

2ej 8



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**UTILIZACION DEL EQUIPO DE TUBERIA FLEXIBLE  
EN LA EXPLOTACION DE HIDROCARBUROS**

# **Tesis Profesional**

**Que para obtener el Título de  
INGENIERO PETROLERO**

**p r e s e n t a**

**JUAN JOSE COLIN CRUZ**

**México, D. F.**

**1984**



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 esta 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.

## I N D I C E .

	Página:
INTRODUCCION .....	I
I.- INGENIERIA DE POZOS .....	1
I.1 Terminación .....	3
I.2 Explotación .....	3
I.3 Conservación y mantenimiento .....	3
I.4 Causas que originan en mantenimiento de--- los pozos .....	4
I.4.1 Aparejos obstruidos .....	4
I.4.2 Tuberías y aparejos dañados .....	5
I.4.3 Falla en los sistemas artificiales-- de producción .....	6
I.4.4 Fallas en la cementación primaria de tuberías de revestimiento .....	7
I.4.5 Problemas originados por cambios en- las condiciones del yacimiento .....	7
I.4.5.1 Abatimiento de la presión ..	7
I.4.5.2 Invasión de agua .....	8
I.4.5.3 Invasión de gas .....	8
I.4.5.4 Agotamiento del intervalo--- productor .....	9
I.4.5.5 Daños a la formación .....	9
I.5 Metodos para restablecer la producción de- los pozos .....	10
II.- DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO DE TUBERIA-- FLEXIBLE .....	13

	Página:
II.1 Introducción .....	13
II.2 Componentes del equipo .....	13
a) Peso .....	14
b) Capacidad .....	14
c) Especificaciones .....	15
II.2.1 Plataforma remolcable .....	16
II.2.2 Caseta de control del operador.	16
II.2.3 Unidad de potencia .....	19
II.2.3.1 Motor diesel 8V-71 ...	19
a-1 Sistema de combustible .....	20
a-2 Sistema de admisión de aire .....	21
a-3 Sistema de lubricación .....	21
a-4 Sistema de enfriamiento .....	22
a-5 Sistema de escape.	23
a-6 Tablero de instrumentos .....	24
II.2.3.2 Sistema hidráulico ...	27
b-1 Sistema hidráulico de alimentación de los motores y cilindros hidráulicos de la cabeza-inyectora .....	30

b-2 Sistema hidráulico de alimentación--- del motor hidráulico de la bomba triplex .....	31
b-3 Sistema hidráulico de alimentación de los motores del carrete de tubería flexible .....	32
b-4 Sistema hidráulico de alimentación--- del cilindro de--- precarga del sistema de arranque ...	33
II.2.4 Carrete de tubería flexible .....	35
c-1 Sistema impulsor primario del carrete .....	35
c-2 Flecha principal del carrete y-- sistema giratorio .....	36
c-3 Sistema impulsor secundario del carrete .....	37
c-4 Sistema devánador del carrete ..	37
c-5 Sistema neumático de frenos del carrete .....	38
c-6 Carrete cónico .....	38
c-7 Tubería flexible .....	38
II.2.5 Bomba triplex reciprocante .....	45

	Página:
II.2.5.1 Sistema impulsor .....	46
II.2.5.2 Sistema mecánico de la----- bomba .....	46
II.2.5.3 Sistema hidráulico de la--- bomba .....	47
II.2.5.4 Sistema de descarga de alta presión .....	48
II.2.6 Grua hidráulica .....	50
II.2.7 Cabeze inyectora .....	51
II.2.7.1 Sistema impulsor .....	51
II.2.7.2 Sistema tensor de cadenas .	52
II.2.7.3 Sistema de frenos .....	53
II.2.7.4 Contador de profundidad ...	53
II.2.8 Carrete de mangueras .....	59
II.2.9 Conjunto de preventores .....	61
Tabla de conversiones de unidades .....	65
 III.- APLICACIONES DE LA TUBERIA FLEXIBLE EN LA- EXPLORACION DE HIDROCARBUROS .....	 68
III.1 Intróducción .....	68
III.2 Remoción de depósitos orgánicos ....	68
III.3 Remoción de depósitos inorgánicos ..	70
III.4 Remoción de otros depósitos .....	72
III.5 Inducción .....	74
III.6 Limpieza de pozo y/o tuberfa .....	75
III.7 Cambio de fluidos y/o control de----	

	Página:
pozo .....	78
<b>IV.- PROCEDIMIENTOS, NORMAS Y PROGRAMAS PARA LA- INTERVENCION DE POZOS CON TUBERIA FLEXIBLE.</b>	<b>80</b>
IV.1 Introducción .....	80
IV.2 Procedimientos y normas .....	80
a) Condiciones de la localización y ca- minos de acceso .....	81
b) Condiciones del árbol de válvulas y de las conexiones superficiales ...	81
c) Programa explícito de la intervenc- ción .....	82
1 Tubería bicelada o acondicionada.	83
2 Vector o eyector .....	83
3 Turbobarrera .....	84
1 Válvula de doble paso .....	85
2 Motor .....	86
3 Varilla de conexión .....	86
4 Cojinete y flecha motriz .....	87
5 Sustituto de rotación .....	87
4 Unidad almacenadora e inyectora-- de nitrógeno .....	88
5 Unidad de aceite caliente .....	89
6 Unidad almacenadora de diesel ...	89
7 Unidad almacenadora de agua o lo- do .....	90

	Página:
8 Unidad de contraincendios .....	90
9 Planta de soldar .....	90
d) Análisis de datos preliminares del- pozo .....	92
1 Estado mecánico y calibración del pozo .....	92
2 Recuperación de muestras con cube ta muestreadora .....	93
3 Registros de presión de fondo ...	94
e) Instalación de la unidad de tubería flexible .....	95
f) Cálculo de parámetros .....	97
1 Tensión máxima permisible .....	98
2 Presión de trabajo máxima permisi ble .....	99
3 Presión de bombeo, gasto y capaci dades para evaluar tiempos de aca rreo .....	100
Ejemplo de cálculo .....	102
g) Operación con tubería flexible ....	108
IV.3 Programación para la intervención a po zos con tubería flexible .....	109
V.- PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION DE LAS INTERVEN CIONES CON TUBERIA FLEXIBLE .....	114
V.1 Introducción .....	114
V.2 Clasificación y evaluación de las inter-	

	Página:
venciones .....	114
V.3 Clasificación y evaluación de las espe-- ras y de la distribución de tiempos ....	117
V.4 Evaluación total .....	119
V.5 Ejemplo de una evaluación .....	120
VI.- DATOS DE CAMPO .....	123
VI.1 Inducción del pozo Cardenas 114-B ....	123
VI.1.1 Antecedentes .....	123
VI.1.2 Estado mecánico .....	123
VI.1.3 Análisis de datos preliminares.	124
VI.1.4 Programación .....	124
VI.1.5 Desarrollo de la operación en-- el campo .....	127
VI.2 Limpieza e inducción del pozo Jujo 54.	130
VI.2.1 Antecedentes .....	130
VI.2.2 Estado mecánico .....	130
VI.2.3 Análisis de datos preliminares.	131
VI.2.4 Programación .....	131
VI.2.5 Desarrollo de la operación en-- el campo .....	133
VI.3 Análisis comparativo de la programa-- ción con la operación de campo .....	137
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	138
BIBLIOGRAFIA .....	II

## I N T R O D U C C I O N

En la Industria Petrolera en la etapa de explotación, se encuentran ramas primordiales como son: Reparación y Terminación de Pozos, Producción, Ingeniería Petrolera, etc., pero también existen otras ramas tal vez secundarias pero con importancia propia como es Servicios a Pozos.

Servicios a Pozos controla los equipos especiales donde uno de ellos es la Tubería Flexible. El análisis de los equipos de Tubería Flexible en la explotación de hidrocarburos, es un estudio relativamente nuevo dentro del desarrollo de la Ingeniería Petrolera.

Con el presente trabajo no se pretende abarcar un estudio completo sobre las unidades de Tubería Flexible, sino una introducción al análisis de las mismas. Así mismo darle la importancia que merecen, debido a que es una gran herramienta de trabajo en determinadas intervenciones en el interior del pozo.

En el contenido de la tesis, se explican las características generales de la Tubería Flexible, las normas, procedimientos y programación de las intervenciones que realiza y la evaluación de las mismas, para que se pueda determinar la efectividad de dichas unidades.

Por último se desarrollan las intervenciones en los pozos Cardenas 114-B y Jujo 54 del Distrito Villahermosa en la Zona Sureste.

I

I N G E N I E R I A D E P O Z O S

## I.- INGENIERIA DE POZOS.

La explotación de los hidrocarburos se basa en una secuencia de operaciones que va desde la búsqueda de los yacimientos hasta llevar los hidrocarburos a la superficie.

Estos trabajos se realizan de la siguiente manera: En primer lugar los geólogos y los geofísicos buscan por medio de determinados procesos las posibles acumulaciones de hidrocarburos. Al encontrarse un probable yacimiento se programa la perforación de un pozo, mediante el cual se comprueba o no la existencia de hidrocarburos. Al encontrarse hidrocarburos a través de un estudio inicial del yacimiento se programa la perforación de pozos subsecuentes; primero para delimitar el yacimiento y segundo para su desarrollo.

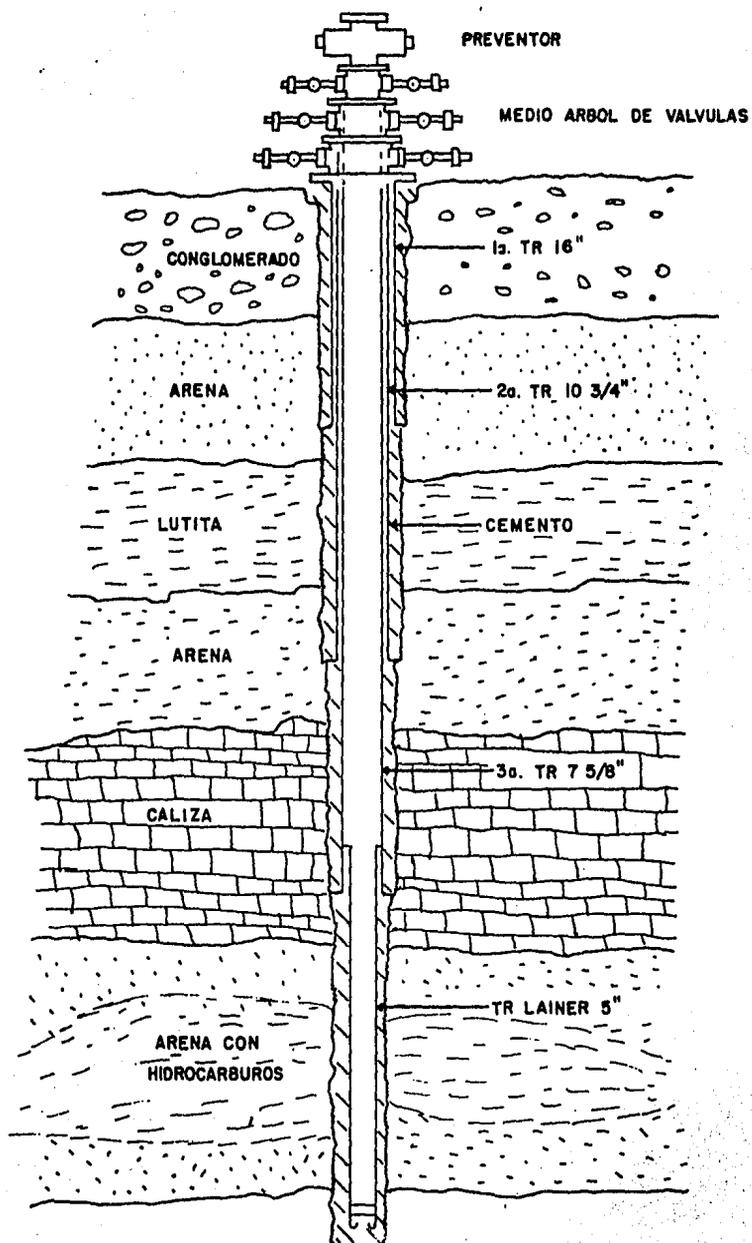
El camino antes citado conlleva a la obtención de un pozo petrolero, el cual será una unidad trascendente para la explotación del petróleo en el momento de su terminación que ocurre inmediatamente después de su perforación, fig.1.

Visto el pozo como la unidad fundamental de la explotación de los hidrocarburos desde su terminación hasta su abandono ocurren un sinnúmero de eventos, todos ellos englobados en lo que para este capítulo se nombra Ingeniería de Pozos.

La Ingeniería de Pozos se puede dividir en tres ramas que son:

- 1.- Terminación.
- 2.- Explotación.
- 3.- Conservación y Mantenimiento.

FIG. 1.- POZO PERFORADO LISTO PARA SU TERMINACION



## I.1.- TERMINACION.

Una vez perforado un pozo y cementadas las tuberías de revestimiento de explotación, se procede a su terminación, figs.2y3. Esta operación constituye la primera intervención en la vida productiva del pozo y requiere un equipo de menor capacidad y un tipo de trabajo de detalle que implica desde el cambio de fluidos de control hasta operaciones de mayor precisión. Por esto, es recomendable cambiar el equipo de perforación por uno de reparación.

La terminación consiste en establecer en forma controlada y segura la comunicación entre el yacimiento y la superficie, cuidando de proteger las tuberías de revestimiento que representan la vida del pozo, para aprovechar óptimamente la energía del yacimiento.

Esta intervención incluye una serie de eventos que consisten principalmente en:

- a) Asegurar el control del pozo.
- b) Verificar las condiciones de las tuberías de revestimiento y su corrección en caso de falla.
- c) Introducir el aparejo de producción o de inyección.
- d) Instalar el sistema de control.(árbol de válvulas).
- e) Disparar los intervalos a probar para comunicar el yacimiento con el pozo.
- f) Efectuar pruebas de producción o inyección, según sea el caso, incluyendo estimulaciones e inducciones

Todas estas operaciones permiten la definición del pozo como productor o inyector, o en dado caso su abandono, previo taponamiento.

FIG. 2. \_DISPAROS EN EL INTERVALO PRODUCTOR

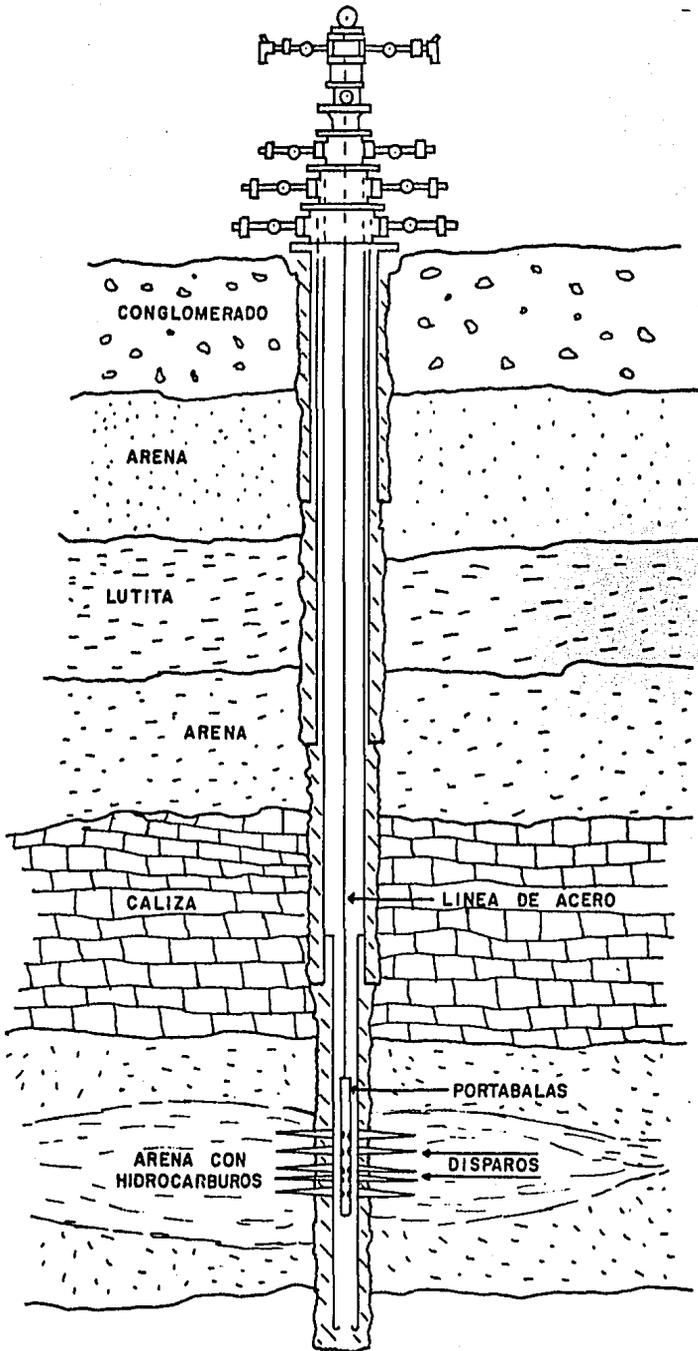
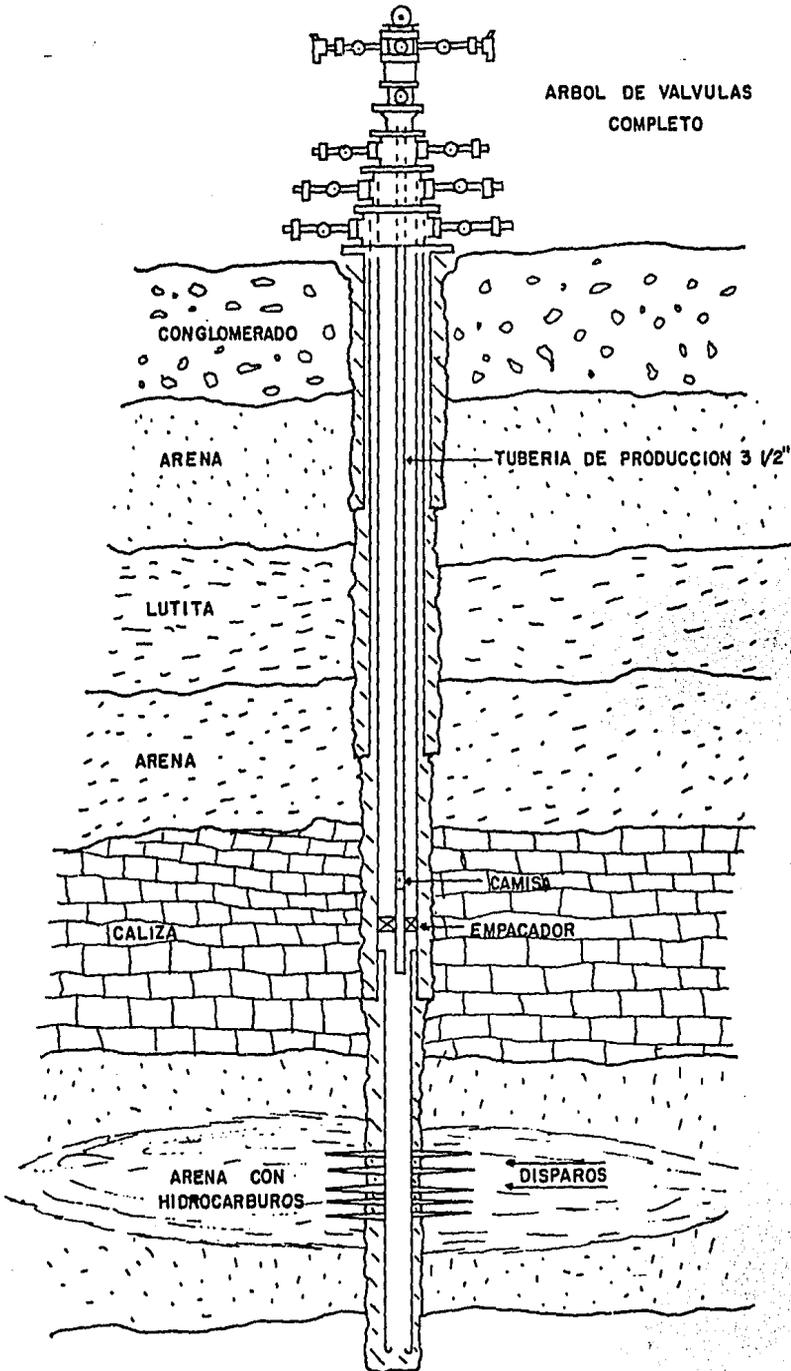


FIG.3.\_POZO TERMINADO TOTALMENTE Y -  
LISTO PARA PONERLO A PRODUCCION



Toda la secuencia de trabajo se realiza con equipos de Reparación y Terminación de Pozos, ya que se observan las siguientes ventajas:

- 1.- Es un equipo adecuado a las cargas de trabajo.
- 2.- Es un equipo adecuado al volúmen y gasto de fluidos.
- 3.- Es un equipo menos costoso.
- 4.- Tiene personal especializado en este tipo de operaciones.

