Kg/cm^2 y un gasto de 0.250 Kg/cm^2

el pozo desaloja ?

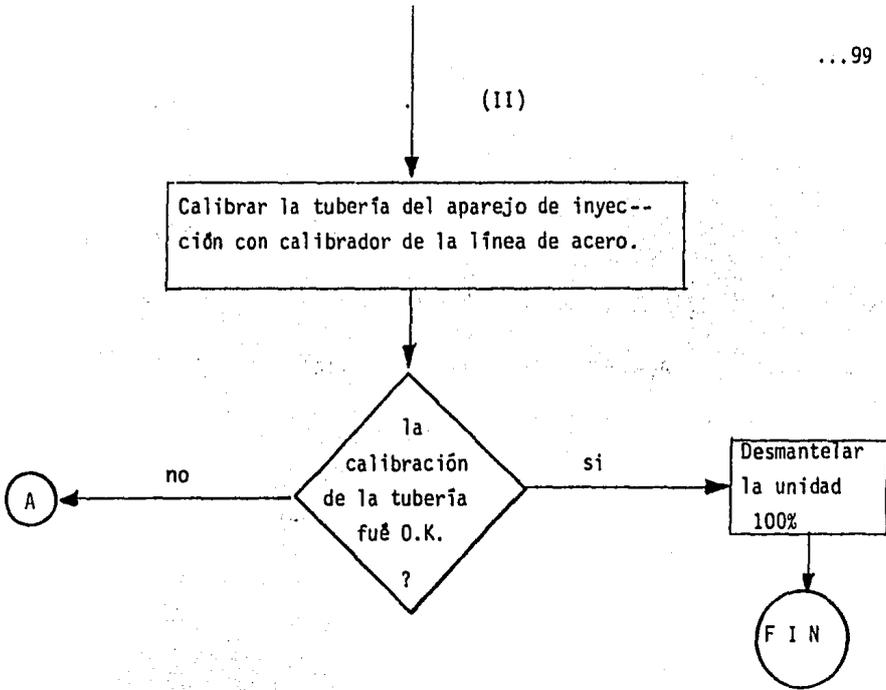
no

utilizar nitrógeno para dejar completamente limpio el pozo.

si

(II)

(II)



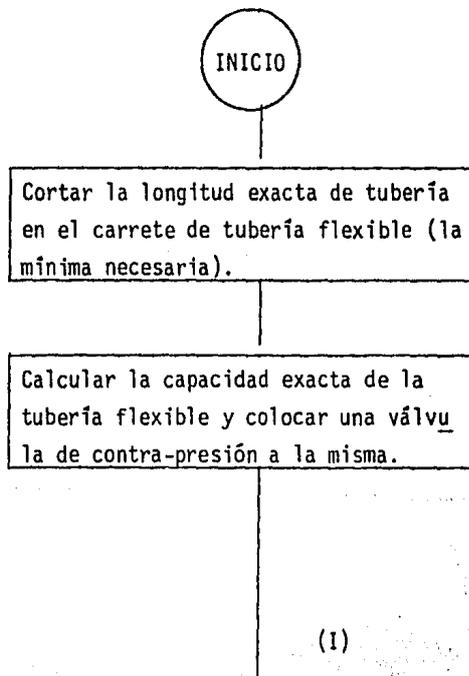
V.3.5.- COLOCACION DE UN TAPON DE CEMENTO. (2)

En ocasiones se necesita aislar un intervalo productor por varias razones. El intervalo perforado no tiene una producción atractiva o fué perforado en la zona de agua. Un método común de obturar una zona indeseada es colocando un tapón de cemento arriba de ésta.

Se efectúa bombeando una determinada cantidad de cemento abajo del aparejo de producción para colocarlo a la profundidad determinada.

Hasta hace poco tiempo la operación requería sacar el aparejo de producción, ésto requería de mucho tiempo y costo, con la intervención de la tubería flexible, la operación es más rápida, confiable y económica.

El diagrama de flujo siguiente muestra el seguimiento de la operación.



(I)

Llenar la tubería con agua o nitrógeno, probar la tubería y conexiones superficiales con $50-70 \text{ Kg/cm}^2$ arriba de la presión mayor de trabajo.

Abrir la válvula maestra y bajar la tubería hasta la profundidad programada, bombeando agua a través de la tubería flexible para prevenir taponamiento o colapso.

Mezclar la cantidad de cemento requerida (midiendo exactamente el volumen de cemento no olvidándose del rendimiento con el agua), recomendándose un máximo de 1.77 gr/cm^3 de densidad de la lechada. Utilizar un reductor de turbulencia al 0.5% para adelgazar la mezcla y reducir la fricción, usar aditivo para evitar pérdida de líquido de 0.2% al 0.5% para disminuir la posibilidad de deshidratación del cemento. Utilizar además retardadores para la mezcla dando un buen factor de seguridad.

bompear el cemento al fondo y desplazar con agua.

cuando la capacidad de la tubería flexible ha sido bombeada y el cemento empiece a salir por la punta de la tubería flexible, ésta debe levantarse a una velocidad correspondiente a la velocidad de bombeo, (esto asegura un tapón sólido cuando se bombea el cemento alrededor de la tubería flexible), al final del bombeo del cemento la punta de la tubería flexible deberá estar en la cima del tapón.

(II)

(II)

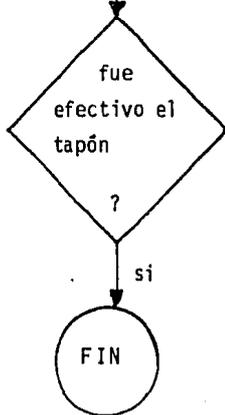
Levantar la tubería 30-50 m. circular mínimo $1/2 \text{ m}^3$ de agua para desalojar cualquier residuo de cemento.

Sacar la tubería a la superficie y desmantelar la unidad 100%.

Esperar tiempo de fraguado del cemento.

Probar efectividad del tapón bombeando fluido a determinada presión.

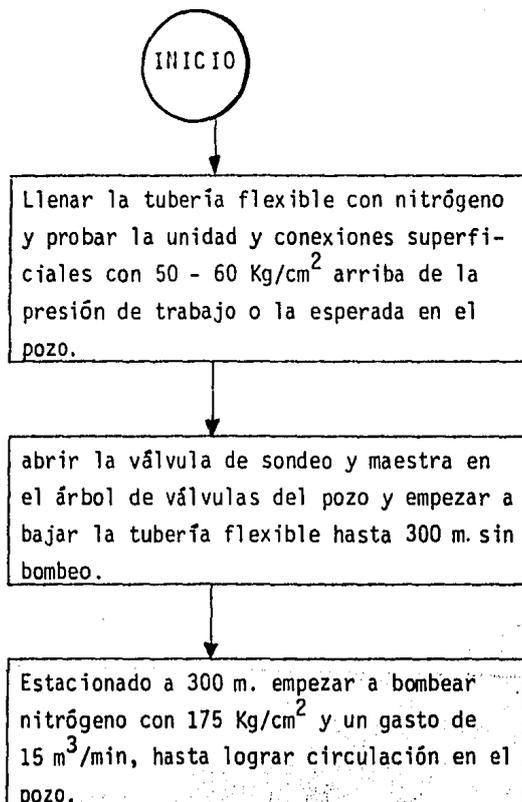
Revisar cima de cemento con línea de acero.



Rebajar cemento con Turbo-barrena.

V.3.6.- INDUCCION. (3)

En las operaciones de terminación o reparación se necesita controlar - los pozos, utilizándose fluidos como lodo o agua, que provocarán una - presión hidrostática sobre la formación. Al terminar la operación se abre el pozo a producción observándose en la mayoría de los casos en - la zona marina que el pozo no fluye, por lo tanto se solicita la inter - vención de la unidad de tubería flexible para efectuar una inducción (aligeramiento del peso de la columna hidrostática). Los fluidos uti - lizados principalmente son diesel y nitrógeno, la forma de efectuar es - te trabajo se muestra en el diagrama de flujo siguiente:



(I)

(I)

bajar tubería hasta la profundidad programada bombeando nitrógeno con 210 Kg/cm² y un gasto de 25 m³/min, observando el desalojo y la presión del pozo.

estacionado a la profundidad programada circular nitrógeno y observe el desalojo del pozo. Máximo durante una hora.



no

Continuar bombeando nitrógeno y observar el desalojo durante una hora.

si

Sacar la tubería flexible a la superficie y desmantelar la unidad 100%

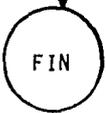
si



no

Sacar la tubería flexible a la superficie y observar causa por la cual el pozo no fluye.