Todo esto en conjunto da como resultado una operación más eficiente y a menor costo.

## I.2.- EXPLOTACION.

Una vez que el pozo ha sido terminado se inicia su vida productiva o inyektiva, según sea el caso, durante esta etapa y através 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 o inyección, los cuales conjuntamente con estudios del yacimiento, -- estudios geológicos y estudios espccíficos, 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 o distribución de agua, etc. Permiten definir un comportamiento anormal de un pozo que encause a estudios particulares del mismo para su conservación y mantenimiento.

## I.3.- CONSERVACION Y MANTENIMIENTO.

El pozo esta expuesto a varios fenómenos que-

pueden bajar anormalmente el rendimiento de su producción o inyección, lo cual trae como consecuencias perdidas económicas, por lo que se debe observar y registrar su comportamiento para mantenerlo en condiciones ópti--mas. Esto es, periódicamente se le toman registros al--pozo para saber si hay depositación de elementos orgáni--cos e inorgánicos que obstruyen las tuberías, estimular lo cuando sea necesario o cambiarle fluidos para que podamos obtener su máximo rendimiento tanto en lo económi--co como en su vida productora o inyectora que es lo más importante.

#### I.4.- CAUSAS QUE ORIGINAN EL MANTENIMIENTO DE LOS POZOS.

Para que el rendimiento de un pozo productor--o inyector sea el óptimo, es necesario darle un buen---mantenimiento. Esto es, debido a que hay causas que ori--ginan la baja productividad o inyectividad de los pozos y cuando se detecta este problema se debe analizar que--fenómenos lo provocarán.

Entre las principales causas que originan el--mantenimiento y reparación de los pozos están las que a--continuación se mencionan:

##### I.4.1.- APAREJOS OBSTRUIDOS.

Los aparejos se obstruyen fácilmente debido a los depósitos orgánicos y a los depósitos inorgánicos.-- Los primeros son ocasionados por componentes del mismo--aceite que provienen del yacimiento y las sustancias---son parafinas y asfáltenos.

Las parafinas se solidifican debido a cambios de presión, temperatura, evaporación y pérdida de gases disueltos.

Los asfáltenos se encuentran en forma coloidal en el aceite y se precipitan por la acción de cualquier fuerza química, mecánica o eléctrica depositándose en la tubería de producción debido a cambios de temperatura, presión, composición química del aceite, potenciales de corrientes y sustancias ácidas (bajo PH).

Los depósitos inorgánicos están compuestos por carbonatos, sal, arena y sedimentos.

Cuando hay un acuífero que produzca agua con sal, comúnmente denominada salmuera, y contenga altas concentraciones de sales; estas se precipitan y se depositan en la tubería de producción o en su defecto se liberan gases disueltos como el dióxido de carbono, que desequilibran los iones de calcio propiciando la deposición de los carbonatos de calcio, estos fenómenos se deben a los cambios de presión, temperatura y cambios de PH (ácidez).

La arena y sedimentos generalmente provienen de las propias formaciones y con el paso del tiempo son arrojados muy lentamente por los fluidos provenientes del yacimiento y se depositan generando tapones en la tubería de producción.

#### 1.4.2.- TUBERIAS Y APAREJOS DAÑADOS.

Con el paso del tiempo el estado mecánico del pozo va sufriendo cambios, los cuales son problemas que hacen una reducción en la productividad o inyectividad.

Estos problemas pueden ser los siguientes:

Desprendimiento, roturas o aplastamiento de tuberías de producción y revestimiento debido a fatiga o desgaste del acero, efectos de corrosión, cambios bruscos de presión en las operaciones de intervención y esfuerzos excesivos de la formación sobre la tubería. Si los problemas están presentes en las tuberías de revestimiento existe alto riesgo y puede ocasionar la pérdida del pozo.

El aparejo de producción tiene como uno de sus componentes al empacador. Este aísla la tubería de revestimiento de la tubería de producción, pero la hermeticidad del espacio anular puede fallar debido a una mala operación en el anclaje del empacador, al defecto en su fabricación o al mal cálculo del ajuste de los sellos del mismo empacador.

En el caso de los sellos, pueden fallar por corrosión debida al fluido de control o por desgaste por el continuo movimiento del empacador.

#### I.4.3.- FALLA EN LOS SISTEMAS ARTIFICIALES DE PRODUCCION

En los sistemas artificiales de producción se producen fallas que provocan reducción en la producción propiciandose la intervención del pozo para su rehabilitación, los sistemas que más se usan son los de bombeo neumático y mecánico.

Las fallas más comunes en el bombeo neumático son:

La obturación de las válvulas por sedimentos, carbonatos o depósitos orgánicos; las válvulas se pueden desca

librar o calzar y además pueden tener fugas.

En el bombeo mecánico las fallas más comunes son:

Desanclaje de la bomba, calzamiento de las válvulas de pie o viajera y la desconexión o rotura de las varillas de succión.

#### I.4.4.- FALLAS EN LA CEMENTACION PRIMARIA DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO.

Este problema puede ocasionar comunicación de la zona productora con otras zonas, motivando la falta de control de los hidrocarburos producidos o la presencia en estos de fluidos indeseables.

#### I.4.5.- PROBLEMAS ORIGINADOS POR CAMBIOS EN LAS CONDICIONES DEL YACIMIENTO.

La explotación continua de un yacimiento trae como consecuencias cambios en las condiciones de éste, que ocasionan problemas en la operación de los pozos.-- Generalmente se requiere la reparación del pozo con diferentes objetivos según el tipo de problema a resolver.

Las causas son:

##### I.4.5.1.- ABATIMIENTO DE LA PRESION.

La energía de un yacimiento debe ser la suficiente para elevar los fluidos desde la formación a la superficie. A medida que se explota el yacimiento, la energía del mismo disminuye llegando a ser insuficiente-

para que los pozos fluyan por sí solos. Si es económicamente posible continuar explotando al yacimiento, se le puede implantar a los pozos un sistema artificial de--- producción.

#### I.4.5.2.- INVASION DE AGUA.

En yacimientos de explotación avanzada con--- empuje hidráulico activo o sujetos a inyección de agua, se presenta el caso de que junto con los hidrocarburos se produzca agua; ésta se incrementa poco a poco hasta propiciar que el pozo deje de producir aceite o sea in--- costeable el manejo del agua. Existe la posibilidad de aislar el intervalo invadido de agua y continuar explotando al yacimiento en otro intervalo, en caso contra--- rario que no haya otro intervalo, se interviene el pozo--- para su taponamiento. Hay que tener cuidado en este caso, porque la producción de agua puede provenir de otra zona debido a roturas de la tubería de revestimiento,--- por una cementación defectuosa y por fracturas natura--- les o inducidas; lo que hace necesario la corrección de estos problemas antes del abandono del pozo.

#### I.4.5.3.- INVASION DE GAS.

La presencia de gas en el aceite depende del tipo de yacimiento que se esta explotando, ya que en ocasiones la relación gas-aceite se incrementa debido a:

- 1) Al explotar el yacimiento la energía por presión declina y el gas en solución en el aceite se libera y tiende a llegar a ser el fluido móvil predominante e

implica una reducción en la producción de aceite.

- 2) Si el yacimiento tiene casquete primario o secundario de gas y no existiendo barreras verticales al fluido, propicia que se canalice el gas al intervalo productor dejando de producir aceite.
- 3) Si existen fugas en la tubería de revestimiento, cementación defectuosa, fracturas naturales o inducidas, se puede presentar que el gas de otras zonas ya sea superiores o inferiores de otro yacimiento fluya al intervalo productor.

Se recomienda que en el caso 1, se cierre el pozo para no gastar energía y esperar hasta que el yacimiento se represione. En los casos 2 y 3 se acondiciona el pozo para abandonar los intervalos en explotación.

#### I.4.5.4.- AGOTAMIENTO DEL INTERVALO PRODUCTOR,

Cuando hay una explotación avanzada, los pozos llegan a declinar su producción a límites que hacen incosteable su operación, considerándose agotado el yacimiento. En caso de que existan otros yacimientos, se repara el pozo para abandonar el intervalo agotado y explotar uno nuevo. Si no existe esta alternativa, el pozo se interviene para su taponamiento.

#### I.4.5.5.- DAÑO A LA FORMACION.

En la perforación de los pozos se utiliza como fluido de control el lodo bentonítico, el cual causa alteraciones principalmente en las propiedades de la roca que se encuentra en la vecindad del pozo, este daño-

repercute en la permeabilidad natural de la formación y es debido a la invasión de partículas sólidas del lodo de perforación, hinchamiento de arcillas al ser desestabilizadas por el agua del filtrado del lodo, bloqueo de agua y/o emulsión por el filtrado del lodo.

Adicionalmente se pueden presentar otros daños causados por la dispersión y migración de material fino de la propia formación o por la inyección en operaciones subsecuentes a la terminación, de fluidos incompatibles con los contenidos en la formación, que pueden causar precipitaciones de fierro o material asfáltico, desarrollar emulsiones o fases líquidas en zonas de gas, etc.

Estos daños restringen la productividad o inyectividad de los pozos y requerirán estimulaciones para su remoción.

#### 1.5.- METODOS PARA RESTABLECER LA PRODUCCION DE LOS POZOS.

Se han analizado las causas que pueden restringir la producción o inyección de los pozos, ahora en esta sección se mencionarán los equipos que se utilizan para poder eliminar los problemas que provocan la baja efectividad de los pozos.

Primera se nombrarán las herramientas que se operan con LINEA DE ACERO; con estos dispositivos se pueden quitar parafinas, arenas, etc.

Algunas de estas herramientas son:

a) RASPADOR. Es un dispositivo que se introduce dentro-

del pozo para que al ir subiendo a la superficie vaya raspando la tubería de producción y eliminando--- los depósitos acumulados, fig.4.

- b) ARPON. Es usado para pescar y recuperar líneas de alambre, cables conductores semiflexibles u otro material semejante, fig.5.
- c) CUBETA DESARENADORA. Es un dispositivo que se introduce al pozo y al estar en la cima de la arena se abre para dejarla entrar y poder sacarla a la superficie, fig.6.

Estas son las herramientas mecánicas que más comúnmente se usan en restitución de la producción o inyección de los pozos.

A continuación se nombrarán a los equipos de REPARACION Y TERMINACION DE POZOS, fig.7; que realizan entre otras, las siguientes operaciones:

Las reparaciones menores, las reparaciones mayores y--- las terminaciones.

En las reparaciones menores se realizan los--- cambios de aparejos fluyentes y los cambios a sistemas artificiales.

En las reparaciones mayores se realizan modificaciones del yacimiento, aislamiento de intervalos--- con alta relación gas-aceite, aislamiento de intervalos con alta relación agua-aceite, corrección de la aportación de agua salada en un intervalo, pruebas de producción de nuevos intervalos, eliminación de daño a la formación, taponamientos, corrección a las cementaciones--- primarias, prolongación de tuberías cortas, corrección--- de roturas de tuberías de revestimiento, etc.

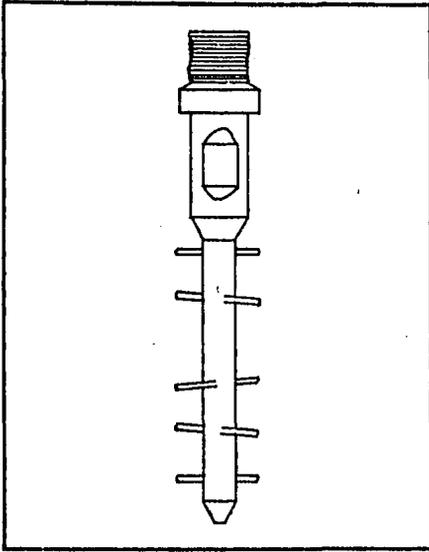


FIG. 4.\_ RASPADOR

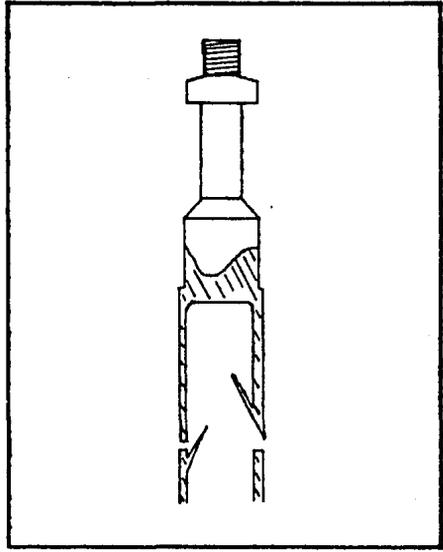


FIG. 5.\_ ARPON

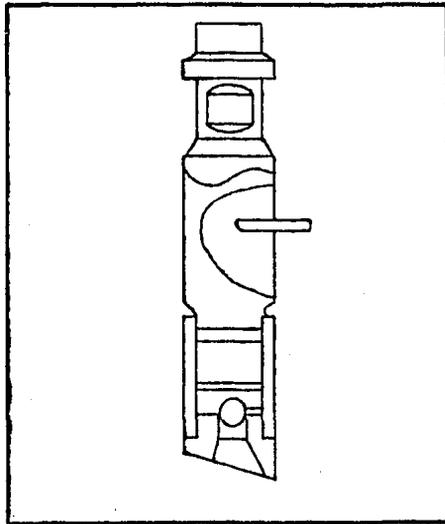


FIG. 6.\_ CUBETA DESARENADORA

En las terminaciones se realizan las colocaciones de aparejos productores o inyectoros, disparar el o los intervalos, colocar árbol de válvulas y acondicionar el pozo con el fluido de control adecuado, dependiendo la finalidad de la terminación ( productora o invectora ).

Estos equipos son grandes y no de fácil transporte, además son muy caros por operación realizada, por lo que el siguiente equipo para restituir la producción o inyección de los pozos es la denominada TUBERIA FLEXIBLE, la cual es un equipo que tiene varias ventajas sobre los equipos de Reparación y Terminación de Pozos, ya que puede operar dentro del pozo sin que se tenga que mover la tubería de producción o se saque el empacador, puede realizar intervenciones más rápidas tales como remoción de depósitos orgánicos e inorgánicos, inducciones, limpiezas, colocación de baches, etc. Además es un equipo ligero, de fácil transportación y económicamente más barato por operación realizada.

Se detallará más sobre este equipo para poder conocer su mecanismo y como realiza las intervenciones antes descritas.

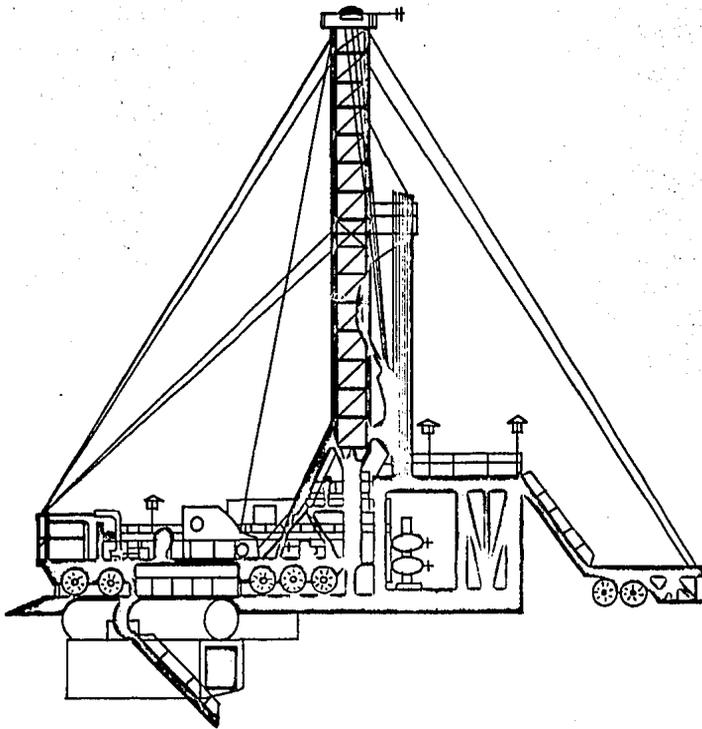


FIG.7. EQUIPO DE REPARACION Y TERMINACION  
DE POZOS

I I

DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO

DE TUBERIA FLEXIBLE

## II.- DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO DE TUBERIA FLEXIBLE

### II.1.- INTRODUCCION.

El equipo de Tubería Flexible es un conjunto de unidades montadas en un chasis y sirve para efectuar ciertas operaciones en forma más rápida y económica que si se hiciesen con equipos de Reparación y Terminación de Pozos, fig.8.

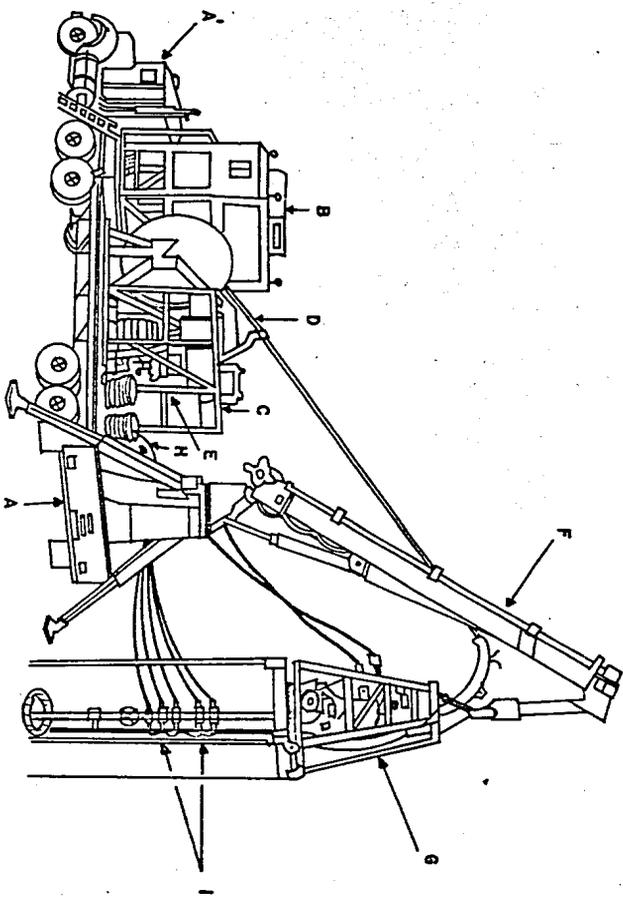
Las operaciones con este equipo normalmente se pueden efectuar dentro de la tubería de producción y sin necesidad de extraer el aparejo de producción, pudiendo operar hasta 7000 metros de profundidad y con una presión máxima de operación de  $350 \text{ kg/cm}^2$ .

### II.2.- COMPONENTES DEL EQUIPO.

Los componentes pueden enumerarse sin importar el orden que se les asigne y después se analizan para conocer sus funciones dentro del equipo.

- 1.- Plataforma Remolcable.
- 2.- Caseta de Control del Operador.
- 3.- Unidad de Potencia.
- 4.- Carrete de Tubería.
- 5.- Bomba Recíproca.
- 6.- Grua Hidráulica.
- 7.- Cabeza Inyectora.
- 8.- Carrete de Mangueras.
- 9.- Preventores.

Para el manejo de las unidades del sistema métrico al sistema inglés y viceversa, se recomienda con-



- A... PLATAFORMA REMOLCABLE Y TRACTOR-CAMION.
- B... CASETA DE CONTROL DEL OPERADOR.
- C... UNIDAD DE POTENCIA.
- D... CARRETE DE TUBERIA.

- E... BOMBA RECIPROCANTE.
- F... GRUA HIDRAULICA.
- G... CABEZA INYECTORA.
- H... CARRETE DE MANGUERAS

I... PREVENTORES

FIG. 8... UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE Y COMPONENTES PRINCIPALES

sultar la tabla I que se encuentra al final de este capítulo.

Para dar una idea del tipo de equipo, se mencionarán las tres características más comunes que son:

- a) Peso.
- b) Capacidad.
- c) Especificación.

a) PESO.

- a.1) Cabina ensamblada con entradas, rampa y generador = 1730 kg.
- a.2) Carrete para tubería de 2.54 cm de diámetro = 2360 kg.  
Carrete para tubería de 3.175 cm de diámetro = 2650 kg.
- a.3) Tubería de 2.54 cm diámetro \* 0.1651 cm espesor = 0.94 kg/m.  
Tubería de 3.17 cm diámetro \* 0.1651 cm espesor = 0.94 kg/m.
- a.4) Motor 8V-71 con fluido = 3880 kg.  
Motor 8V-71 sin fluido = 3180 kg.
- a.5) Cabeza Inyectora para tubería de 2.54 cm = 2470 kg.  
Cabeza Inyectora para tubería de 3.175 cm = 2650 kg.
- a.6) Carrete de Mangueras con líquido = 510 kg.
- a.7) Preventores = 400 kg.
- a.8) Conjunto de Mangueras ( sin fluido ).  
9 mangueras para preventores de 2.3 m de largo = 104 kg.  
9 mangueras para preventores de 1.5 m de largo = 83 kg.  
12 mangueras para Cabeza Inyectora de 2.3 m de largo = 139 kg.  
12 mangueras para Cabeza Inyectora de 1.5 m de largo = 111 kg.
- a.9) Tanque de Combustible sin fluido = 480 kg.  
Tanque de Combustible con fluido = 520 kg.

b) CAPACIDAD.

- b.1) Carrete para tubería de 2.54 cm diámetro = 7200 m.

Carrete para tubería de 3.173 cm diámetro = 5200 m.

b.2) Unidad de Potencia:

Tanque Hidráulico = 530 l.

Tanque Diesel = 246 l.

Tanque Lubricador de la Cabeza Inyectora = 114 l.

Radiador 8V-71 = 42 l.

b.3) Tanque Diesel del Tracto-Camión = 568 l.

c) ESPECIFICACIONES:

c.1) Rápidez del Inyector(máximo con motor a 2100 RPM), para tubería de 2.54 cm diámetro con motor 8V-71, salida abierta:

Arriba de  $105 \text{ kg/cm}^2 = 1.22 \text{ m/seg.}$   
Sobre los  $105 \text{ kg/cm}^2 = 0.78 \text{ m/seg.}$

Con motor 8V-71, salida cerrada:

Baja velocidad = 0.66 m/seg.

Alta velocidad = 1.32 m/seg.

c.2) Arrastre del Inyector(operación máxima de corrida), para tubería de 2.54 cm diámetro con motor 8V-71, salida abierta:

Corriendo = 8580 kg.

Empezando = 5992 kg.

Para tubería de 2.54 cm diámetro con motor 8V-71, salida cerrada y presión de  $246 \text{ kg/cm}^2$ .

Baja velocidad(corriendo) = 12 893 kg.

Baja velocidad(empezando) = 8 989 kg.

Alta velocidad(corriendo) = 6 446 kg.

Alta velocidad(empezando) = 4 494 kg.

Vistas las características de los componentes de la unidad de Tubería Flexible, se describen sus nueve componentes para conocer su mecanismo y funcionamiento.

### II.2.1.- PLATAFORMA REMOLCABLE.

Esta plataforma es una gran placa que mide 13 metros de largo por 2.75 metros de ancho, pesa aproximadamente 30 toneladas incluyendo todos aditamentos de que se compone la unidad. Para las operaciones que se realizan en los pozos, la plataforma debe estar bien nivelada, o sea, dependiendo como se encuentre la localización que puede ser no uniforme se tendrá que acondicionar el piso para que quede lo más uniforme posible. La parte posterior de la plataforma debe quedar a un lado de la cabeza del pozo para que el operador desde la cabina tenga una buena visibilidad y la grua opere sin dificultad. Esta plataforma se engancha a un tracto-camión para su fácil transportación. fig.9.

### II.2.2.- CASETA DE CONTROL DEL OPERADOR.

La caseta contiene todos los controles que accionan las partes móviles de la Tuberfa Flexible por medio de circuitos hidráulicos y circuitos neumáticos. Se encuentra montada en la plataforma remolcable y su posición esta en el extremo opuesto con relación a la cabeza del pozo, o sea, se encuentra al otro extremo de la plataforma. Tiene una cierta elevación para tener una visión general tanto del pozo con sus conexiones como del equipo en sí, para la realización satisfactoria de las operaciones, fig.10,11.

Los componentes principales se enumeran en la tabla que prosigue.

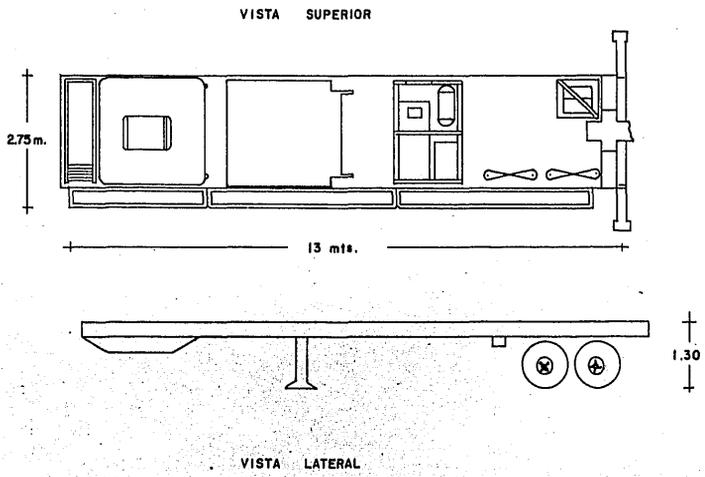


FIG. 9— PLATAFORMA REMOLCABLE

## CABINA.

LOC.	MARCA.	DESCRIPCION.	CANT.
1	"Orman Miller"	Serie 101-6,35cm diám.86.36cm Cilindro de Golpe de Aire.	4
2	"Davis Power"	SA-1299 Asiento.	1
3	" " " " " "	SA-2837 Tapa.	1
4	" " " " " "	7191 Pedestal.	1
5		Ensamble del Cerrojo de Seguridad.	4
6	"Dayton"	2V340 Instalación de Luz.	4
7	" " " " "	2V429 Tubo de Luz.	4
8	AG-Unity"	Cubierta de Luz.	3
9		DS-116 Interruptor.	3
10	"Unity"	275 Proyector.	1
11		7-941 Ventilador,12V,16.51 cm diám.	1
12	"Coleman"	6749-707 Condicionador del Aire Rotario,Mach. III	1
13	"American.B"	398586C91 Limpia Parabrisas.	1
14	" " " " " "	346904C1 Brazo del Limpiador.	1
15	" " " " " "	1921224M012WC Motor Principal.	1
16	" " " " " "	SW-721026 Interruptor del Limpia- dor.	1
17		2E434 Calentador.	2
18	"Backer.CAC"	734-23-0549 Unidad de Prueba CAC.	1
19	"Int'l.Harv."	244283R91 Cuerno de Aire.	1
20	"Bendix"	TW-1 Válvula de Aire.	1

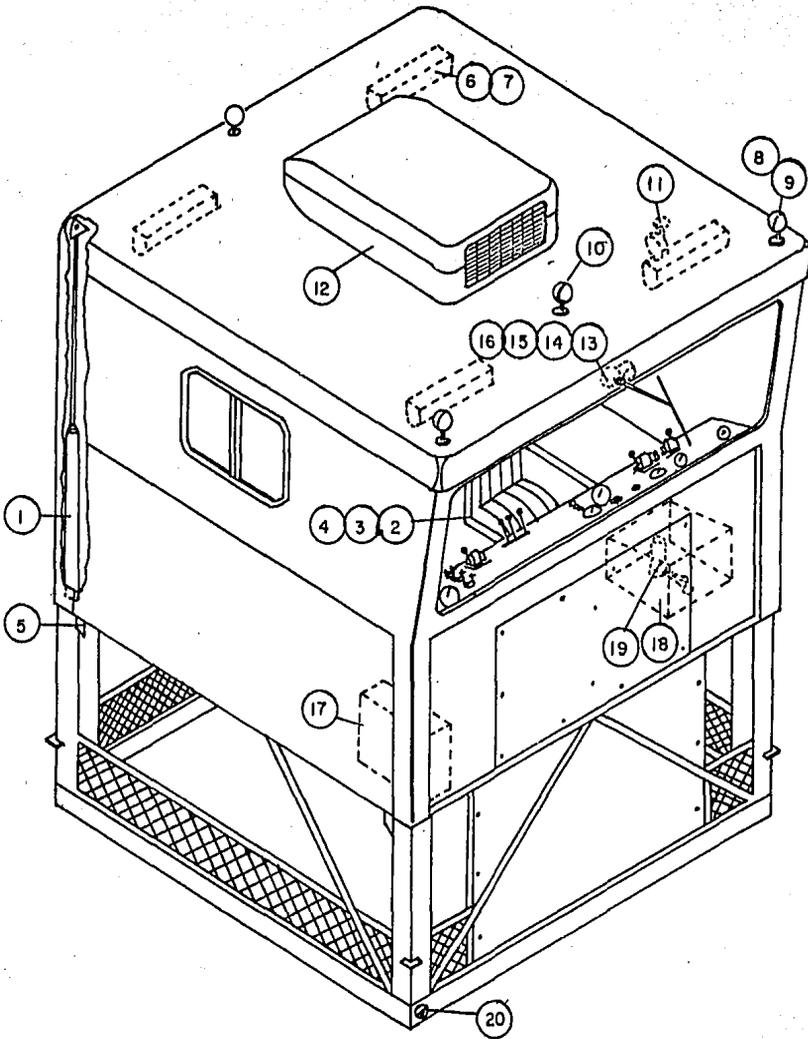


FIG. 10. - CABINA

## TABLERO DE CONTROL DEL OPERADOR.

LOC.	MARCA	DESCRIPCION	CANT.
1		Tablero vacío.	1
2	"Wabco"	H2FX-P50494-0002 Válvula.	2
3	" " " "	HC2FX-P50976-0002 Válvula.	2
4	"Comm. She aring"	A20CA128DB53-DA53-ECA105-MA53-Z16 Control de Válvula.	1
5	"Bendix"	TW-1 Válvula de Aire.	4
6	"FPS"	36-10K-10K-10K-10K Válvula.	1
7	"Deltrol"	S202SIP Válvula de Aguja	11
8	"Denison"	RIE02-2511-A1 Válvula de Alivio	2
9	"FAC"	G3M25RCFF 6.35 cm. Medidor de $211\text{Kg}/\text{cm}^2$	1
10	" " " "	G10M4RLFF 10.16cm. Medidor de $703\text{Kg}/\text{cm}^2$	2
11	" " " "	G5M4RLFF 10.16cm. Medidor de $352\text{Kg}/\text{cm}^2$	1
12	" " " "	G2M4RLFF 10.16cm. Medidor de $140\text{Kg}/\text{cm}^2$	1
13	" " " "	G1500-25-RCFF 6.35cm. Medidor de $105\text{Kg}/\text{cm}^2$ .	3
14	"Martin- Decker"	GM6AP505 Medidor.	2
15	" " " "	GAB7-XSSS Indicador de Peso.	1
16		Tablero de Control de Niveles (1 asentamiento).	1
17	"Mid- land"	N157915 Válvula de Aire.	1
18	"Double A"	W-06-10A-1 Válvula de Reducción.	1

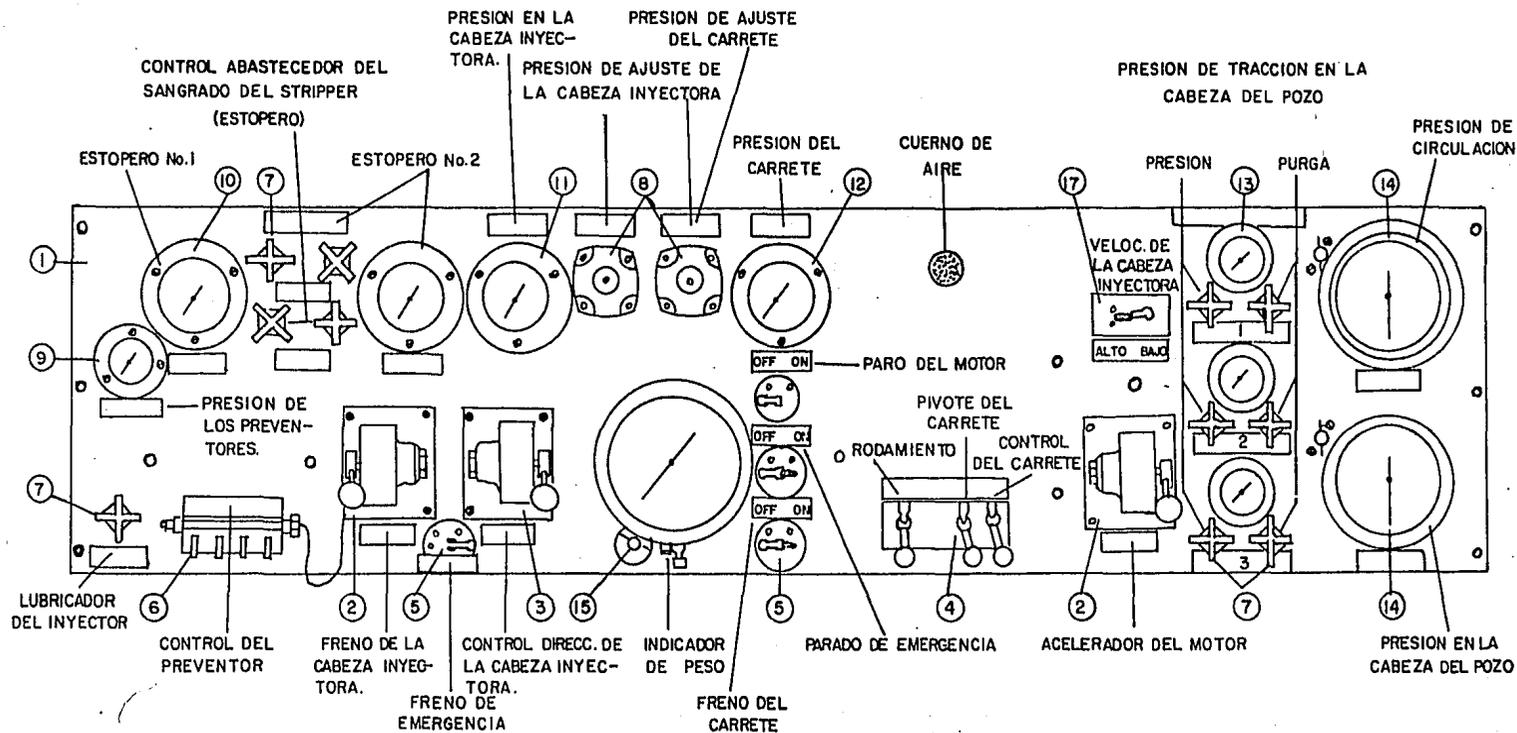


FIG. II. — TABLERO DE LA CABINA DEL OPERADOR.

### II.2.3.- UNIDAD DE POTENCIA.

Este conjunto cuenta con un motor "General Motor" serie 8V-71, cuatro bombas de diferentes capacidades, múltiples, válvulas y tanques. Las cuatro bombas--hidráulicas sirven para:

Alimentación de los Motores y Cilindros Hidráulicos de la Cabeza Inyectora, Alimentación del Motor Hidráulico de la Bomba Reciprocante, Alimentación de los Motores--del Carrete de Tuberfa y Alimentación del Cilindro de--Precarga del Sistema de Arranque.

Centralizando en un paquete todo el sistema--hidráulico de propulsión de la unidad, este cuenta con un sistema de paro de emergencia para evitar cualquier--contratiempo debido a algún problema mecánico e hidráulico en el sistema o en la operación dentro del pozo. A continuación se describen los componentes de la unidad--de potencia, fig.12.