Esperar programa del departamento de Operación de Reparación y Terminación de Pozos.



V.3.7.- ESTIMULACION CON ACIDO.

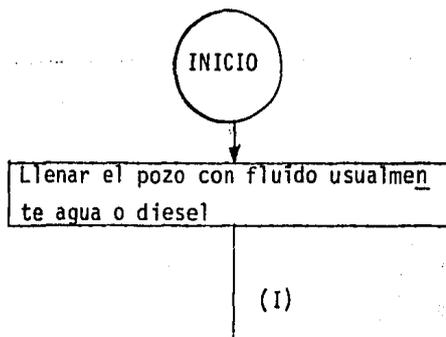
Algunas veces en la terminación de un pozo, al efectuar la inducción - se observa que el pozo no fluye, las causas pueden ser las siguientes:

- a) Los disparos no se efectuaron en la zona productora.
- b) No fue buena la penetración de los disparos.
- c) Existe un daño severo en la vecindad del pozo.

La solución a estos problemas entre otras, se tiene:

- 1) Programar otra zona de disparos.
- 2) Redisparar en la misma zona.
- 3) Colocar un bache de ácido a la profundidad de disparos y forzarlo contra la formación, esto limpiará la pared del pozo y la zona vecina, permitiendo un mejor flujo del yacimiento hacia el pozo.

La unidad de tubería flexible es ideal para colocar el bache de ácido a través de la formación, siendo esta operación rápida, segura y económica. A continuación se muestran los pasos a seguir en un diagrama de flujo.



(1)

...106

Colocar en la punta de la tubería flexible una válvula de contrapresión, llenar la tubería con fluido (agua o diesel dependiendo del fluido con que se haya llenado el pozo) y probar con 300 Kg/cm²

bajar la tubería flexible en el pozo bombeando periódicamente fluido (agua o diesel dependiendo del fluido con que se haya llenado el pozo) a través de ella para mantener la presión y evitar su colapso.

A 200 m. arriba de la profundidad programada bombear fluido (agua ó diesel dependiendo del fluido con que se haya llenado el pozo) a razón de 80 lts/min, hasta obtener circulación, bajar hasta la profundidad programada.

Estacionarse a la profundidad programada bombear un volumen determinado de solución concentrada de inhibidor de corrosión e iniciar el bombeo de ácido.

Bombear el ácido al fondo. (El ácido debe estar con doble concentración de inhibidor al mínimo).

Desplazar el ácido con agua (el volumen de agua se calcula dependiendo de la profundidad a colocar del bache de ácido.)

Levantar la tubería flexible arriba del ácido y presionar contra la formación (debe asegurarse que en el macho de la bomba se coloque una "T" para prevenir a la tubería flexible de colapso)

(II)

(II)

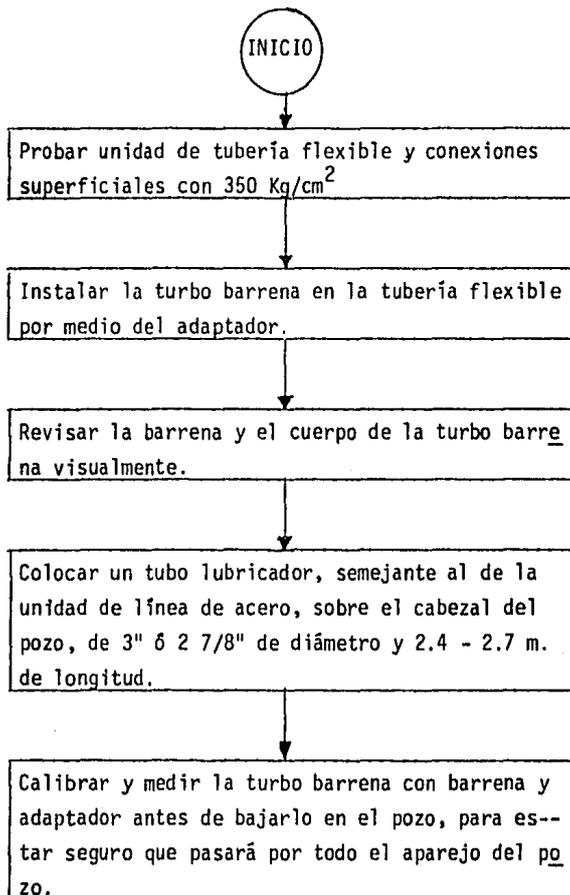
Sacar la tubería flexible a la superficie bombeando agua a través de ella.

Si se requiere efectuar inducción del pozo se realizará según se indicó utilizando nitrógeno.

FIN

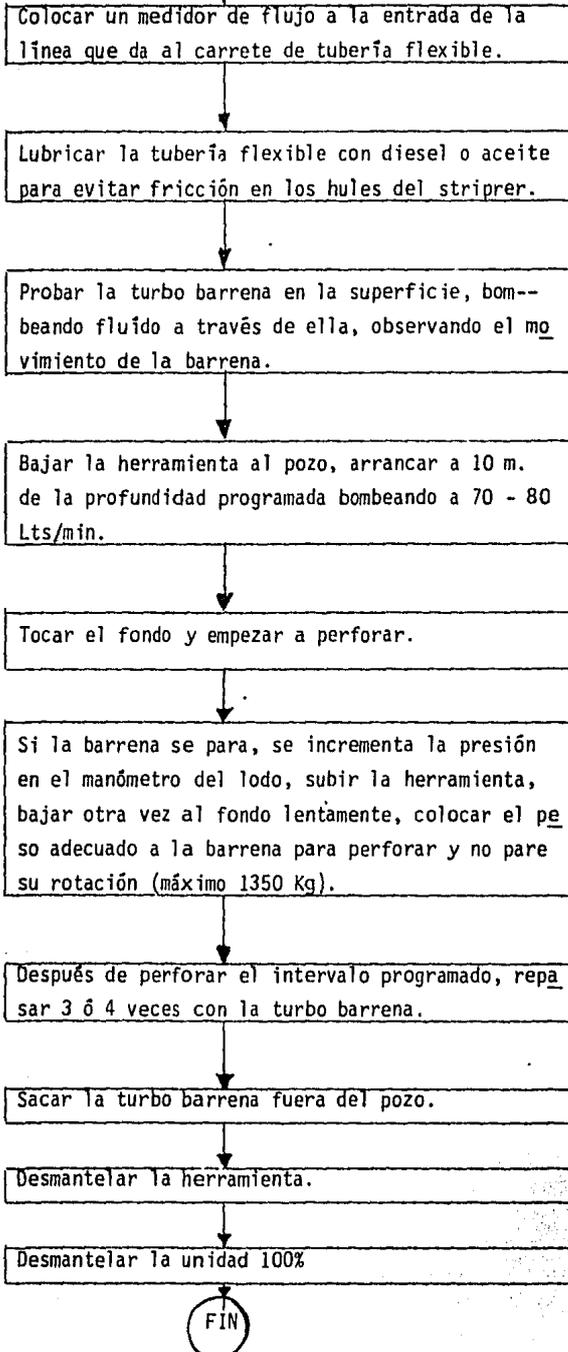
V.3.8.- LIMPIEZA CON TURBO BARRENA. (2)

Como se explicó en el Capítulo IV, la turbo barrena, es una herramienta excelente en la limpieza de tapones o sedimentos compactos, a donde con simple flujo no se puede limpiar con la tubería flexible. A continuación se muestran los pasos a seguir en una operación de limpieza.