#### II.2.3.1.- MOTOR DIESEL 8V-71.

##### a) OPERACION.

Este motor es una máquina de combustión interna, en la que, los gases que son productos de la combustión se expanden y ejercen una presión que obliga al---pistón a desplazarse dentro del cilindro(camisa) gene--rando un trabajo.

Las partes importantes del motor son:

- a.1) Sistema de Combustible.
- a.2) Sistema de Admisión de Aire.

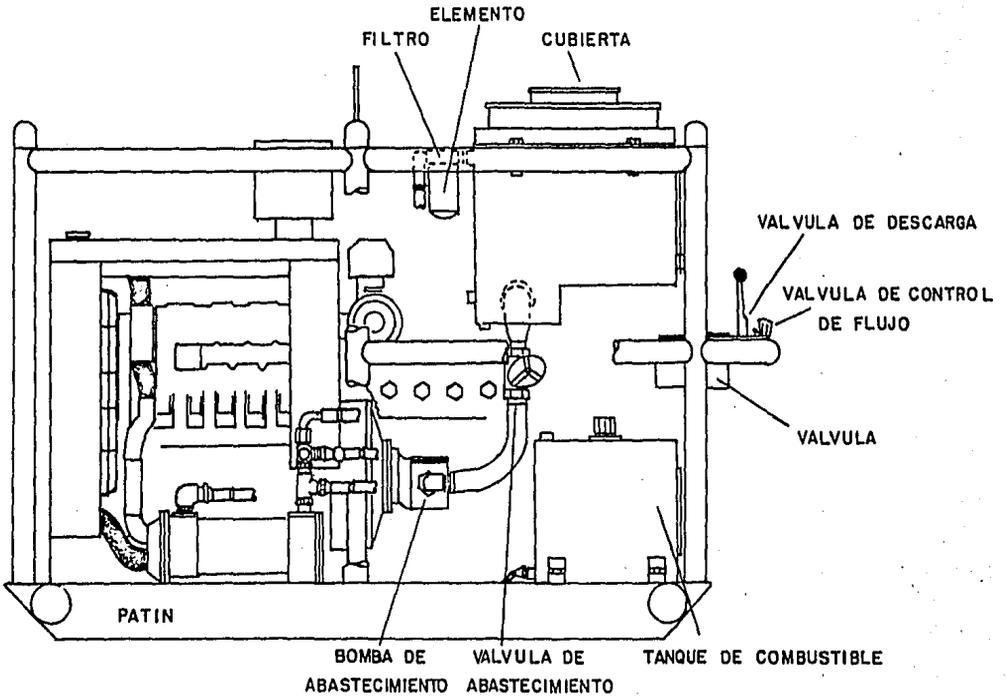
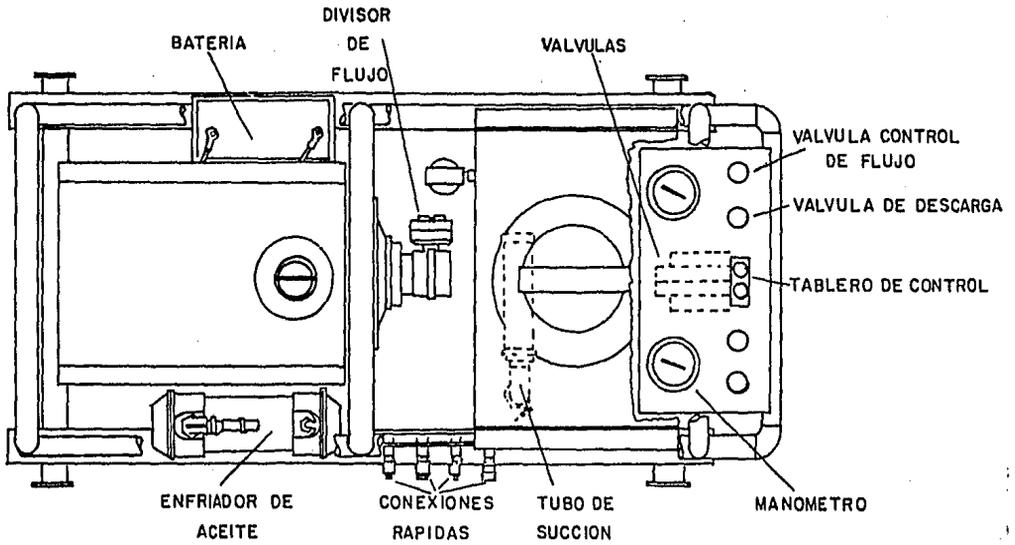
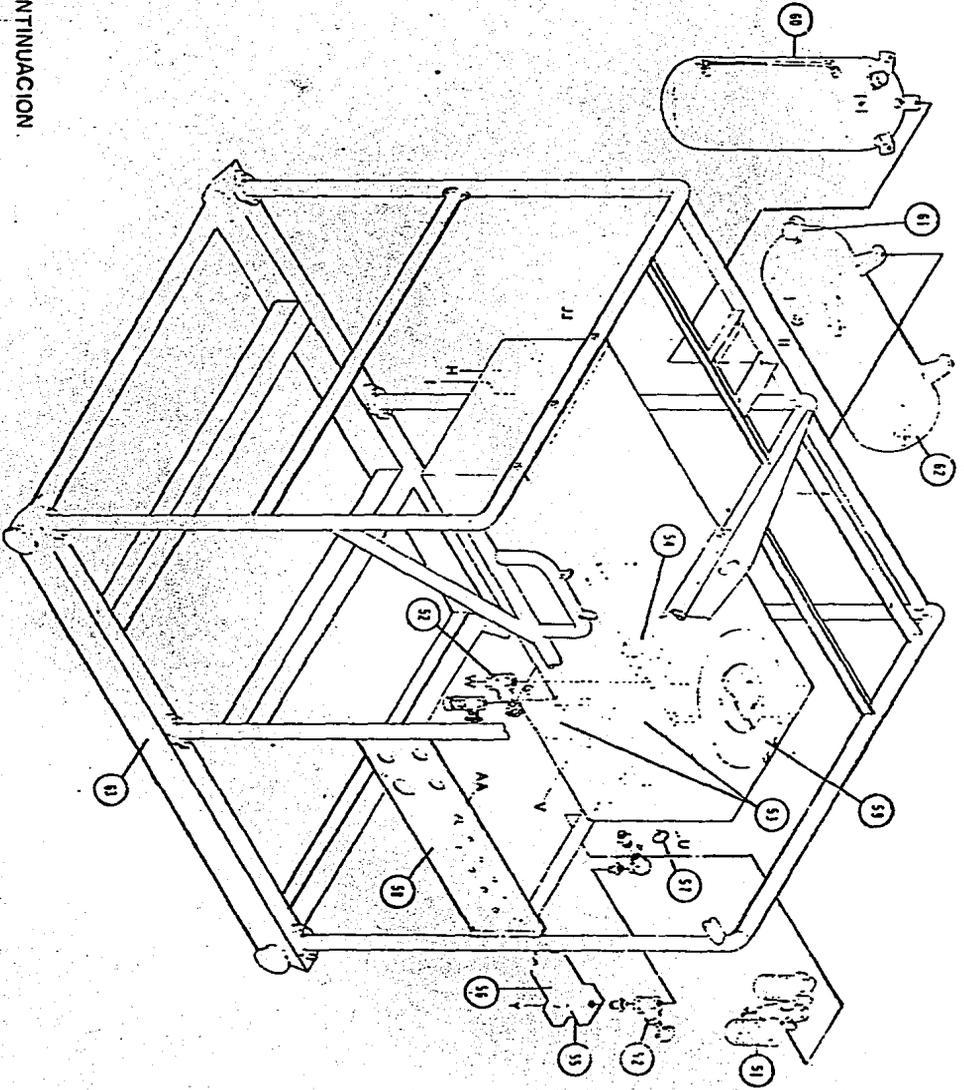


FIG.12.—UNIDAD DE POTENCIA.

FIG. 12. CONTINUACION



- a.3) Sistema de Lubricación.
- a.4) Sistema de Enfriamiento.
- a.5) Sistema de Escape.
- a.6) Tablero de Instrumentos.

a.1) SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

Como todos los demás sistemas de otros motores, esta compuesto de inyectores, tuberías de entrada, tuberías de retorno, múltiples de combustible (algunos integrados a la cabeza de cilindros), filtros primarios y secundarios, bomba de combustible y líneas de suministro.

El combustible es succionado del tanque de abastecimiento a través del filtro primario y entra a la bomba por el lado de admisión. Cuando el combustible sale de la bomba de baja presión pasa por el filtro secundario hacia el múltiple superior, luego por los tubos hasta los inyectores en algunos motores, y en otros, de la bomba sale directamente a los inyectores.

El exceso de combustible circula a través de los tubos de salida hasta el múltiple de retorno, donde regresa al tanque de abastecimiento.

Una conexión restringida esta colocada en el conducto de salida, ya sea en la cabeza o en el tubo de retorno para mantener presión en el sistema de combustible, además tiene una válvula de retención entre el filtro primario y el tanque de abastecimiento para evitar que el combustible regrese cuando el motor este parado, fig.13.

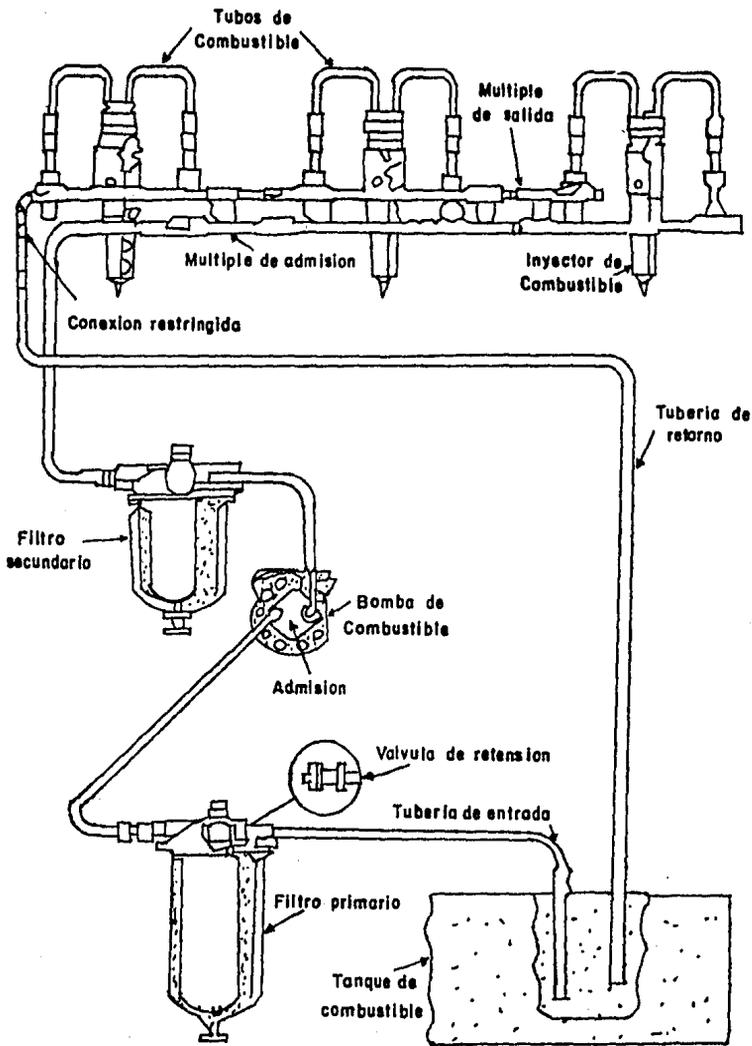


FIG. 13.-SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR GENERAL MOTOR.

## a.2) SISTEMA DE ADMISION DE AIRE.

En el proceso de barrido de los motores de--- dos tiempos se hace pasar una carga de aire dentro del cilindro por medio del soplador que barre completamente los gases de la combustión a través de las válvulas de escape. Este aire ayuda también a enfriar las partes interiores del motor, especialmente las válvulas de escape. Así cada cilindro está lleno de aire limpio al principio de la carrera de compresión del pistón, proporcionando una combustión eficiente.

El aire pasa por el filtro y por el silenciador y luego es succionado por los lóbulos de los rotors e impulsado hacia la descarga del soplador como se indica en la fig.14. La descarga continua de aire fresco proveniente del soplador entra a la cámara a través de las lumbreras de admisión, el ángulo de dichas lumbreras en la pared del cilindro están diseñadas de tal forma que, dan al aire un movimiento circular uniforme que persiste durante la carrera de compresión y con esto facilita la combustión y eliminación de los gases.

La cubierta de admisión que puede estar colocada encima o a un lado del soplador sirve para montar el filtro de aire hacia afuera del motor cuando existen condiciones anormales del mismo.

## a.3) SISTEMA DE LUBRICACION.

Este sistema consta de un conjunto de cedazo y tubo de succión, bomba de aceite, regulador de presión, filtro de circulación total con válvula de deriva

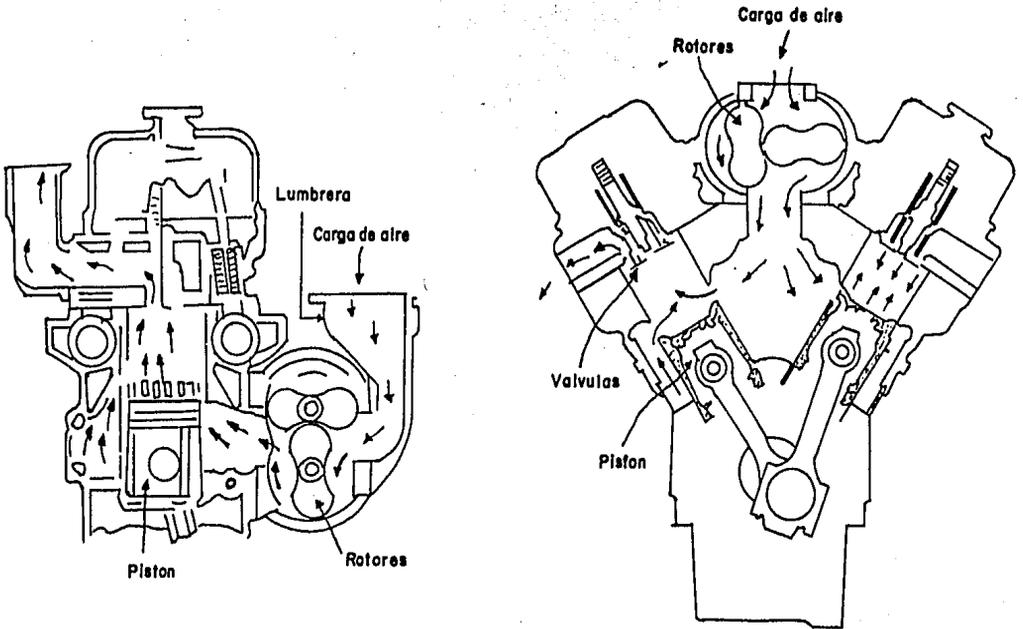


FIG. 14.\_ SISTEMA DE ADMISION DE AIRE.

ción y un enfriador de aceite.

El lubricante sale de la bomba pasa por las galerías cortas del bloque de cilindros, luego el aceite viaja al filtro de tipo de circulación total, sigue hacia el enfriador de aceite y regresa a las galerías del bloque para ser distribuido a los diversos cojinetes. El aceite que escurre de la cabeza de cilindros y de otras partes del motor vuelve al depósito de aceite.

En todo momento se mantiene aceite limpio con el filtro del tipo de circulación total con elemento reemplazable, esto implica que todo el aceite es filtrado antes de entrar al motor. Si se llega a obstruir el filtro, el aceite circulará por una válvula de derivación que se abre a una presión de  $4 \text{ kg/cm}^2$  permitiendo el paso directamente al enfriador. Si se obstruye el enfriador, la circulación de aceite será desde el filtro hasta una válvula de derivación que se abre a una presión aproximada de  $8 \text{ kg/cm}^2$  y deja pasar el aceite a las galerías del bloque.

Dentro del motor existe una presión estabilizada de lubricante sin importar cual es la velocidad del motor, ni la temperatura del aceite mediante una válvula reguladora de presión que abre a  $27 \text{ kg/cm}^2$ , fig. 15.

#### a.4) SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

Este sistema absorbe el calor desarrollado por el proceso de combustión y también absorbe el calor del aceite lubricante por medio del sistema de radiador donde se recomienda que el agua a usar sea de lo más

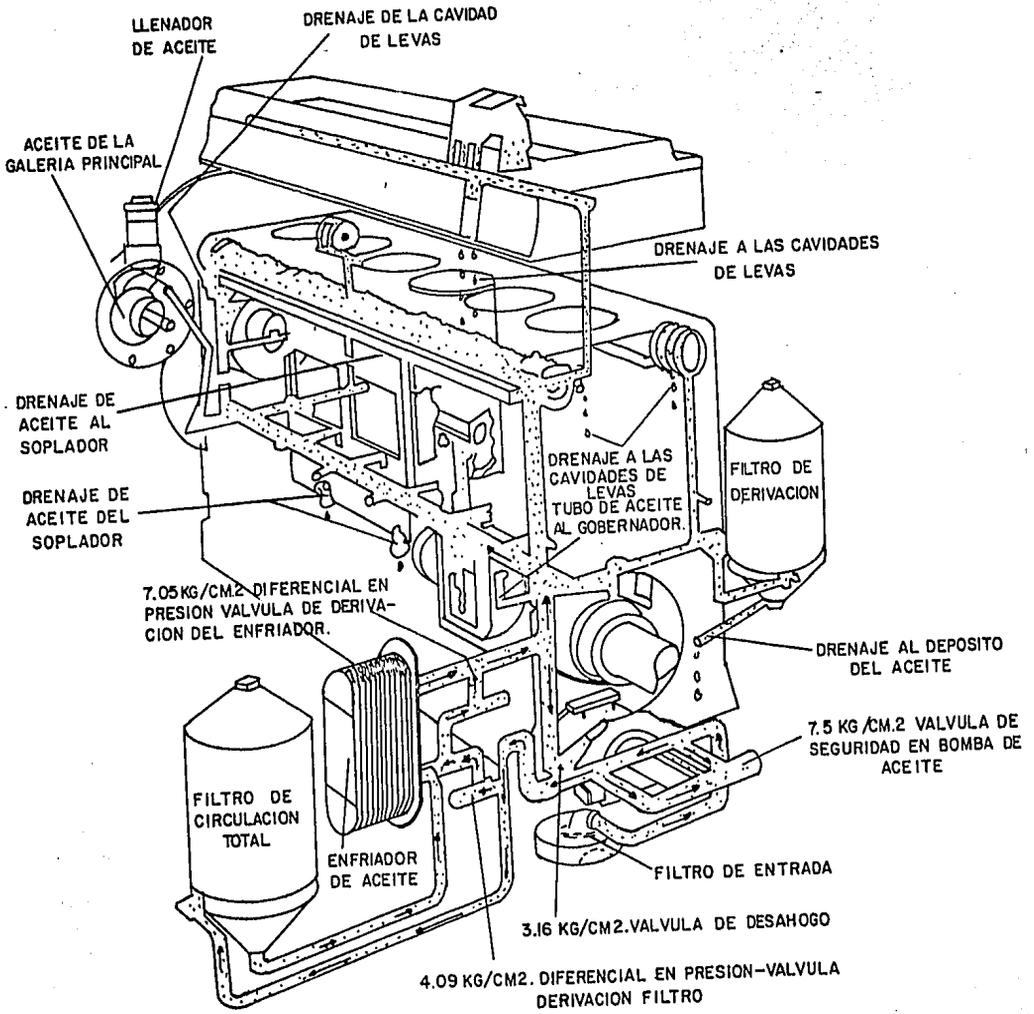


FIG.15.- SISTEMA DE LUBRICACION

limpia posible y que añada algún líquido anticorrosivo-- porque si se utiliza agua dura se forman escamas que re-- ducirán la capacidad de transferencia de calor y causan-- restricción al paso del agua.

En el sistema de enfriamiento por radiador,-- el agua es succionada de la parte inferior de la bomba-- de agua y circulada por el enfriador de aceite, el blo-- que y cabezas de los cilindros hasta la cubierta del--- termostato.

Si se llega a poner en marcha el motor en frí-- o y la temperatura del agua es menor a la temperatura-- normal de operación el termostato restringe el paso del-- agua hacia el radiador, y un tubo de derivación permite-- la circulación al bloque y a la cabeza de los cilindros. Una vez que la temperatura del agua pasa de los 77 °C,-- la válvula del termostato empieza a abrirse restringien-- do el paso del agua por el tubo de derivación y ésta co-- mienza a circular por el radiador disipando el calor en-- corriente de aire del ventilador, fig.16.

#### a.5) SISTEMA DE ESCAPE.

El motor tiene un múltiple de escape enfriado por aire ya que utiliza un sistema de enfriamiento por-- radiador.

Este tipo de escape tiene una brida, ya sea-- en el extremo o en su parte media en la cual se puede-- conectar una conexión flexible para el escape o silen-- ciador, además esta sujeto por rondanas especiales y--- tuercas, la está también por birlos colocados en las--- lumbreras de los extremos de la cabeza de los cilindros

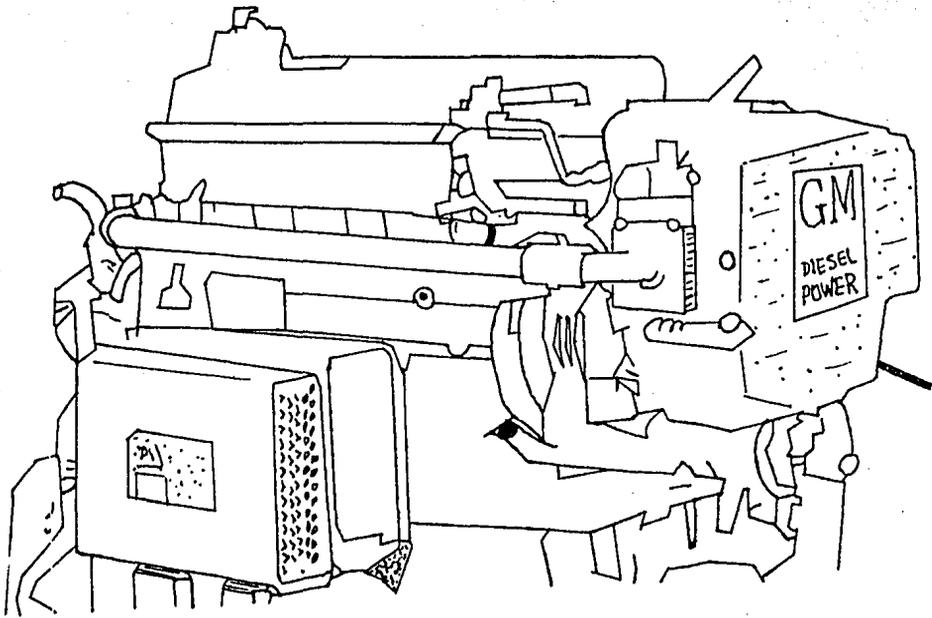


FIG. 16.- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

como se aprecia en la fig. 17.

#### a.6) TABLERO DE INSTRUMENTOS.

Los instrumentos con se suele equipar a los--  
motores (dependiendo su aplicación) son: Tacómetro mecá-  
nico, ámpereímetro de carga del acumulador, indicador de  
temperatura de agua e indicador de presión de aceite,--  
fig.18.

##### a.6.1) TACOMETRO MECANICO.

Es impulsado por el motor y registra la velo-  
cidad del mismo por minuto.

##### a.6.2) AMPERIMETRO DE CARGA.

Esta conectado en el circuito eléctrico para  
indicar la cantidad de corriente que entra y sale del a  
cumulador.

##### a.6.3) INDICADOR DE TEMPERATURA.

Se registra en el múltiple para agua y la----  
temperatura normal es de 180 °C.

##### a.6.4) INDICADOR DE PRESION DE ACEITE.

Registra la presión del aceite dentro del mo-  
tor, tan pronto como éste se pone en marcha, el indica-  
dor debe empezar a registrar la presión. Si no marca ni  
la mínima presión que es aproximadamente de 5 kg/cm<sup>2</sup>,--

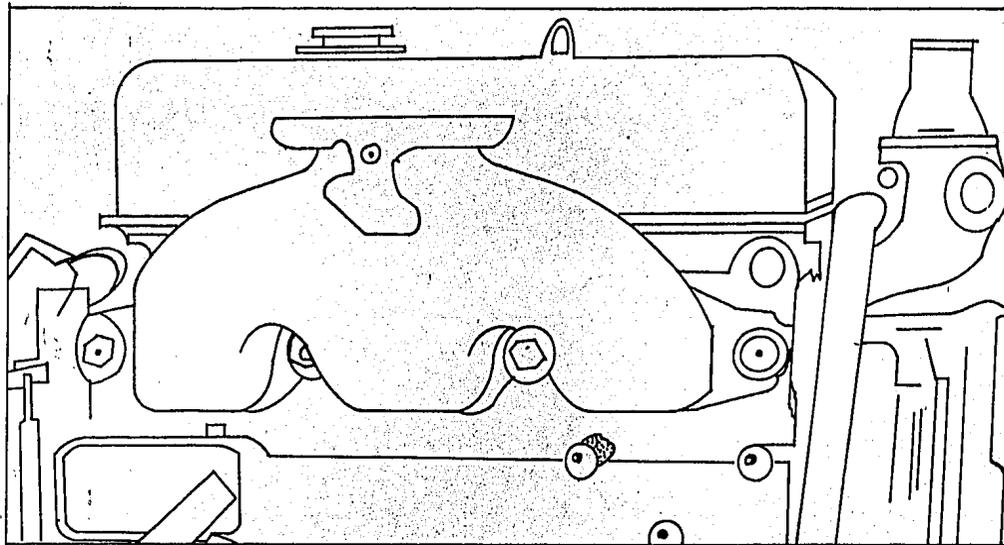


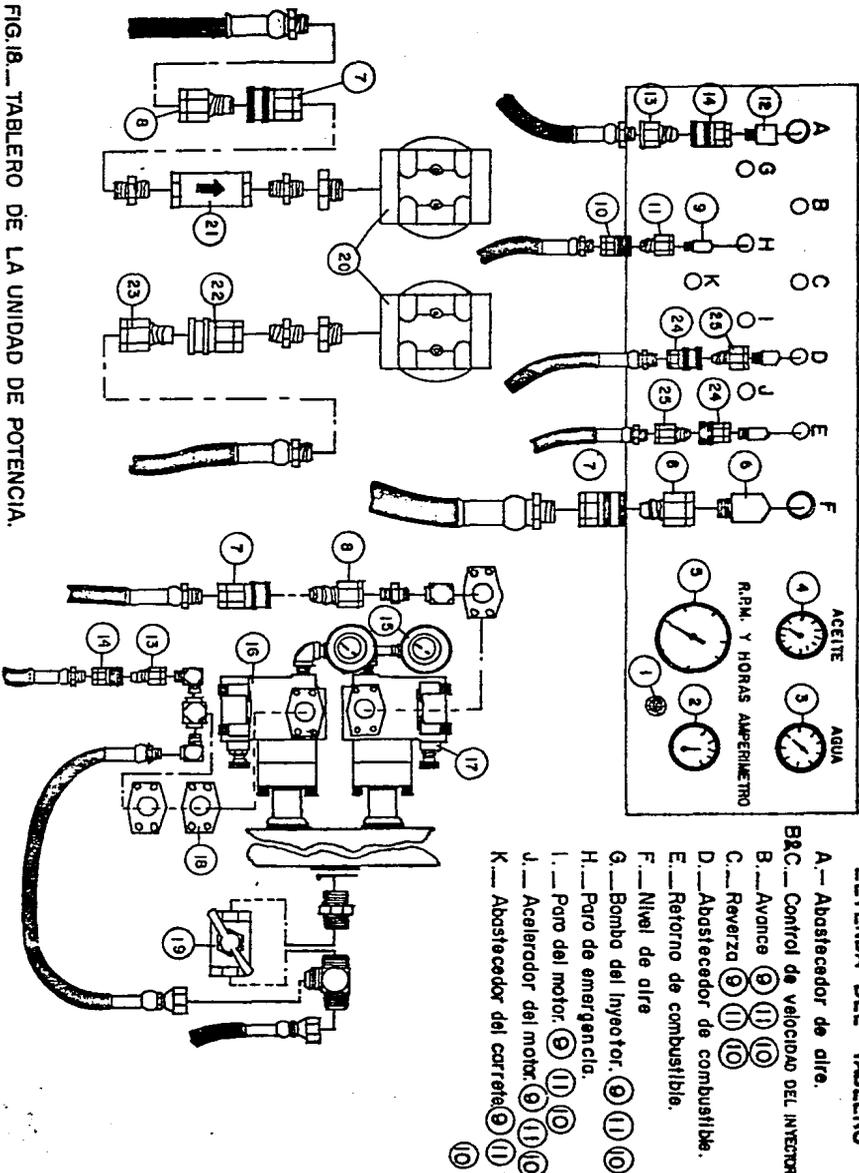
FIG.17.\_ MULTIPLE DE ESCAPE

se para el motor y se corrige la falla que se tenga.---  
Normalmente la presión oscila entre 10 kg/cm<sup>2</sup> mínima y-  
de 20 kg/cm<sup>2</sup> máxima

## TABLERO DE ACOPLAMIENTO.

LOC.	MARCA.	DESCRIPCION.	CANT.
1		Encendedor.	1
2		SW-827441 Medidor de Ampers	1
3		SW-826409 Medidor de Temperatura	1
4		SW-827442 Medidor de Presión de Aceite.	1
5		AC-1411 Tacometro.	1
6	"Flodar"	PF20-12M Tubería con Codo de 90°	1
7	"Snaptite"	VHC-12-12F Conexión Rápida	3
8	" " " " "	VHN-12-12F Conexión Rápida	3
9	" " " " "	PF20-4M Tubería con Codo de 90°	7
10	"Snaptite"	VHC-4-4F Conexión Rápida	7
11	" " " " "	VHN-4-4F Conexión Rápida	7
12	"Flodar"	PF20-8M Codo de Tubería	1
13	"Snaptite"	VHC-8-8F Conexión Rápida	2
14	" " " " "	VHN-8-8F Conexión Rápida	2
15	"FAC"	G3M-25 6.35cm diám. Medidor de 211 Kg/cm.	2
16	"Denison"	R5V08-313-15A1 Válvula de Descarga	1
17	" " " " "	R5V08-313-12A1 Válvula de Alivio	1
18	" " " " "	C5V08-321-A1 Válvula de Prueba	1
19	"Deltrol"	S-650-1.9cm Válvula de Aguja	1
20	"Cross"	F21CA Filtro	2
21	Circle S."	249B-6PP Válvula de Prueba	1
22	"Snaptite"	VHC-16-16F Conexión Rápida	1
23	" " " " "	VHN-16-16F Conexión Rápida	1
24	" " " " "	VHC-6-6F Conexión Rápida	1
25	" " " " "	VHN-6-6F Conexión Rápida	1

FIG. 18. TABLERO DE LA UNIDAD DE POTENCIA.



LEYENDA DEL TABLERO

- A. Abastecedor de aire.
- B&C. Control de velocidad del inyector.
- B. Avance (9) (11) (10)
- C. Reversa (9) (11) (10)
- D. Abastecedor de combustible.
- E. Retorno de combustible.
- F. Nivel de aire
- G. Bomba del inyector. (9) (11) (10)
- H. Puro de emergencia.
- I. Puro del motor. (9) (11) (10)
- J. Acelerador del motor. (9) (11) (10)
- K. Abastecedor del carrile. (9) (11) (10)

### II.2.3.2.- SISTEMA HIDRAULICO.

La unidad de potencia consta principalmente de un motor diesel que es el alma principal del equipo que hace funcionar a el sistema hidráulico; él cual es formado por cuatro bombas hidráulicas que tienen diferentes capacidades y distintas funciones. Las bombas suministran un fluido a presión que permitirá activar diversos motores para accionar los componentes del equipo, fig.19.

El sistema hidráulico se divide en:

- b.1) Sistema Hidráulico de Alimentación de los Motores y Cilindros Hidráulicos de la Cabeza Inyectora.
- b.2) Sistema Hidráulico de Alimentación del Motor Hidráulico de la Bomba Reciprocante Triplex.
- b.3) Sistema Hidráulico de Alimentación de los Motores del Carrete.
- b.4) Sistema Hidráulico de Alimentación del Cilindro de Precarga del Sistema de Arranque.

#### SISTEMA HIDRAULICO.

LOC.	MARCA.	DESCRIPCION.	CANT.
1	"Bosch"	O-531-114-610 Acumulador.	s/c
2	"Americ"	CMA-308008 Motor de Arranque.	"
3	" " " "	VA202180 Válvula de Pie.	"
4	" " " "	HPA300118 Bomba Manual.	"
5	" " " "	ACB30B12PNT Acumulador.	"
6	"Fairy"	372A-2N50-F210 Filtro Alta Presión.	"
7	" " " "	370P-210A Elemento.	"
8		Pestaña soldada.	"

## CONTINUACION: HIDRAULICO.

9	"Paul Monro"	274A-2N50-S110	Filtro de Servopresión.	s/c
10	" " " " "	270P-110A	Elemento.	"
11			Pestaña soldada	"
12	"Boston"	E15-11S51-1010(73737)	Cilindro de Aire.	"
13	"Denison"	P6P-1L-1C-402A	Bomba.	"
14	"T. E. I"	AS101	Servoarma.	"
15	"Funk"	18145-SAE-C	Adaptador de Línea.	"
16	"Denison"	T55C-008-3L02-C5	Bomba.	"
17	"Funk"	28055SAE-B	Adaptador de Línea.	"
18	"Denison"	T55DC-045-025-3L01-C5	Bomba.	"
19	"Funk"	28010	Trasmisión de la Bomba Triple Reciprocante.	"
20	" " " "	28060	Flecha.	"
21	" " " "	28084	Placa de Trasmisión.	"
22	"Denison"	T55CC-017-008-5L0D-C5	bomba.	"
23	"Center L"	A3	Válvula de Mariposa.	"
24	"Denison"	R5V-08-313-12A1	Válvula de Alivio.	"
25	" " " " "	R5V-08-313-15A1	Válvula de Descarga.	"
26	" " " " "	R5V-10-313-12A1	Válvula de Alivio.	"
27	"Husco"	6920A4	Válvula Control Direc.	"
28	"Cross"	SD4-BALA4	Válvula Selectora.	"
29	"Pall"	HH9660-D20-UTT-BP	Filtro de Presión.	"
30	" " "	AC9600F-UT-13H	Elemento.	"
31	"Hidc. Ind"	5TV-N-24	Conexión Rápida.	"
32	" " " " " "	5TV-C-24	Conexión Rápida.	"
33	"Bosch"	0531-115-610	Acumulador.	"
34	"Denison"	C5V-08-321-A1	Válvula de Retención.	"
35	"Fac"	G-3M-25	Manómetro.	"
36	" " "	G-400-25	Manómetro.	"
37	" " "	G-5M-4RLEF	Manómetro.	"

## CONTINUACION: HIDRAULICO.

38	"Cross"	F21CA	Filtros.	s/c
39	" " " "	1A9251	Elemento.	"
40	"Circle S"	249B-8PP	Válvula de Retención.	"
41	"Deltrol"	S650-S1	Válvula de Aguja	"
42	"Strata F"	375-6.35cm diám.	Válvula de Retención.	"
43	"Detroit D"	8V-71	Motor Principal.	"
44	"American S"	BCF-08-048-002	Cambiador de Calor.	"
45	"Snaptite"	VHN-20-20F	Conexión Rápida.	"
46	" " " " "	VHC-16-16F	Conexión Rápida.	"
47	" " " " "	VHC-12-12F	Conexión Rápida.	"
48	" " " " "	VHN-12-12F	Conexión Rápida.	"
49	" " " " "	VHC-8-8F	Conexión Rápida.	"
50		2.54cm-1.27cm diám.	19º Pestaña Soldada.	"
51	"Wabco"	PS7267-3000	Trfo Unitario.	"
52	"Wog"	2.54cm-1.27cm diám.	150-Válvula de Compuerta.	"
53	"MFP"	SU95SF4B-7.62cm diám.	Colador Succión.	"
54	" " "	SU55SF24-2.54cm-1.27cm diám.	Colador de Succión.	"
55	"Ambac"	TF45BB20	Filtro.	"
56	" " " "	3700056	Elemento.	"
57	"Aschcroft"	30B160R040	Termómetro.	"
58			Media Conexión y Panel de Instrumentos.	"
59	"Tiona B"	SUA-8020-SSM	Cubierta.	"
60			Ensamble del Tanque Pro vedor de la Inyección del Lubricador.	"
61	"Dayton"	12885B	Regulador.	"
62	" " " "	12985	Tanque de Aire(114 l)	"
63		8V-71	Empacador de Poder.	"
64	"Steward S"	5168888SAE-B	Adaptador Splínea.	"