(I)

(1)



Los seguimientos anteriores son los más usuales en las intervenciones - que se desarrollan en el campo con la unidad de tubería flexible, pero es importante recalcar que en la zona marina solo se han efectuado inducciones, limpieza de pozo y colocación de baches de ácido, la causa - principal es que no ha habido aún necesidad de efectuar las otras inter venciones, pero a su debido tiempo se efectuarán utilizando los métodos descritos.

V.4.- TECNICAS DE DISEÑO RECOMENDADAS (2)

Para efectuar limpiezas con la unidad de tubería flexible, se pueden utilizar varios fluidos como son agua dulce, agua salada, gelatinas, nitrógeno, lodo y espuma, principalmente. El primer punto importante para -- efectuar una intervención es encontrar el fluido que cumpla con los re-- querimientos de la misma, de tal manera que con una presión y un gasto - de bombeo en la superficie genere una adecuada velocidad de circulación en el espacio anular entre la tubería flexible y la tubería de revesti-- miento o de producción, y pueda elevar las partículas ó fluidos a desalojar del pozo.

Tomando en cuenta, que la velocidad de levantamiento del fluido está en función de la velocidad de circulación a través de la tubería flexible y considerando que su diámetro interior es relativamente pequeño, es con-- veniente una buena selección del fluido lavador para así optimizar el -- gasto y la presión de bombeo en superficie.

Ya que la velocidad de circulación a través de la tubería flexible está relacionada con la presión de inyección, la excesiva pérdida de presión por fricción de los fluidos elevan la presión de bombeo, la cual puede so-- brepasar los límites de presión interna de la tubería flexible que está expuesta a la atmósfera pudiendo causarle daño, como roturas.

En la selección del fluido a utilizar se necesita que tenga una viscosi-- dad adecuada y una pérdida de presión por fricción pequeña para tratar de obtener la máxima velocidad de circulación dentro del pozo.

El agua y la salmuera sin tratar permiten establecer altas velocidades generando enormes pérdidas de presión por fricción requiriéndose bom-- bear a muy bajos gastos, este problema se puede evitar adicionando un - agente reductor de fricción.

Las gelatinas ofrecen un buen acarreo de partículas, siempre y cuando se les dé la concentración adecuada, además la caída de presión por fricción es menor, permitiendo mayores gastos de bombeo a diferencia de lo que ocurre con el agua y la salmuera.

El uso de cualquiera de los agentes desplazantes o de limpieza antes mencionados, depende de las características y el tipo del pozo a intervenir, recomendándose calcular los siguientes parámetros:

- a) Velocidad de corte.
- b) Viscosidad aparente.
- c) Velocidad de asentamiento de partículas.
- d) Velocidad de elevación del fluido en el espacio anular.
- e) Velocidad de entrada o bajada de la tubería en el pozo al efectuar el trabajo.
- f) Volumen total de material por extraer del pozo.
- g) Llenado del pozo.

Para obtener estos parámetros se cuenta con las gráficas I a VII, que se muestran a continuación.

1.- GRAFICA I. "Velocidad de Corte". Se obtiene de la expresión:

$$\text{Velocidad de corte (seg}^{-1}\text{)} = 1.692 \times 10^8 \frac{Q}{D^3}$$

Donde:

Q = Gasto de bombeo (m³/min)

D = Diámetro interior (mm)

2.- GRAFICA II.- "Viscosidad Aparente". Obtenida y desarrollada en el Laboratorio de Nowsco Service Ltd., para una Gel-308, con una concentración de 6.0 Kg/m^3 (2)

$$\text{Viscosidad (cp)} = 1186.7 \text{ S}^{-0.52}$$

Donde:

$$S = \text{Velocidad de corte (seg}^{-1}\text{)}.$$

3.- GRAFICA III.- "Velocidad de caída de la Partícula". Se obtiene por:

$$\text{Velocidad final (m/seg)} = 5.58 \times 10^{-5} \text{ g} \frac{D_p^2 (\rho_s - \rho)}{\mu}$$

Donde:

$$\rho_s = \text{Densidad de la partícula (Kg/m}^3\text{)}$$

$$\rho = \text{Densidad del fluido (Kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{agua} = 1000 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{Aceleración de la gravedad } 9.8 \text{ (m/seg}^2\text{)}$$

$$D_p = \text{Diámetro de la partícula (mm)}$$

$$\mu = \text{Viscosidad del fluido (cp)}$$

ó mas simple para el caso de arena y agua.

$$\text{Velocidad final (m/min)} = 44.9 \frac{D_p^2}{\mu}$$

En la siguiente tabla se presenta el tamaño de la partícula:

Malla de Partícula	Diámetro (mm)
4- 8	4.749 - 2.387
8-12	2.387 - 1.676
10-20	2.007 - 0.838
20-40	0.838 - 0.432

4).- GRAFICA IV.- "Velocidad de Elevación del Fluido". (10)

$$\text{Velocidad de elevación (m/min)} = \frac{Q}{V}$$

Donde:

Q = gasto de bombeo (m^3/min)

V = capacidad de la tubería ($m^3/\text{m lineal}$)

5).- GRAFICA V.- "Velocidad de bajada de la tubería dentro del pozo". (10)

Desarrollada para partículas 20/40 (0.838 mm - 0.432 mm), con una concentración dentro del pozo de $1720 \text{ Kg}/m^3$, y una concentración de partículas desalojadas del pozo de $120 \text{ Kg}/m^3$.

$$\text{Velocidad de bajada de la tubería (m/min)} = \frac{Q \text{ (S.C.)}}{1720 V}$$

Q = gasto de bombeo (m^3/min).

S.C. = concentración de partículas desalojadas (Kg/m^3)

V = capacidad de tubería ($m^3/\text{m lineal}$).

6).- GRAFICA VI.- "Volumen total de partículas por extraer del pozo" (10)
para partículas 20/40.

$$\text{Volumen de partículas (Kg)} = (C) (W)$$

Donde:

C = Concentración de partículas (Kg/m^3)

W = Volumen del pozo (m^3)

7).- GRAFICA VII.- "Longitud de Llenado para arena 20/40" (10)