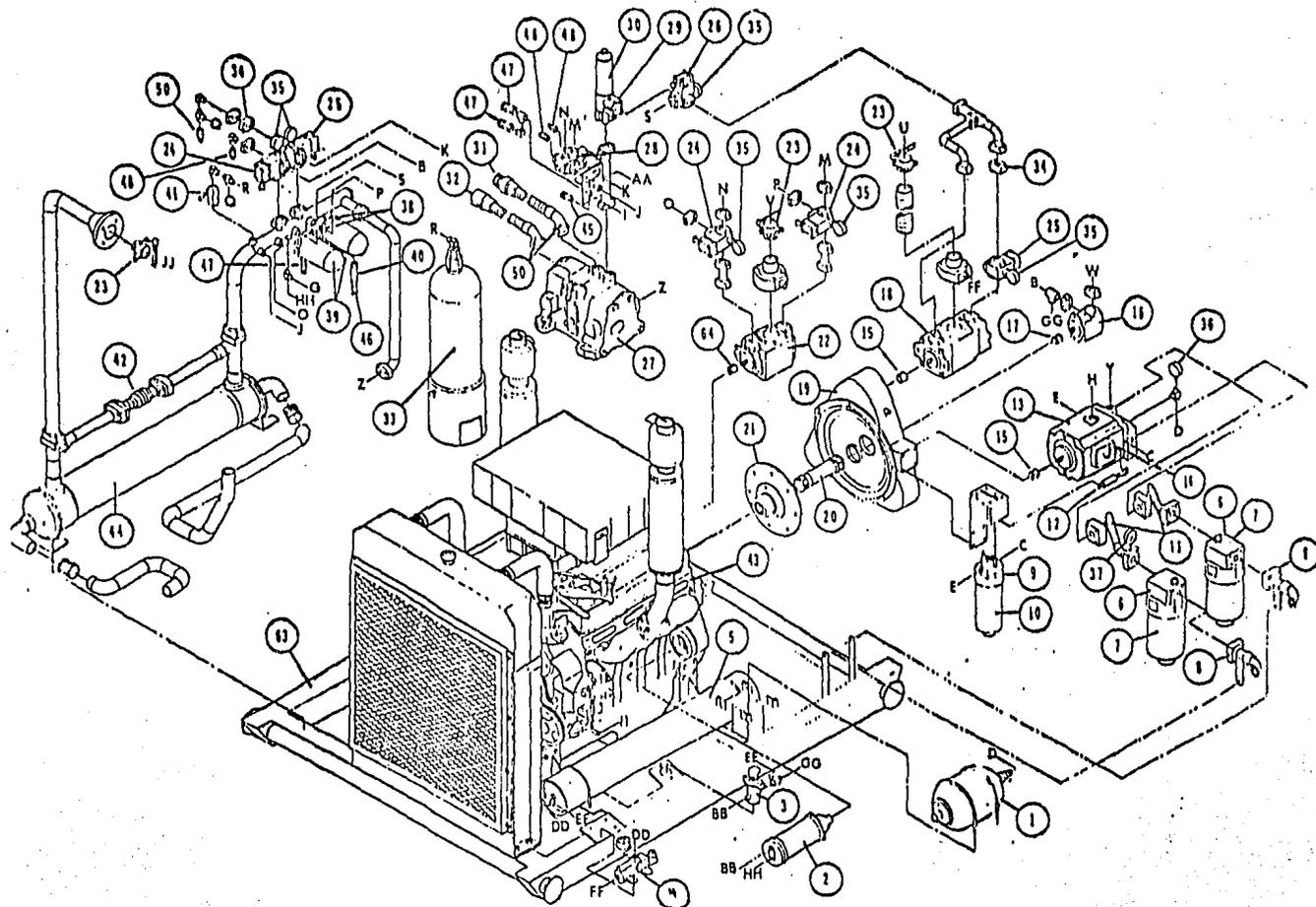


FIG.19\_SISTEMA HIDRAULICO GENERAL.

### b.1.- SISTEMA HIDRAULICO DE ALIMENTACION DE LOS MOTORES Y CILINDROS HIDRAULICOS DE LA CABEZA INYECTORA.

Para el desarrollo de estos sistemas, se explicará el flujo del fluido por las partes de esta sección y con un número o letra entre paréntesis para saber donde localizarlo tanto en el diagrama general como en el individual.

En este sistema la operación empieza desde el motor diesel(43) y que por medio de una transmisión(19), acoplada se encuentra la bomba hidráulica doble de alabes(18), con esta bomba se puede operar con presiones-- hasta de  $176 \text{ kg/cm}^2$ , fig. 20.

Este tipo de bomba tiene integrado un juego-- de válvulas, las cuales permiten el incremento o decremento de la presión sin que el motor diesel llegue a sobrecalentarse o a tener fallas mecánicas. La bomba se-- compone de dos secciones: La de suministro de presión-- media y la de suministro de presión alta.

A la salida de la bomba(18) hay una válvula-- de descarga que no deja pasar el fluido(si tiene presio-- nes mayores de los  $105 \text{ kg/cm}^2$ ) a la sección de presión-- alta, cuando exceden de este rango actúa relevando, ade-- mas tiene un manómetro(35) para conocer la presión que-- se maneja.

El flujo continua por una válvula de reten--- ción de fluido(34) que no permite que se regrese al cir-- cuito, sino que continúe hacia el múltiple de descarga. Este múltiple va conectado a una válvula relevadora de-- presión(26) con su manómetro(35). La válvula libera el-

fluido cuando excede de  $176 \text{ kg/cm}^2$ , descargandolo al tanque y regulando la presión a que fué calibrada.

La válvula relevadora tiene dos salidas; La salida lateral(S) va al múltiple de descarga pasando por un filtro(39) y llegando a una válvula de aguja que regula la presión entre 7 y  $211 \text{ kg/cm}^2$ , tambien regula la velocidad de los motores hidráulicos por depresión debido al desalojo de fluido. De la válvula de aguja se llega al tablero de control.

La segunda salida(L) de la válvula relevadora pasa por un filtro de presión de aceite(29) y por su elemento(30), para llegar a una válvula selectora(28) y continuar a una válvula de control direccional(27). Dicha válvula tiene tres salidas, dos de ellas(50) suministran el fluido a los motores hidráulicos de la cabeza inyectora. La tercer salida(Z) va al tablero de control y sirve para efectuar los cambios de dirección de las cadenas por medio del desplazamiento de l émbolo que desvía el fluido de una manguera a otra y eso implica el cambio de rotación de los motores.

El fluido entra a la bomba(18) por medio de una válvula de mariposa(23); la bomba tiene una brida con salida lateral(FF) para el suministro de la bomba manual(4) del sistema de arranque del motor diesel.

## b.2.- SISTEMA HIDRAULICO DE ALIMENTACION DEL MOTOR HIDRAULICO DE LA BOMBA TRIPLEX.

La bomba hidráulica(13) tiene adaptador(15) y

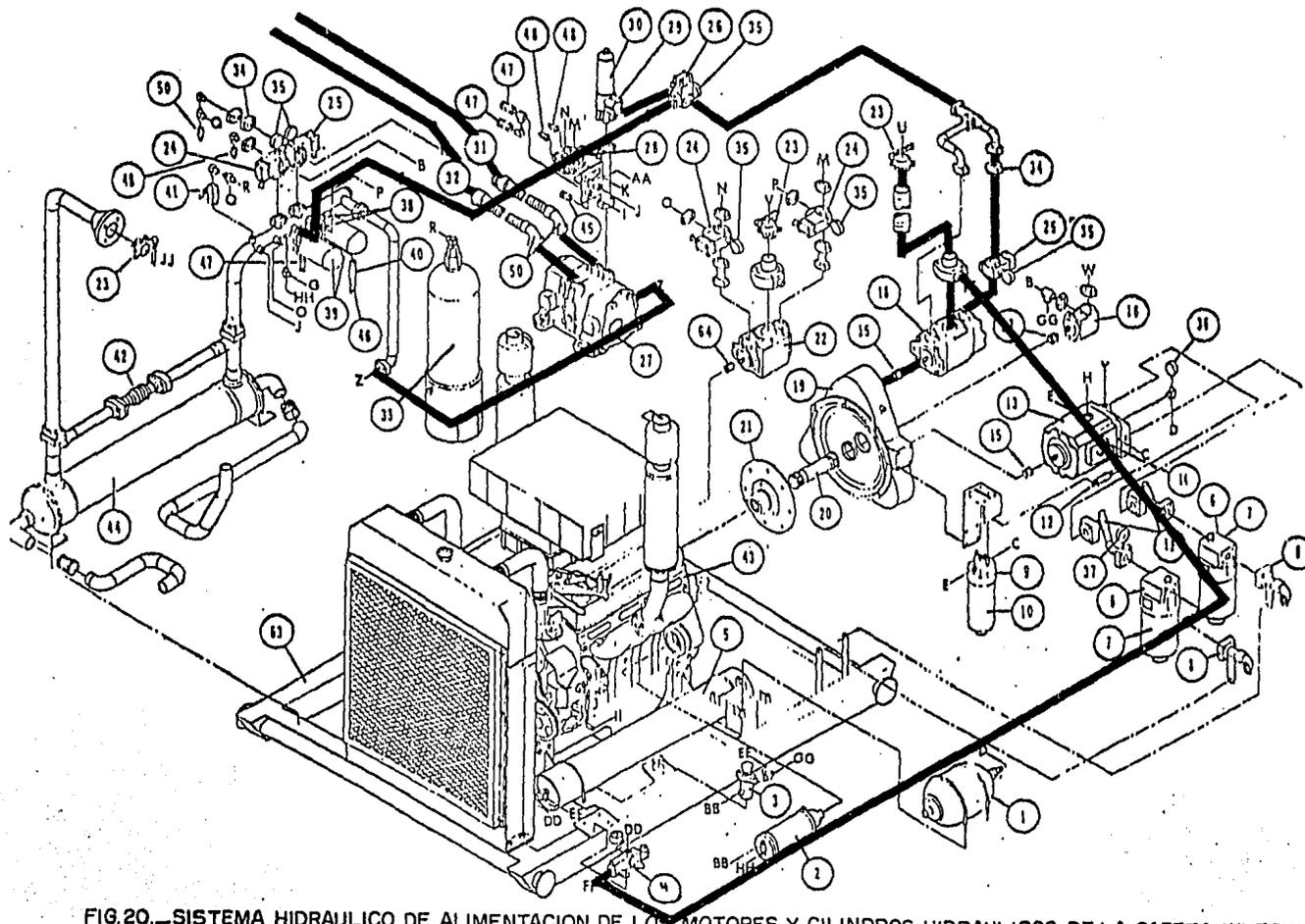


FIG.20.—SISTEMA HIDRAULICO DE ALIMENTACION DE LOS MOTORES Y CILINDROS HIDRAULICOS DE LA CABEZA INYECTORA.

maneja como máximo un gasto de 95 l/min a 3000 RPM con 352 kg/cm<sup>2</sup> y como mínimo maneja 53 l/min a 3000 RPM con 14 kg/cm<sup>2</sup>. La bomba trabaja a base de pistones con movimiento axial y tiene integrado un servomecánismo que es accionado por un cilindro neumático(22), este cilindro se opera por medio de una válvula neumática desde el tablero de control, la válvula desplaza el vástago del cilindro y acciona el servomecánismo con lo cual se----- cambian las condiciones del fluido.

En la tapa posterior hay una válvula integrada con salida(C) y una entrada(E) que va a un filtro(9y 10). La salida(C) da a una "T" que contiene un manómetro(36) y del otro lado va hacia el acumulador de presión(1).

La bomba tiene dos salidas para suministro del motor de la bomba triplex recíprocante, estas van a un filtro(6y7) y al manómetro(37), además tiene una brida y salidas al motor.

El suministro de fluido a la bomba es por la parte superior(H) y (Y), fig.21.

### b.3.- SISTEMA HIDRAULICO DE ALIMENTACION DE LOS MOTORES DE LOS CARRETES DE TUBERIA FLEXIBLE.

Se compone de una bomba hidráulica doble(22), que por la parte superior por medio de una válvula de mariposa(23), se le suministra el fluido. Esta bomba--- contiene dos descargas donde cada una de ellas contiene una válvula de relevo(24) que se regulan de acuerdo a la presión necesaria, las válvulas tienen dos salidas(0

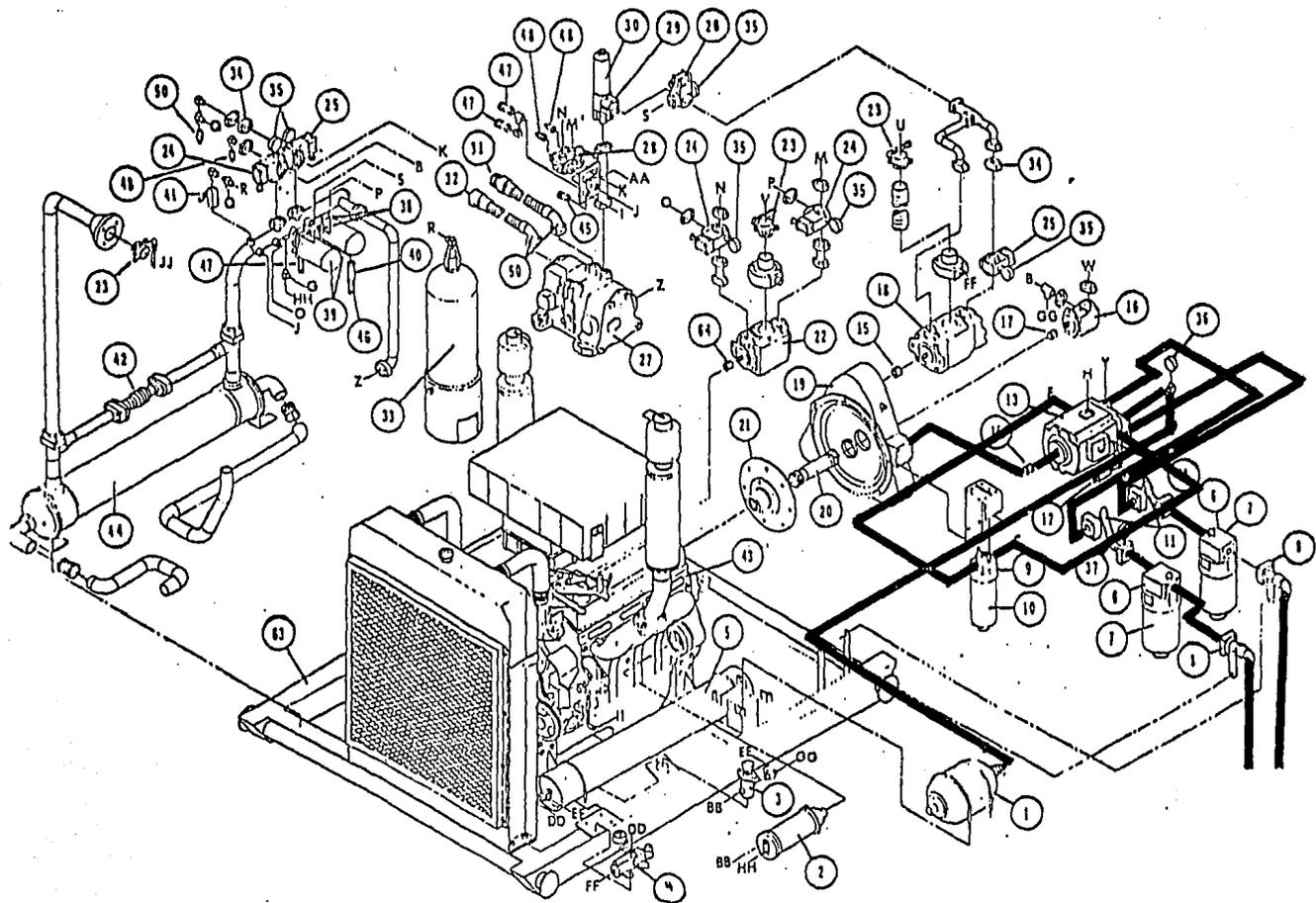


FIG.21...SISTEMA HIDRAULICO DE ALIMENTACION DEL MOTOR HIDRAULICO DE LA BOMBA RECIPROCANTE.

y P) que dan al múltiple de descarga y enfriamiento respectivamente, fig.22.

Las válvulas llevan descargas(M y N) que llegan a una válvula selectora que tiene tres descargas en donde dos de ellas son de conexión rápida(48) y la otra descarga(K) va a una válvula de descarga con manómetro. La bomba tiene una salida hacia el cilindro de precarga (33) y por el otro extremo una salida con brida(50).

#### b.4.- SISTEMA HIDRAULICO DE ALIMENTACION DEL CILINDRO DE PRECARGA DEL SISTEMA DE ARRANQUE.

Este sistema esta provisto para operar manualmente o auxiliado por una bomba hidráulica(16), en la que el fluido entra por la parte superior(W), fig.23.

La bomba tiene salida a una "T"(B), en la cual por un lado continua el fluido a una válvula de relevo(25), esta válvula se ajusta a la presión de trabajo y cuenta con dos salidas, donde una de ellas releva la presión a la que fué ajustada y dar al múltiple de descarga y la otra salida alimenta a una unión rápida.

El otro lado de la "T"(B) da a la línea(GG) que conduce el fluido a la válvula de pie de acción rápida(3), pero tambien abastece a la "T"(EE) que se encuentra colocada en el cilindro de precarga(5). La entrada de la "T"(EE-DD) llega a la bomba manual(4); a esta bomba el fluido es suministrado por la línea(FF) que viene de la brida de la bomba hidráulica(18).

La válvula de pie(3) tiene una descarga(BB) que va al arrancador hidráulico(2), de donde se conti--

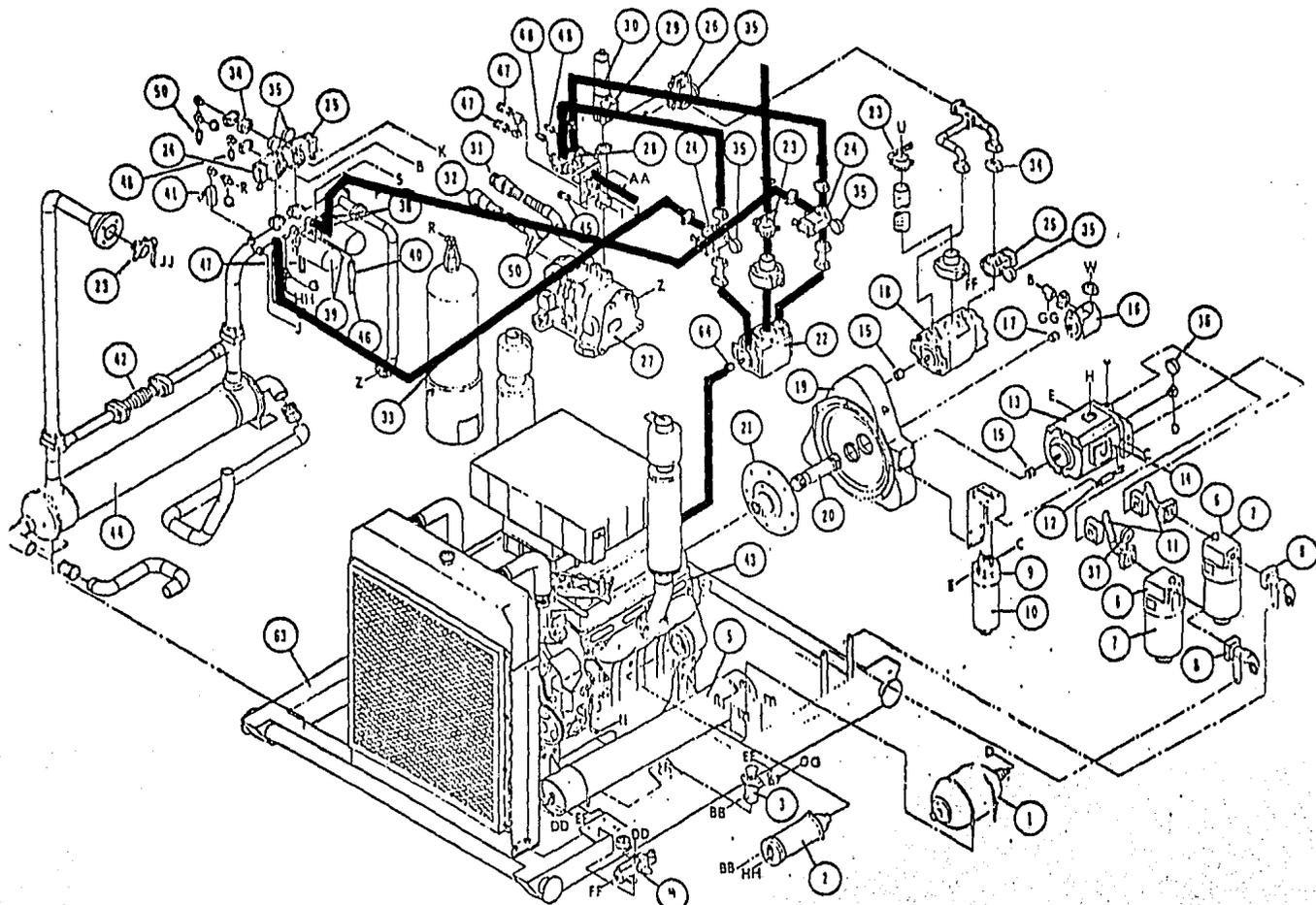


FIG. 22.-SISTEMA HIDRAULICO DE ALIMENTACION DE LOS MOTORES DEL CARRETE.

nua al múltiple de descarga y enfriamiento(HH).