$$\text{Profundidad (m)} = \frac{S V}{1720 V}$$

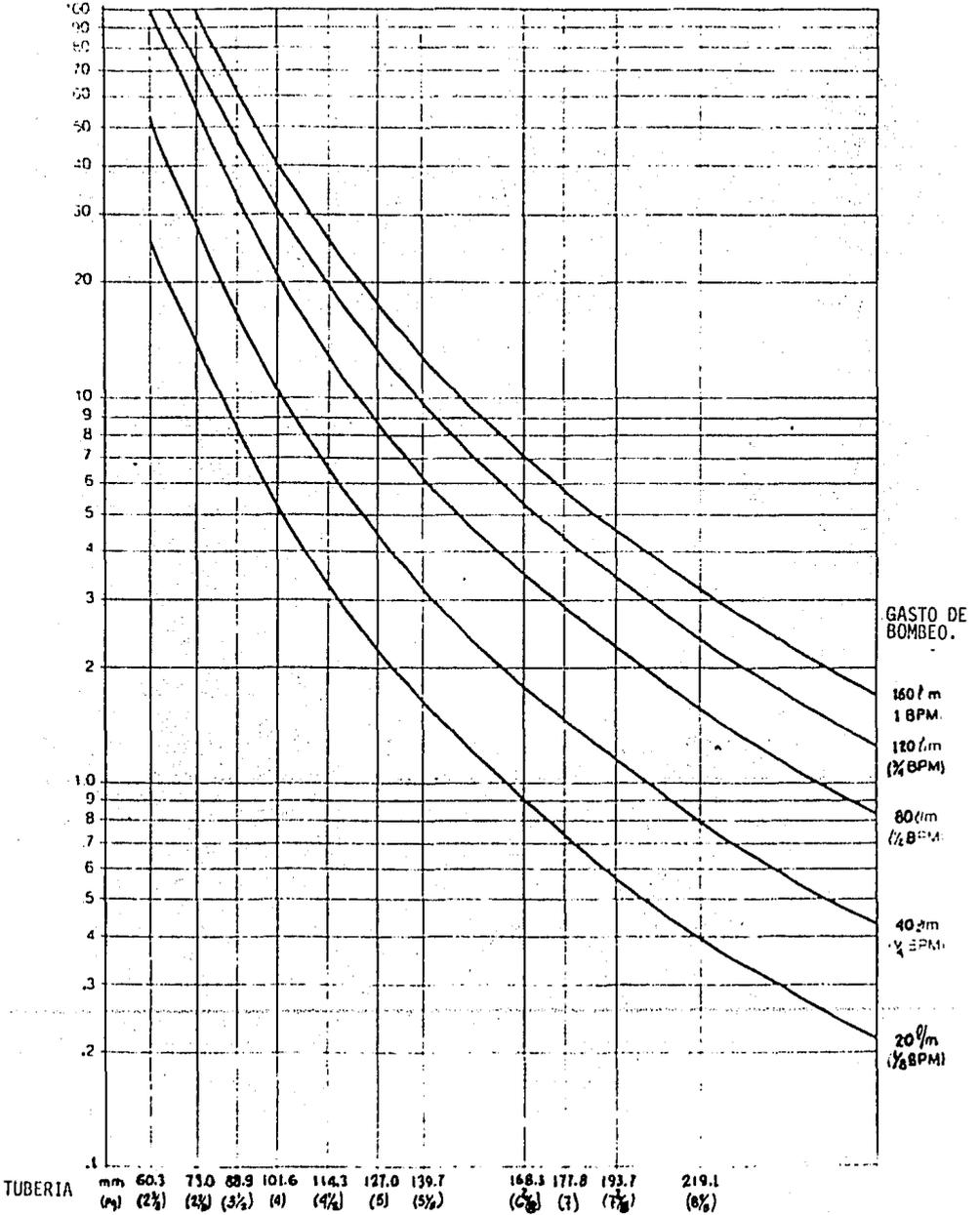
Donde:

SV = Volumen de arena (Kg)

V = Volumen de la tubería ($m^3/\text{m lineal}$)

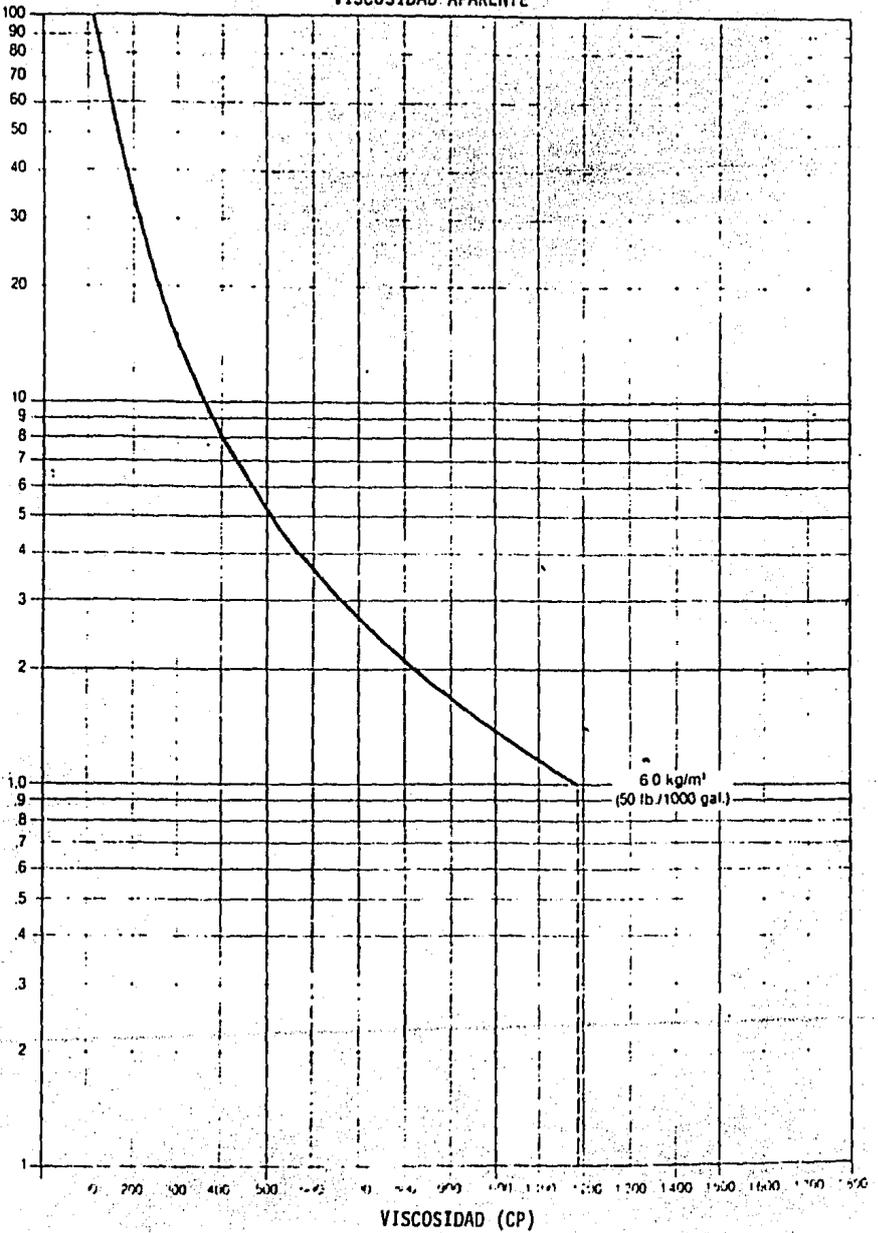
VELOCIDAD DE CORTE
(SEG⁻¹)

GRAFICA I.
VELOCIDAD DE CORTE



VELOCIDAD DE CORTE
(SEG⁻¹)

GRAFICA II.
VISCOSIDAD APARENTE

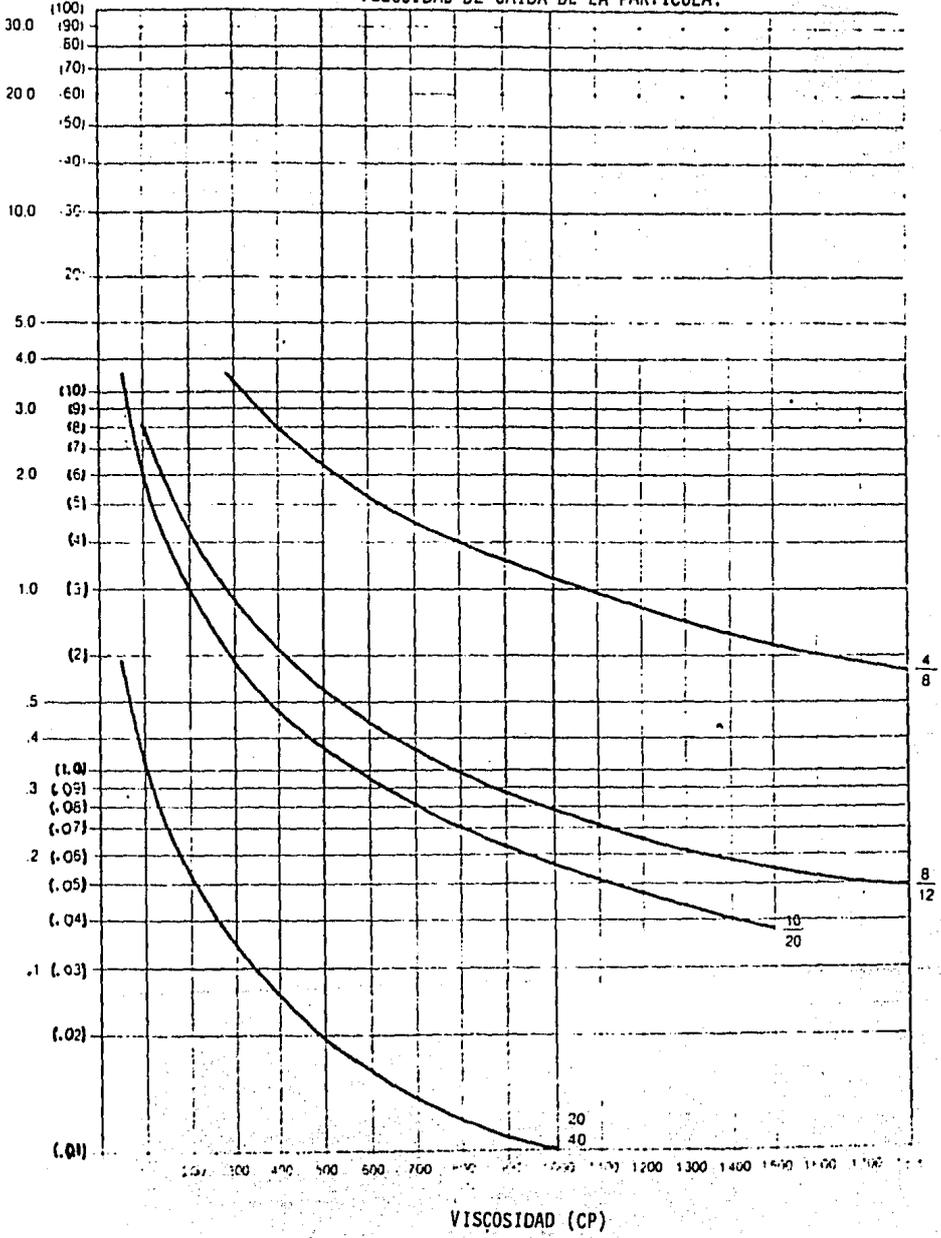


VELOCIDAD DE CAIDA VERTICAL

GRAFICA III.

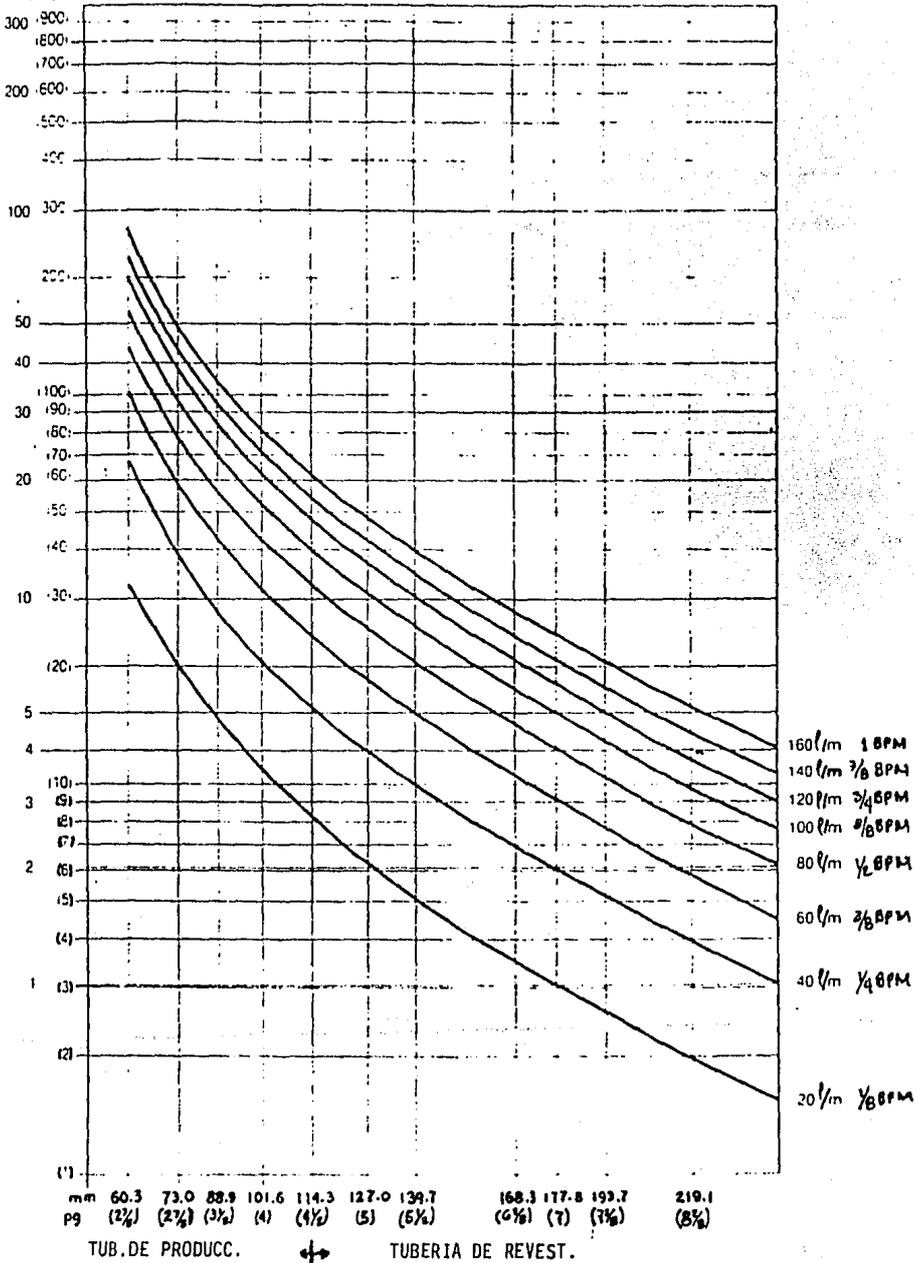
m/min : Ft. Min.

VELOCIDAD DE CAIDA DE LA PARTICULA.



VELOCIDAD DE ELEVACION
m/min (ft/min)