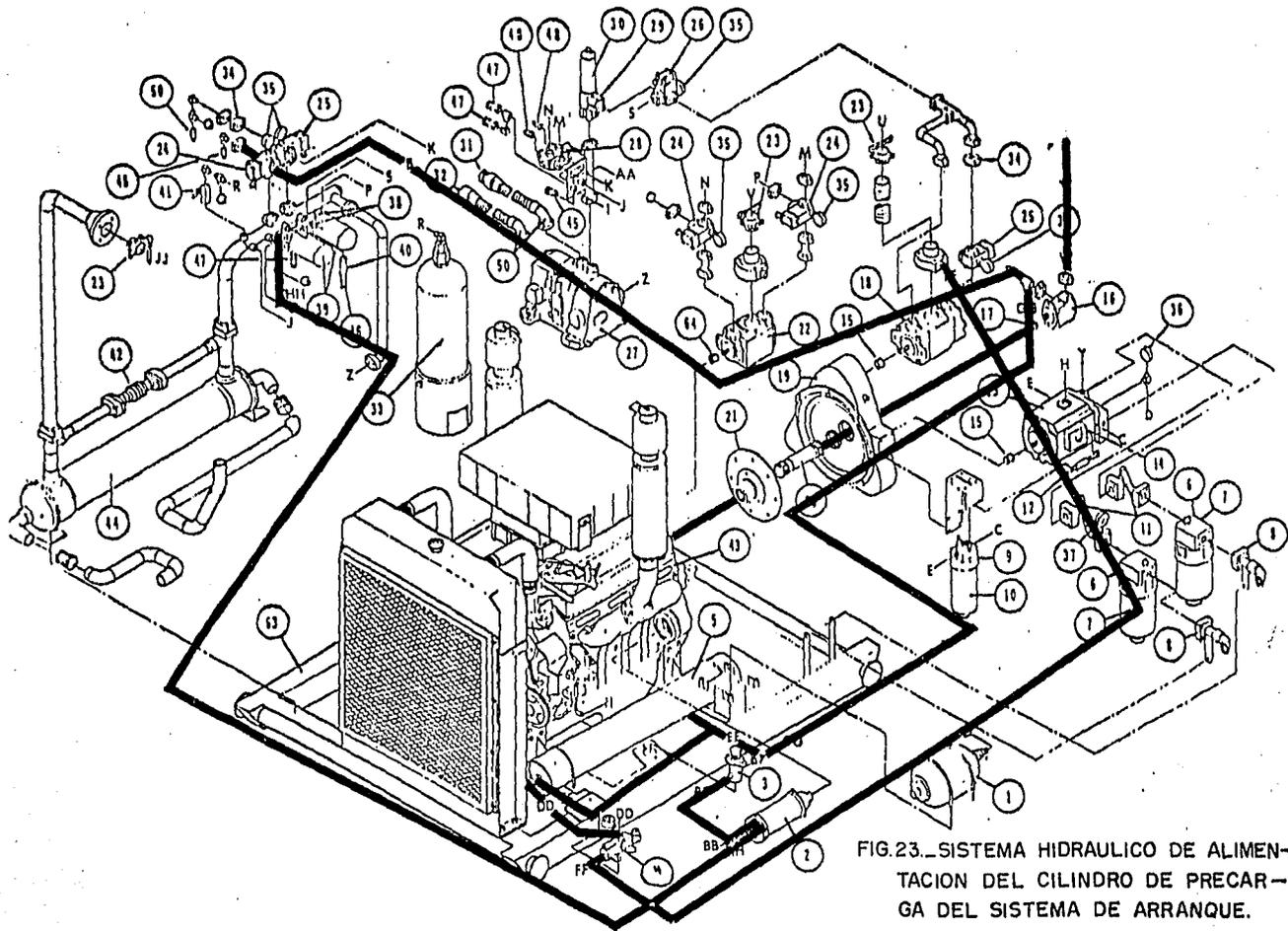


FIG.23. SISTEMA HIDRAULICO DE ALIMENTACION DEL CILINDRO DE PRECARGA DEL SISTEMA DE ARRANQUE.

#### II.2.4.- CARRETE DE TUBERIA FLEXIBLE.

El malacate es accionado por dos motores hidráulicos(1 y 37), estos operan en paralelo y proporcionan el movimiento al carrete como a la guía de la tubería que permite acomodarla y evitar el traslape. Estos movimientos se transmiten por medio de catarinas y cadenas que contienen un dispositivo para frenar el carrete y evitar el desenrollado de la tubería. Todo este sistema esta montado sobre una base estructural.

El malacate no tiene la suficiente potencia para introducir o sacar la tubería, ya que esta operación se realiza con la cabeza inyectora.

Este carrete puede almacenar 7500 metros de tubería de 2.54 cm de diámetro, fig.24.

#### c.1.- SISTEMA IMPULSOR PRIMARIO DEL CARRETE.

Con auxilio de la fig. 25, se observa que la potencia es suministrada por el motor hidráulico(1). El fluido llega por medio de mangueras de conexión rápida(8) a la "T"(13) que tiene una salida directa al motor(1) y la otra salida va a una válvula de relevo ajustable(1), que releva la presión cuando se excede del límite de ajuste. El fluido continua por una válvula retenedora de flujo(5) y a una "T"(13) para después pasar al motor, en donde desaloja el fluido si es que opera en un sentido o lo admite cuando opera en sentido contrario.

La catarina(12) de 126 eslabones de cadena de roles sencilla acoplada al motor(1), se une a la catari

na(75), que se encuentra acoplada por tornillos a los rayos del carrete.

## c.2.- FLECHA PRINCIPAL DEL CARRETE Y SISTEMA GIRATORIO.

En la fig.26, la flecha principal(37) está montada en chumaceras(69) y su interior es hueco, lo que permite que por uno de sus extremos y por medio de un sistema giratorio pase el fluido que se maneja en la tubería flexible.

Dentro del carrete se encuentra la válvula macho(58), donde por uno de sus extremos se conecta a la flecha y por el otro lado se conecta a la parte inicial de la tubería. Esta válvula aísla las presiones que se encuentran en el interior de la tubería cuando opera dentro del pozo.

En el extremo de la flecha se encuentra una unión giratoria(61) para soportar  $352 \text{ kg/cm}^2$  y en seguida otra unión giratoria que soporta(59)  $422 \text{ kg/cm}^2$ , esta llega a una "T"(66). En una de las salidas de la "T" se encuentra un retenedor de presión(63) y en la otra salida una válvula macho(70) que se comunica a otra "T"(73) la cual contiene dos salidas donde ambas tienen uniones de golpe(72) de 2.54 cm de diámetro.

Entre la chumacera(69) y el extremo de la flecha, se encuentra una catarina(31) que acciona por medio de una cadena de roles sencilla(ASA-80), esta cadena contiene otra catarina tensora(30) y una catarina(26) que se acopla al tren de catarinas. El cual tiene movimiento debido al motor hidráulico secundario que opera en paralelo con el motor primario(1).

### c.3.- SISTEMA IMPULSOR SECUNDARIO DEL CARRETE.

En el sistema de la fig.27, se observa que es accionado por el motor hidráulico(37), además contiene conexiones rápidas(78 y 79) tanto en la admisión como en la descarga. Acoplada al motor(37) esta la catarina(23) que con una cadena de roles sencilla(ASA-50) impulsa el tren de catarinas. La impulsadora doble(20) mueve por medio de una cadena de roles sencilla(ASA-80) a la catarina(16) que hace girar la barra devanadora(43) que se encuentra apoyada en chumaceras.

El tren de catarinas tiene dos espaciadores-- (24 y 25) y una catarina(26) que trasmite el movimiento por medio de una cadena de roles sencilla(ASA-80) a la catarina(31) que es la impulsadora de la flecha principal del carrete de tubería.

### c.4.- SISTEMA DEVANADOR DEL CARRETE.

El motor(37) mueve la barra devanadora que--- contiene una cuerda especial que al rotar desplaza el yugo(39) que se encuentra dentro de la caja gufa(40),-- esta se desplaza sobre la barra(43). La caja tiene en su parte superior una tapa con solera que se inserta en la tapa inferior del tren gufa.

Este tren esta compuesto por cuatro roles(45) y se desplaza sobre un perfil tubular cuadrado de la estructura del malacate, además aloja un mecanismo que--- conjunta la gufa de la tubería a través de una funda tubular con un rol(48) por donde se deslizará la tubería flexible, fig.28.

### c.5.- SISTEMA NEUMATICO DE FRENOS.

Este sistema frena al carrete de la tubería flexible evitando que cuando las unidades motrices estén fuera de operación se desliza la tubería al interior del pozo. Cuenta con un actuador neumático(33) y un dispositivo de disco que contiene un juego de balanzas(34) que se amarran a la ceja del carrete, fig.29.

### c.6.- CARRETE CONICO.

El carrete cónico es un componente auxiliar, que sirve para enredar la tubería flexible para su revisión, o sea, cuando la tubería sale dañada de alguna operación que realizó, se desenrolla totalmente del carrete normal y se enreda en el carrete cónico, para después volver hacer la operación inversa, esto es lentamente con la finalidad de revisar cuidadosamente la tubería y detectar los daños que pueda tener, los cuales se deshechan cortando el tramo de tubería y soldandola después. El carrete mide aproximadamente 2.5 metros de diámetro y pesa 1500 kg, fig.30.

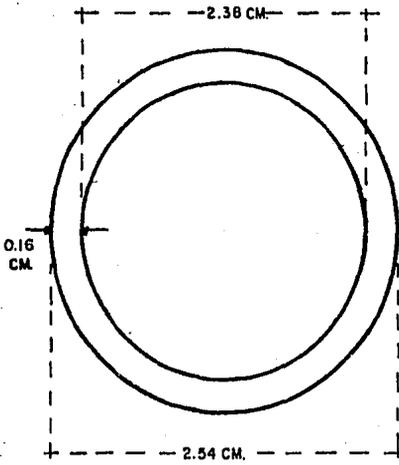
### c.7.- TUBERIA FLEXIBLE.

La tubería flexible es un tubo de acero delgado que tiene un diámetro de 2.54 cm a 3.175 cm de diámetro exterior. Esta tubería tiene la ventaja de que se puede enrollar sin llegar a deformarse, debido a la flexibilidad que tiene el material con que está contruida; fig.31.

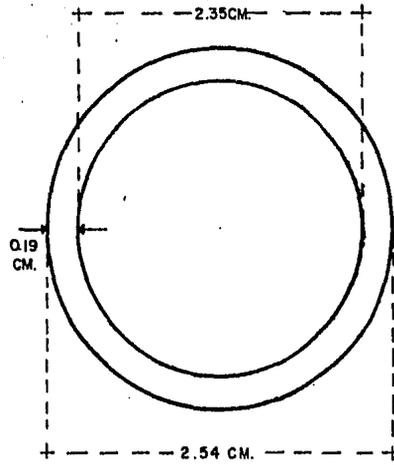
En las operaciones la tubería flexible puede ser acondicionada, o sea, quedar bicelada en forma de punta de 45°, en la punta se le da forma cónica redondeada. También se le puede acondicionar para que trabaje con el Dyna Drill (Turbobarrena) o un Jet (Eyector).

Las especificaciones de la tubería son:

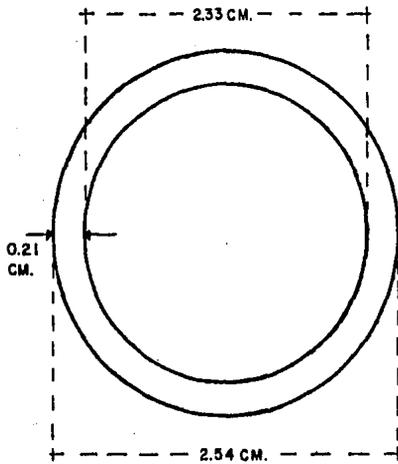
DATOS.	STANDARD.	SEMI-REFORZADA	REFORZADA
Espesor de Pared.	0.16 cm	0.19 cm	0.21 cm
Diámetro Interior.	2.380 cm	2.35 cm	2.33 cm
Peso (kg/m).	0.94	1.13	1.21
Capacidad (l) 30.48 metros	12.11	11.56	11.
Desplazamiento (l) 30.48 metros	3.65	4.11	4.54
Presión Máxima de Trabajo (kg/cm <sup>2</sup> ) (350 kg/cm <sup>2</sup> práctica).	514 (Teórica)	620 (Teórica)	676 (Teórica)
Resistencia a la Tensión. (kg)	704 (Práctico) 900 (Teórico)	820 (Práctico) 1027 (Teórico)	900 (Práctico) 1161 (Teórico)



TUBERIA STANDAR



TUBERIA SEMIREFORZADA



TUBERIA REFORZADA

FIG. 31.— TUBERIA FLEXIBLE.

## CARRETE DE TUBERIA FLEXIBLE.

LOC.	MARCA.	DESCRIPCION.	CANT.
1	"Ross"	MAB-24-005 Motor Hidráulico con Modificador.	1
2	"Snaptite"	VHC-12-12F Conexión Rápida	2
3		3.175*2.54cm Reductor de Arbusto	1
4	"Aeroquip"	2024-12-14S M.Tubo-MJIC.Codo de90'	1
5	"Circle Seal"	249B-6PP Válvula de Prueba	1
6	"Flodar"	PF20-12 M.Tubo-M.Tubo-Codo 90'	2
7	"Denison"	R4V06-5A3-A1 Válvula de Descarga	1
8	"Snaptite"	VHN-12-12F Conexión Rápida	1
9	"Aeroquip"	202702-12-16S M.JIC-MO-Anillo Derecho	1
10	" " " " "	2062-12-16S M.JIC-MO-Anillo,Codo 90'	1
11		1.27cm diám. Doble Manguera Trensa	2
12		Rueda Semidentada Soldada	1
13	"Flodar"	PF31-16 TE-Hembra de Tubería	2
14		Acceso Convertible	1
15	"Dodge"	SC-3.38cm diám.Pestañas de Perno Grande	2
16		Rueda Semidentada Modificada	1
17	"Dodge"	SC-2.86cm diám Pestañas de Perno Grande	2
18		ASA-80 Cadena de Rol Sencilla	p/r
19		ASA-80 Eslabón Maestro Sencillo.	2
20		Rueda Semidentada Soldada	1
21		ASA-50 Cadena de Rol Sencilla	1
22		ASA-50 Eslabón Maestro Sencillo	1

## CONTINUACION: CARRETE

23	"Martin"	50BS15	2.54cm diám. Rueda Semidentada	1
24			Espacio	1
25			Torque Modificado Limitado	1
26			Rueda Semidentada Modificada del Embrague	1
27			Girador de Flecha	1
28			Torque Modificado Limitado	1
29	"Browing"	DATQ	Ajustador	1
30	" " " "	HB80A12	1.90cm diám. Rueda Semidentada	1
31			Manejo de Rueda Semidentada Soldada	1
32			Flecha del Carrete	1
33	"Horton"	9335-BD	Freno de Aire	1
34	" " " "	9340	Almohadilla Sustituible del freno	1
35			Guarda Coche	1
36			Porta Tirón	2
37	"Ross"	MAC-16-001	Motor Hidráulico	1
38			Espacio	1
39			Acoplamiento	1
40			Ensamble del Cuello	1
41			Soporte para Montar el Cuello	1
42			Collar	2
43			Tornillo Gufa de Diamante, 3.1cm Elevación	1
44			Plato Soldado del Rol	2
45			Rol	4
46			Rol de la Flecha	4

## CONTINUACION: CARRETE

47	"Nice"	761206	Portabola	4
48			Rol Superior de la tubería	1
49			Ensamble de Guía Externa del Tubo	1
50			Rol Inferior de la Tubería	1
51			Guía Interior Soldada del Tubo	1
52			Tapón de Drene de 1.27cm de diám.	1
53		Sch.160-2.54*3.81cm.NPT.	Aguja	2
54	"Weco"	3205681	Unión de Martillo-2.54cm NPT.	1
55			2.54cm-NPT-Codo 90', Macho Hembra-Clase 6000	1
56			2.54cm-NPT-Codo 90', Hembra Clase 6000	1
57		Sch-160	2.54*17.78cm-NPT-Tubo de Aguja	1
58	"Halliburton"	9.1235	Válvula de Tapón	1
59	"Chiksan"	5Tyle50"	3.175cm diám. Girador número 6000	1
60			2.54*7.22cm.NPT-Tubo de Aguja	1
61			Girador de 3.175cm de diám. y 352 kg/cm	1
62		Sch-160	3.175cm diám.NPT-Tubo de Aguja.	1
63	"Martin-Decker"	E-17-152	Remitente de Presión	1
64			3.81*2.54cm diám. Arbus-to de Reductor	1
65		Sch-160	2.54*12.70cm-NPT-Tubo de Aguja	1
66			2.54cm diám. TE Hembra Clase 6000	1