GRAFICA IV.
VELOCIDAD DE ELEVACION DEL FLUIDO

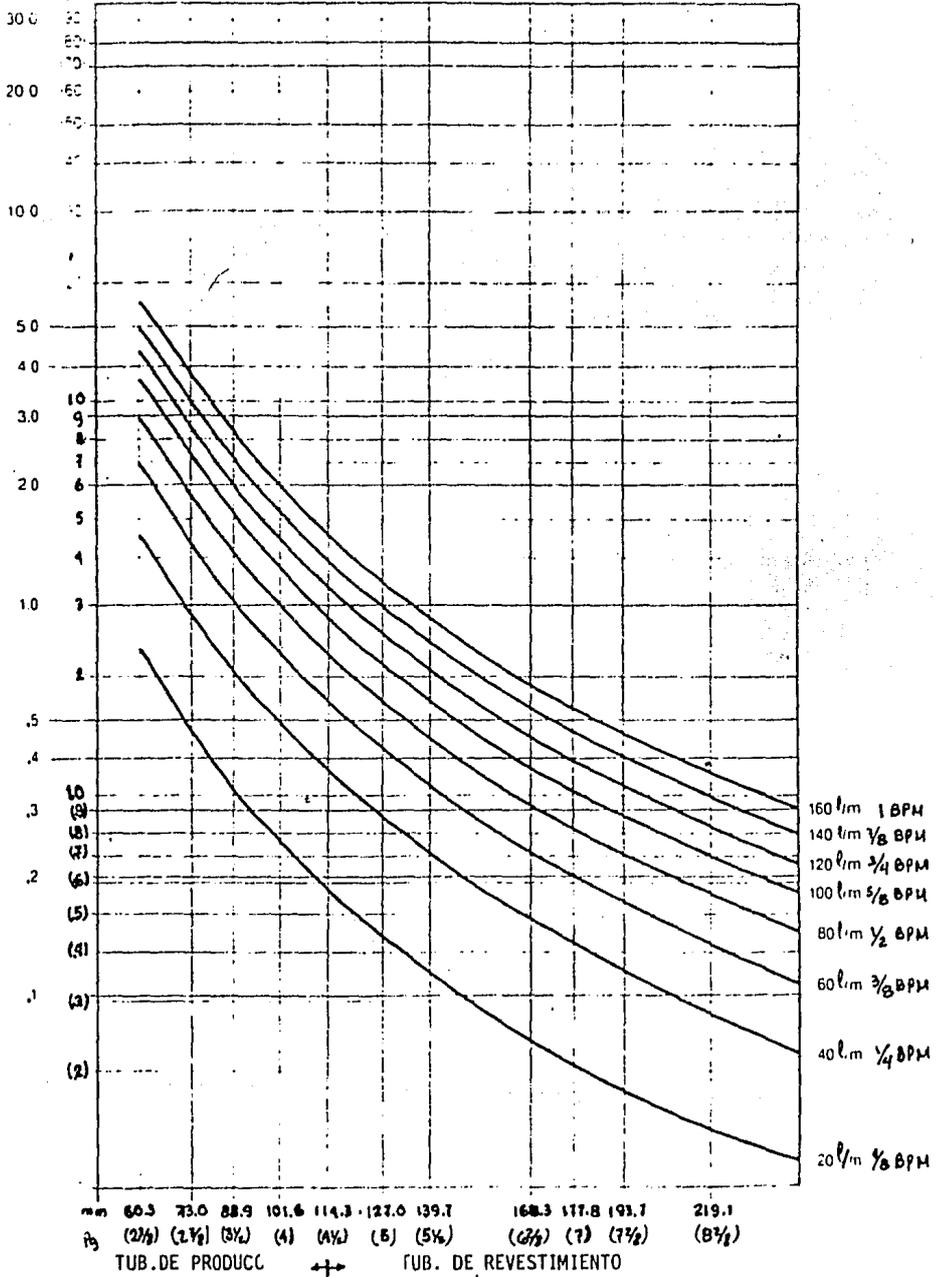


mm	60.3	73.0	88.9	101.6	114.3	127.0	139.7	168.3	177.8	193.7	219.1
Pg	(2 1/4)	(2 7/8)	(3 1/2)	(4)	(4 1/2)	(5)	(5 1/2)	(6 3/8)	(7)	(7 1/2)	(8 5/8)
TUB. DE PRODUCC.	↔					TUBERIA DE REVEST.					

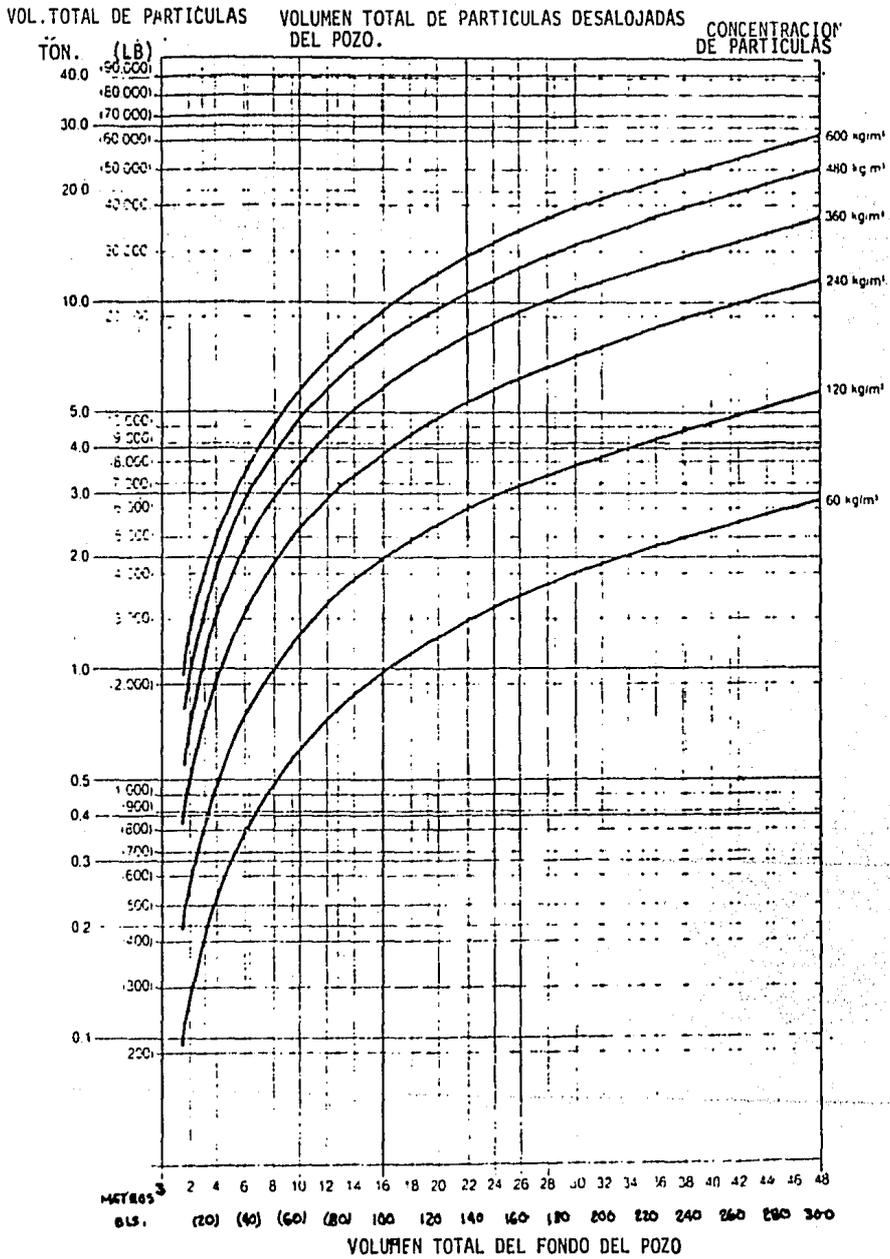
VELOCIDAD DE BAJADA

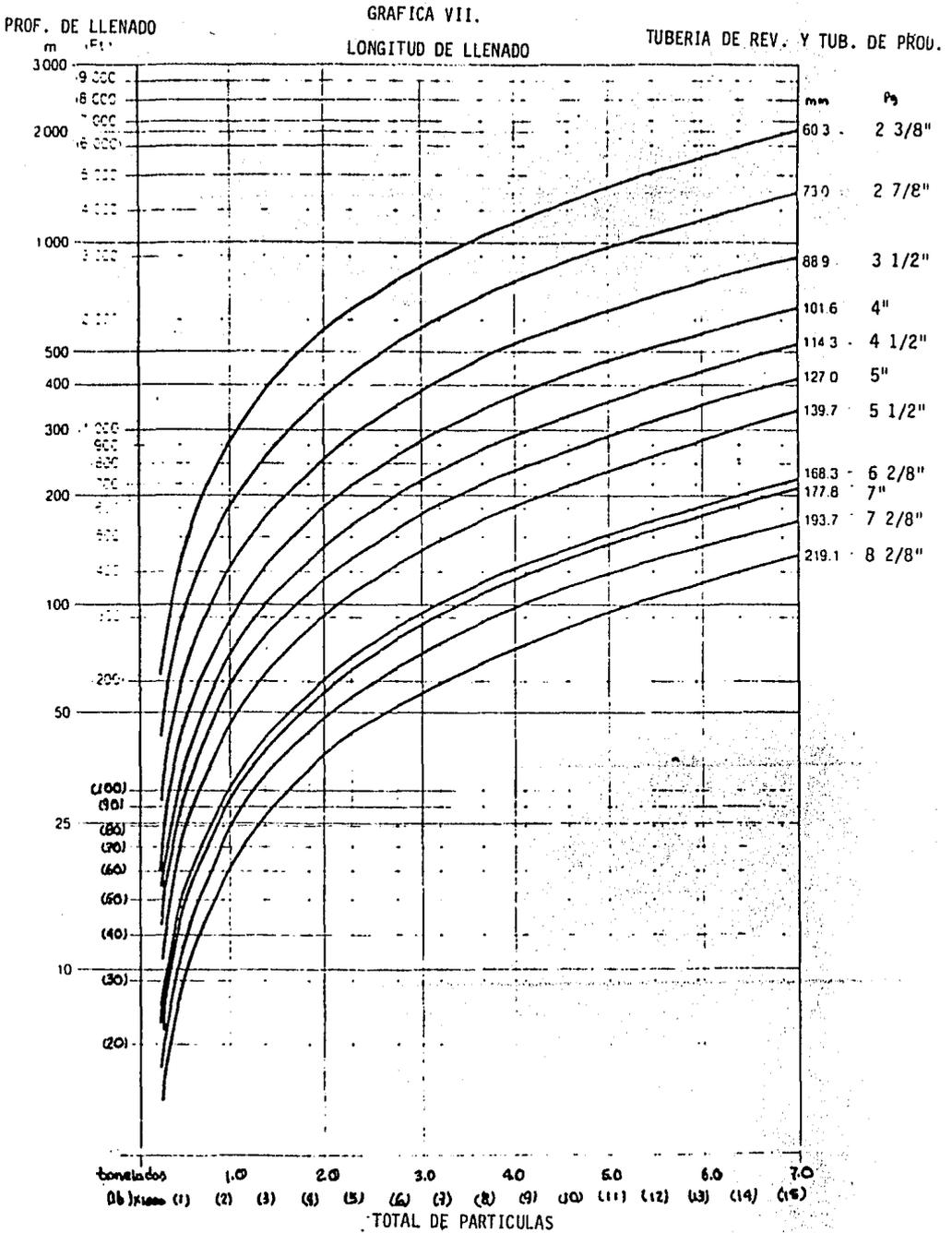
GRAFICA V.

m/min (ft/min) "VELOCIDAD DE BAJADA DE LA TUBERIA DENTRO DEL POZO"



GRAFICA VI.





Adicionalmente de resultados empíricos, se recomiendan las siguientes - reglas de campo:

La velocidad del fluido levantado debe ser un mínimo del doble de la velocidad de caída de la arena.

La gelatina debe mezclarse en el pozo.

Ejemplos:

- 1.- Determinar si es posible el desalojo de partículas 8/12 (2.387 mm - 1.676 mm) de una tubería de 114.3 mm (4 1/2"), con un gasto de - - 40 l/min de gelatina G-308 (Nowasco), que tiene una concentración de 6 Kg/m³?

Solución:

Utilizando las gráficas anteriores.

- a) de la gráfica I.

$$\text{Velocidad de corte} = 6.4 \text{ seg}^{-1}$$

- b) de la gráfica II.

$$\text{Viscosidad aparente} = 450 \text{ CP}$$

- c) de la gráfica III.

$$\text{Velocidad de caída de la partícula (8/12)} = 0.6 \text{ m/min.}$$

- d) de la gráfica IV.

$$\text{Velocidad de elevación del fluido} = 5.2 \text{ m/min}$$

La velocidad de elevación es mucho mayor que la velocidad de caída de la partícula, por lo tanto ésta puede ser desalojada del pozo con esta gelatina y este gasto.

2.- Determinar si se puede limpiar una partícula 4/8 de una tubería de 177.8 mm (7") si el bombeo es de 20 l/min.

Solución:

a) De la gráfica I.

$$\text{Velocidad de corte} = .71 \text{ seg}^{-1}$$

b) De la gráfica II.

$$\text{Viscosidad aparente} = 1190 \text{ CP}$$

c) De la gráfica III.

$$\text{Velocidad de caída de la partícula (4/8)} = 0.8 \text{ m/min}$$

d) De la gráfica IV.

$$\text{Velocidad de elevación del fluido} = 1 \text{ m/min.}$$

Como se puede observar, la velocidad de asentamiento es casi semejante a la velocidad de elevación del fluido, por lo tanto, no cumple con la regla general y esta partícula no podrá ser desalojada del pozo bajo -- las condiciones planteadas.

3.- ¿Se puede solucionar el problema anterior con un gasto de bombeo de 80 l/min.?

Solución:

a) De la gráfica I.

$$\text{Velocidad de corte} = 2.8 \text{ seg}^{-1}$$

b) De la gráfica II.

$$\text{Viscosidad aparente} = 690 \text{ CP}$$

c) De la gráfica III.

$$\text{Velocidad de caída de la partícula (4/8)} = 1.4 \text{ m/min.}$$

d) De la gráfica IV.

Velocidad de elevación del fluido = 4.0 m/min.

Como observa la velocidad de elevación del fluido es mucho mayor que la velocidad de caída de la partícula, por lo tanto, con este gasto si se puede efectuar la operación.

4.- ¿Con qué velocidad puede bajarse la tubería flexible en una tubería de 114.3 mm (4 1/2") con una velocidad de bombeo de 40 l/min.?

Solución:

a) De la gráfica V.

Velocidad de introducción de la tubería = 0.35 m/min. promedio.

5.- Determinar si se puede eliminar la arena 20/40 del siguiente pozo.

- Tubería de producción 88.9 mm (3 1/2")
- Empacador a 1830 m.
- Tubería de revestimiento 127 mm (5")
- Profundidad total 2000 m.
- Perforaciones 1950 a 1980 m.
- Volumen de la tubería de producción = 8.3 m^3
- Volumen del empacador al fondo = 1.6 m^3
- El porcentaje de arena obtenido en superficie = 480 Kg/m^3

¿Qué volumen de arena puede ser limpiado del pozo?

¿A qué profundidad está la parte superior de la arena?

Solución:

a) De la gráfica VI.

Total de arena obtenida del pozo = 4770 Kg en 9.9 m^3

b) De la gráfica VII.

La longitud de llenado es 280 m. en tubería de 127.0 mm (5").

Pero la tubería de revestimiento solo tiene una longitud de - - 150 m, la cual guarda solo un volumen de arena de 2500 Kg. y los restantes 2270 Kg. ocupan una longitud de 290 m. de la tubería - de producción de 88.9 mm (3 1/2"). Por lo tanto, la parte superior de la arena está a 1560 m.

Siguiendo estos pasos se optimizará el tiempo y volumen de fluido a utilizar, que son factores importantes por conocer, principalmente en la zona marina.

LIMPIEZA UTILIZANDO NITROGENO. (2)

Para este caso interesa calcular el mínimo gasto de bombeo de nitrógeno necesario para proveer una velocidad en el espacio anular que dé el poder de levantamiento equivalente a la velocidad del aire de 910 m/min. (dato empírico).

La siguiente ecuación se utiliza básicamente para los cálculos:

$$\frac{6.61 S (T_s + Gh) Q^2}{(D_h^2 - D_p^2)^2 V^2 e} = \sqrt{(P_s^2 + bT_{av}^2) e^{2ah/T_{av}} - bT_{av}^2}$$

Donde:

$$a = \frac{SQ + 28.8 K D_h^2}{53.3Q}$$

$$b = \frac{1.625 \times 10^{-6} Q^2}{(D_h - D_p)^{1.333} (D_h^2 - D_p^2)^2}$$

- D_h = Diámetro del agujero, ft.
 D_p = Diámetro exterior de la tubería, ft.
 e = Logaritmo natural de base 2.71828.
 G = Gradiente de temperatura anular °R/ft.
 h = Profundidad, ft.
 K = Velocidad de perforación ft/h.
 P_s = Presión del espacio anular a la superficie lb/ft² Abs.
 Q = Gasto de circulación requerido, estandar (60°F y 14.7 Psi) ft³/min.
 s = Gravedad específica del gas relacionado con el aire, adimensional.
 T_s = Temperatura del espacio anular en la superficie, °R.
 T_{av} = Temperatura promedio en el espacio anular en el fondo, °R.
 V_e = Velocidad del aire de densidad estandar ft/min.

Esta ecuación incluye los efectos de la presión y velocidad en el fondo del pozo de los sólidos perforados. Fue derivada aplicando el factor - de fricción para flujo vertical, esta derivación fue presentada en el - escrito de R.R. Angel's 873-6, "Requerimientos de Volumen para la Perforación con aire o gas".

Ejemplo:

Limpieza de arena de tubería de revestimiento.- Se ha decidido limpiar de arena una tubería de 139.7 mm (5 1/2") con circulación de nitrógeno a través de la unidad de tubería flexible de 25.4 mm (1"), ¿cuál es la velocidad de circulación requerida para efectuar este trabajo?

Solución:

De Nowasco Engineers Hand book

a) El volumen anular "c" es:

$$c = 0.011539 \text{ m}^3/\text{min.}$$

b) El volumen por metro de nitrógeno a 40°C y 15 psi "SV" es:

$$SV = \frac{\text{m}^3 \text{ de nitrógeno (40°C, 15 psi)}}{\text{m}^3 \text{ de Espacio}} = 1.83 \text{ m}^3/\text{min.}$$

c) La velocidad en el espacio anular será igual a la generada por aire = 910 m/min.

$$V = 910 \text{ m/min.}$$

d) El gasto de bombeo que se requiere para generar la velocidad de 910 m/min. en el espacio anular será:

$$Q = C \times V \times SV = 0.011539 \times 910 \times 1.83$$

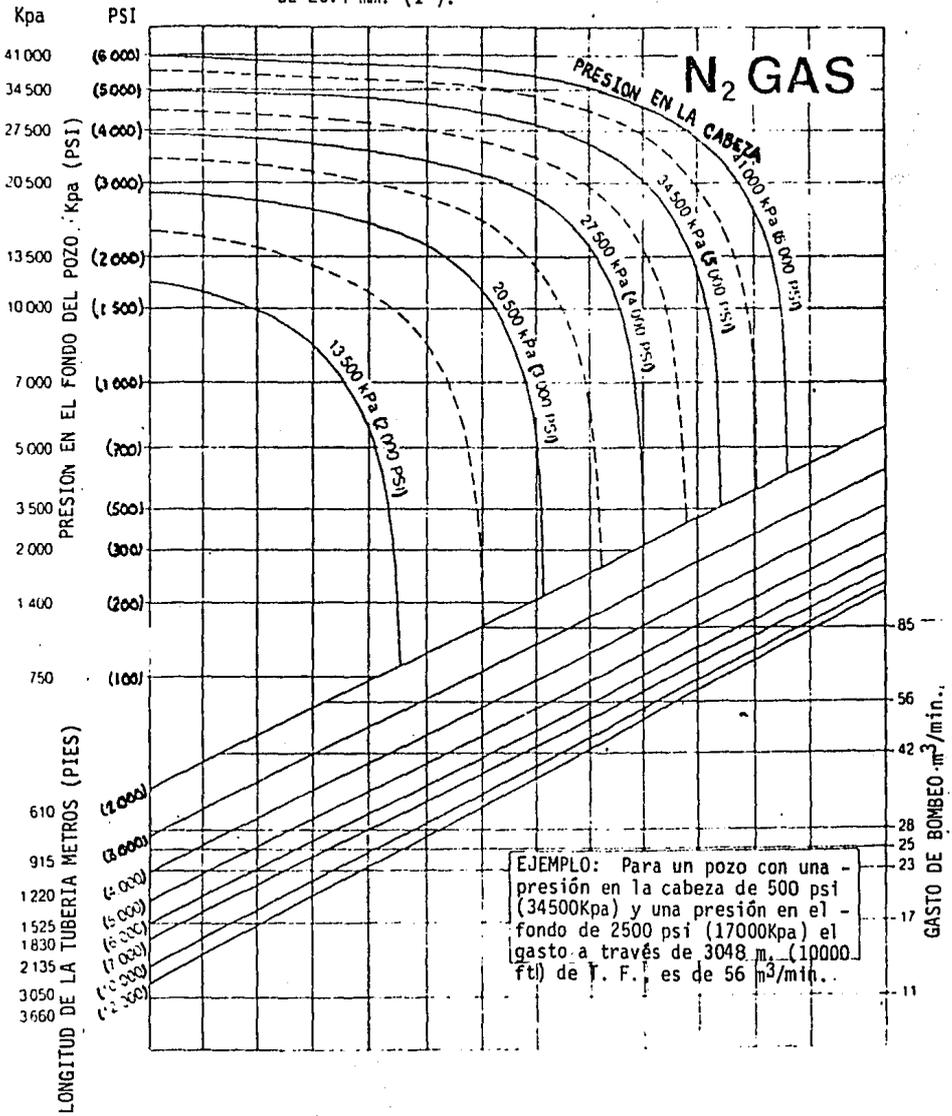
$$Q = 19.2 \text{ m}^3/\text{min de nitrógeno gaseoso.}$$

De la gráfica VIII.- "Fricción contra gasto para tubería flexible de 25.4 mm (1"), el máximo gasto de bombeo de nitrógeno con una presión de 280 Kg/cm² (4000 psi) y una presión en el fondo del pozo de 0.735 Kg/cm² (10.5 psi)

Observar que hay en la tubería una caída de presión por fricción de - - 279.26 Kg/cm² (3989.42 psi), para una tubería flexible con una longitud de 3050 m (10000 ft), es de 53 m³/min, por lo tanto, el trabajo puede - efectuarse con un gasto mínimo de 19.2 m³/min y un gasto máximo de - - 53 m³/min. de nitrógeno.

Así de esta manera, se puede calcular el gasto óptimo y no desperdiciar nitrógeno bombeando a gastos mayores.

GRAFICA VIII.-
CAIDA DE PRESION POR FRICCION VS. GASTO DE BOMBEO PARA TUBERIA FLEXIBLE
DE 25.4 mm. (1").



VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Este trabajo se ha realizado principalmente para resaltar la importancia de la unidad de tubería flexible y que cualquier persona que tenga conocimiento de la industria petrolera, pueda desarrollar una operación siguiendo los pasos prácticos recomendables que marca este Manual.

CONCLUSIONES.-

Por su eficacia, fácil transportación, versatilidad de operaciones y fácil operabilidad, la unidad de tubería flexible en lo que se refiere a equipos especiales para la intervención a pozos productores o inyector es la más solicitada.

La Superintendencia de Reparación y Terminación de Pozos (PEMEX), se inició en la zona marina a mediados de 1984, con una unidad de tubería flexible, solicitándose al inicio solamente para inducir pozos, posteriormente, se utilizó para efectuar limpieza de pozos, cambio de fluidos, colocación de baches de ácido y últimamente para la limpieza de boca de pescado, lo anterior demuestra que poco a poco se hace imprescindible en el mantenimiento de pozos.

RECOMENDACIONES.-

Los accesorios descritos en el capítulo IV, no se utilizan en la zona marina, si la unidad se ha hecho tan solicitada, se necesita que las unidades que laboran en dicha zona cuenten con todos los accesorios, para efectuar los trabajos de una manera más rápida y efectiva.

Si se combinan adecuadamente, mantenimiento de las unidades, personal capacitado y un buen movimiento logístico para las unidades, los resultados operativos serán excelentes.

BIBLIOGRAFIA .

- 1.- "EL PETRÓLEO"
PEMEX.
- 2.- "ENDLESS TUBING UNIT. MANUAL"
NOWSCO WELL SERVICE LTD, 1981.
- 3.- "MANUAL HYDRA-RIG"
HYDRA-RIG.
- 4.- "OPERACIÓN ANÁLISIS DEL TRABAJO III".
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.
- 5.- "MANUAL DE UNIDAD DE TUBERÍA FLEXIBLE MARINA"
HYDRA-RIG.
- 6.- "MANUAL SOBRE UNIDAD DE TUBERÍA FLEXIBLE"
PEMEX.
- 7.- "MANUAL DE OPERACIÓN DEL DYNA-DRILL".
DIVISION OF SMITH INTERNATIONAL, INC.
- 8.- "PRODUCTION OPERATIONS MANUAL"
T: ALLEN, 1978.
- 9.- "FLUÍDOS DINÁMICOS"
J.W. DAILEY, 1966.
- 10.- "NOWSCO ENGINEERS HANDBOOK".
NOWSCO WELL SERVICE LTD.
- 11.- "DESARROLLO DE INHIBIDORES DE INCRUSTACIONES"
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.