## CONTINUACION: CARRETE

67			3.17*2.54cm diám.NPT Arbus- to Reductor	1
68		Sch-160	2.54*13.97cm diám.NPT-Tubo de Aguja	1
69	"Seal-Master"	MSC-64	Portador Tipo Cartucho	2
70	"Halliburton"	9.1235	Válvula de Tapón	1
71		Sch-160	2.54*10.16cm diám.NPT-Tu- bo de Aguja	3
72	"Weco"	3205681	Unión Martillo-2.54cmNPT	2
73			2.54cm-NPT-TE-Hembra, Clase 6000	1
74			Soporte de la Instalación de Apoyo	1
75			Rueda Semidentada Modifica- da	1
76		ASA-120	Rol de Cadena Rivetted	a/r
77		ASA-120	Eslabón Maestro Sencillo	1
78	"Snaptite"	VHN-8-8F	Conexión Rápida	1
79	" " " " "	VHC-8-8F	Conexión Rápida	1
80	"Sierra"	NW-3024	Cilindro Hidráulico	1
81			Cilindro Montado en el Soporte	1

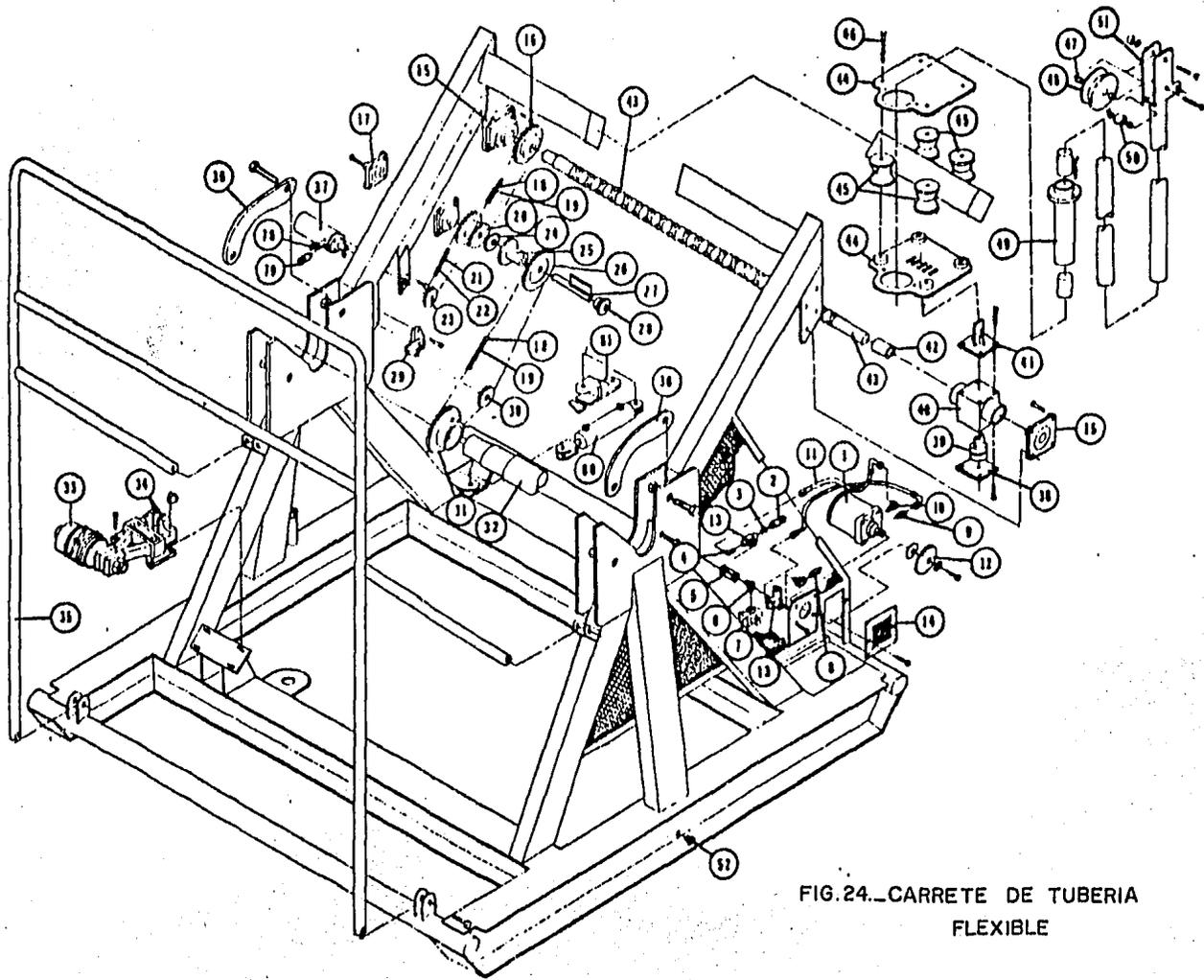


FIG.24.-CARRETE DE TUBERIA  
FLEXIBLE

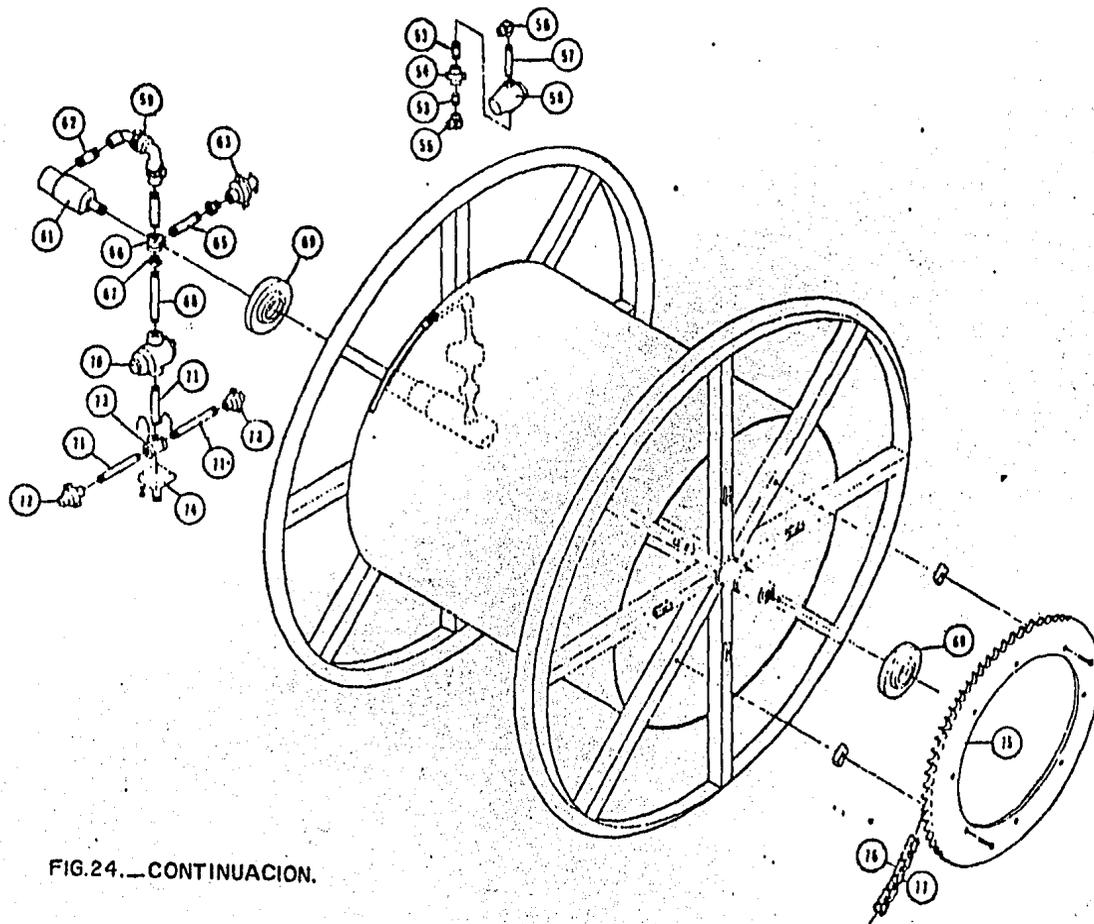


FIG.24.—CONTINUACION.

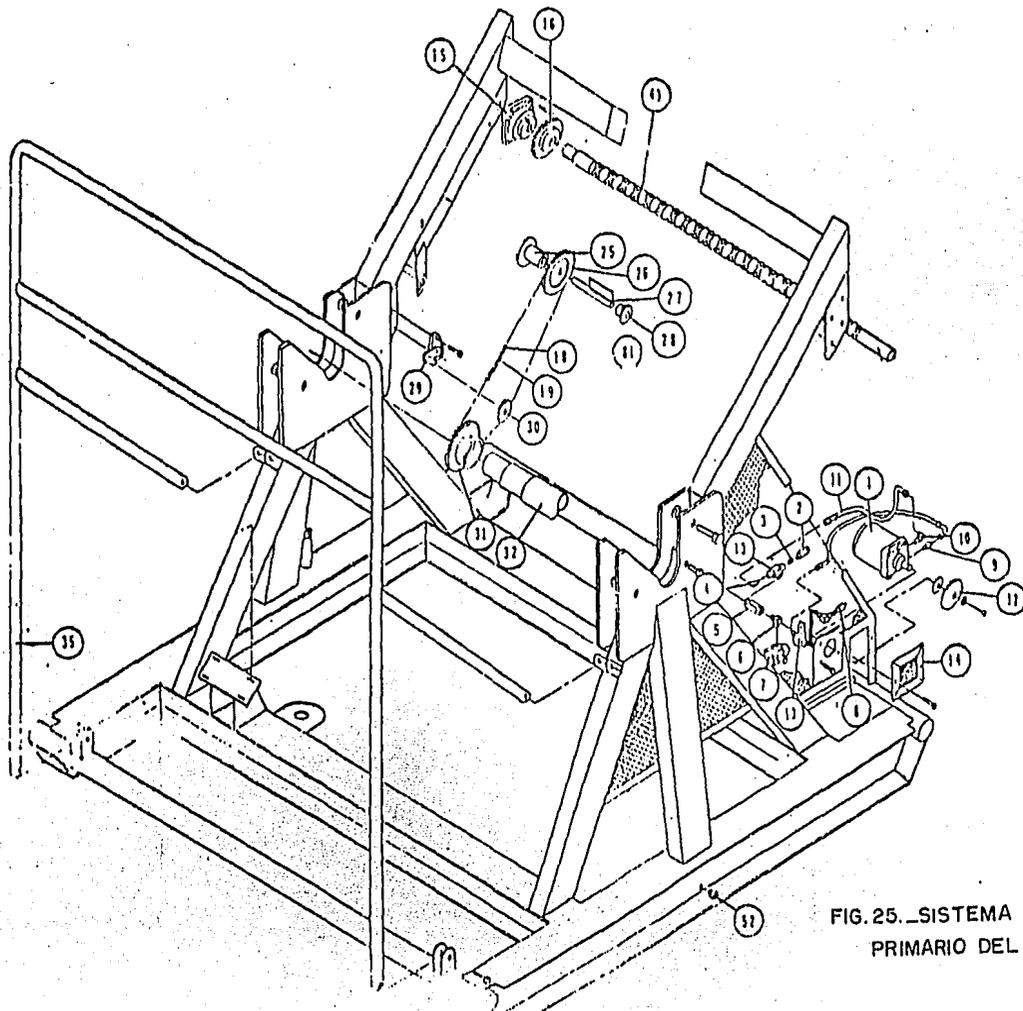


FIG. 25. SISTEMA IMPULSOR PRIMARIO DEL CARRETE.

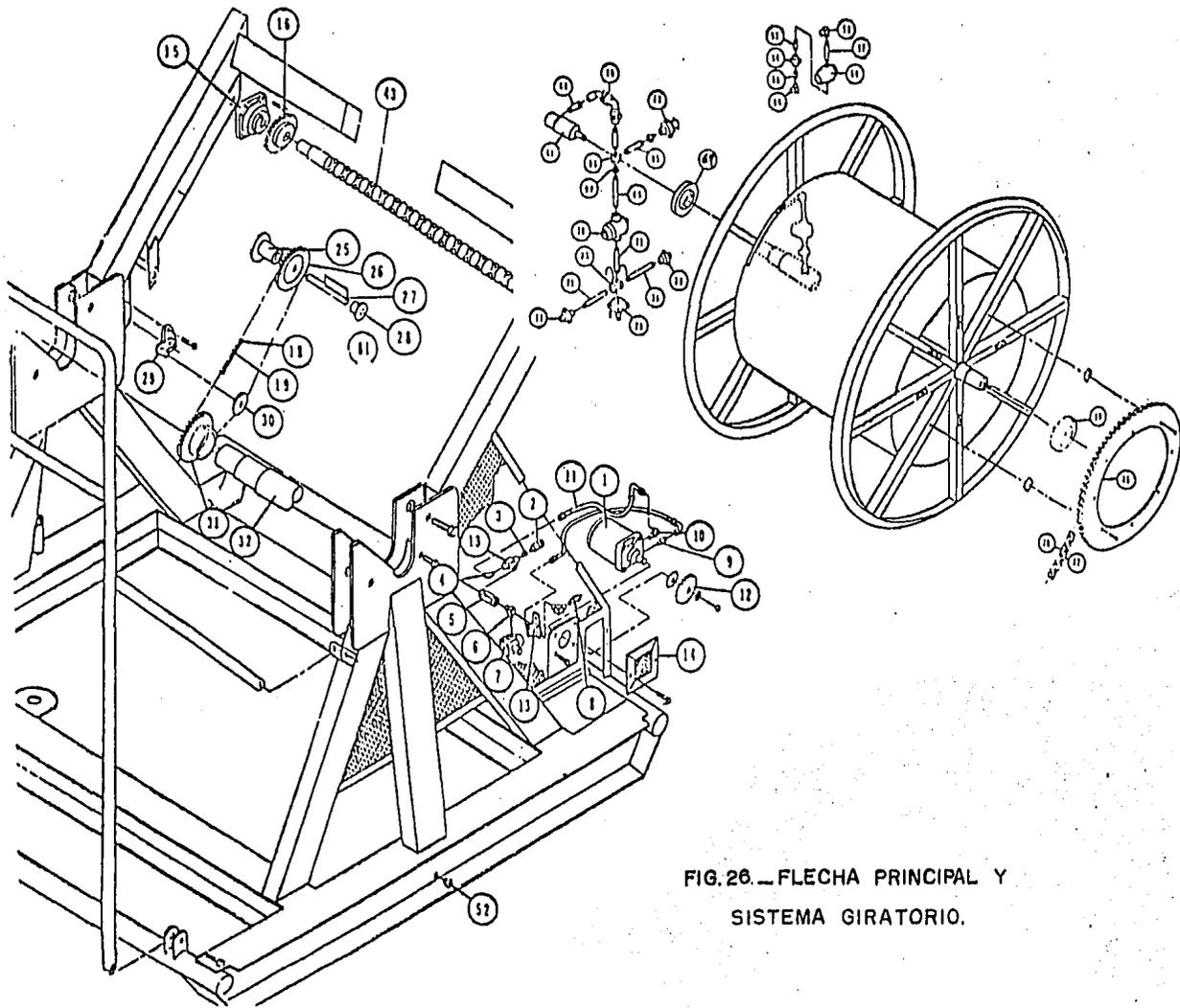


FIG. 26. — FLECHA PRINCIPAL Y SISTEMA GIRATORIO.

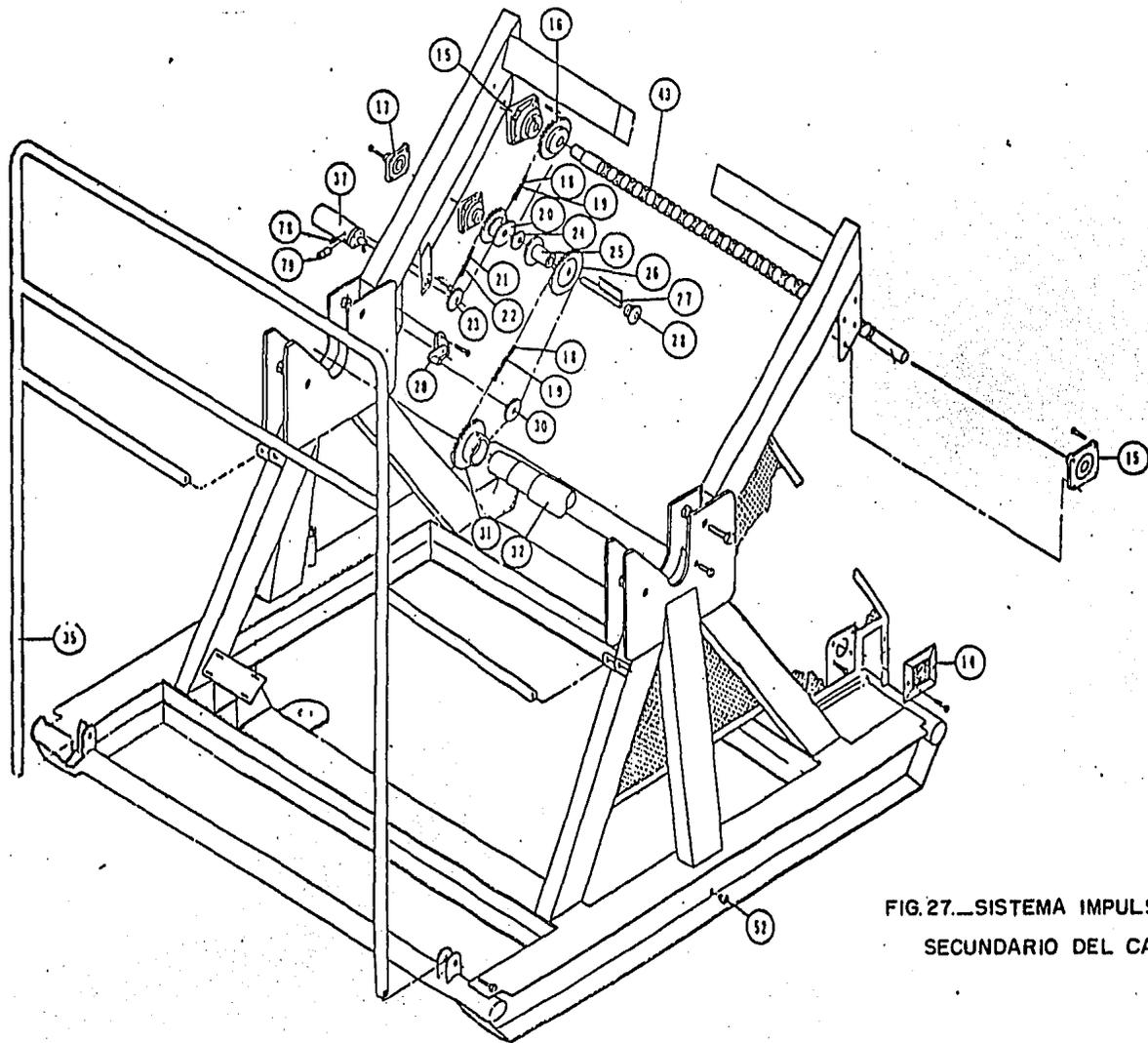


FIG. 27...SISTEMA IMPULSOR  
SECUNDARIO DEL CARRETE.

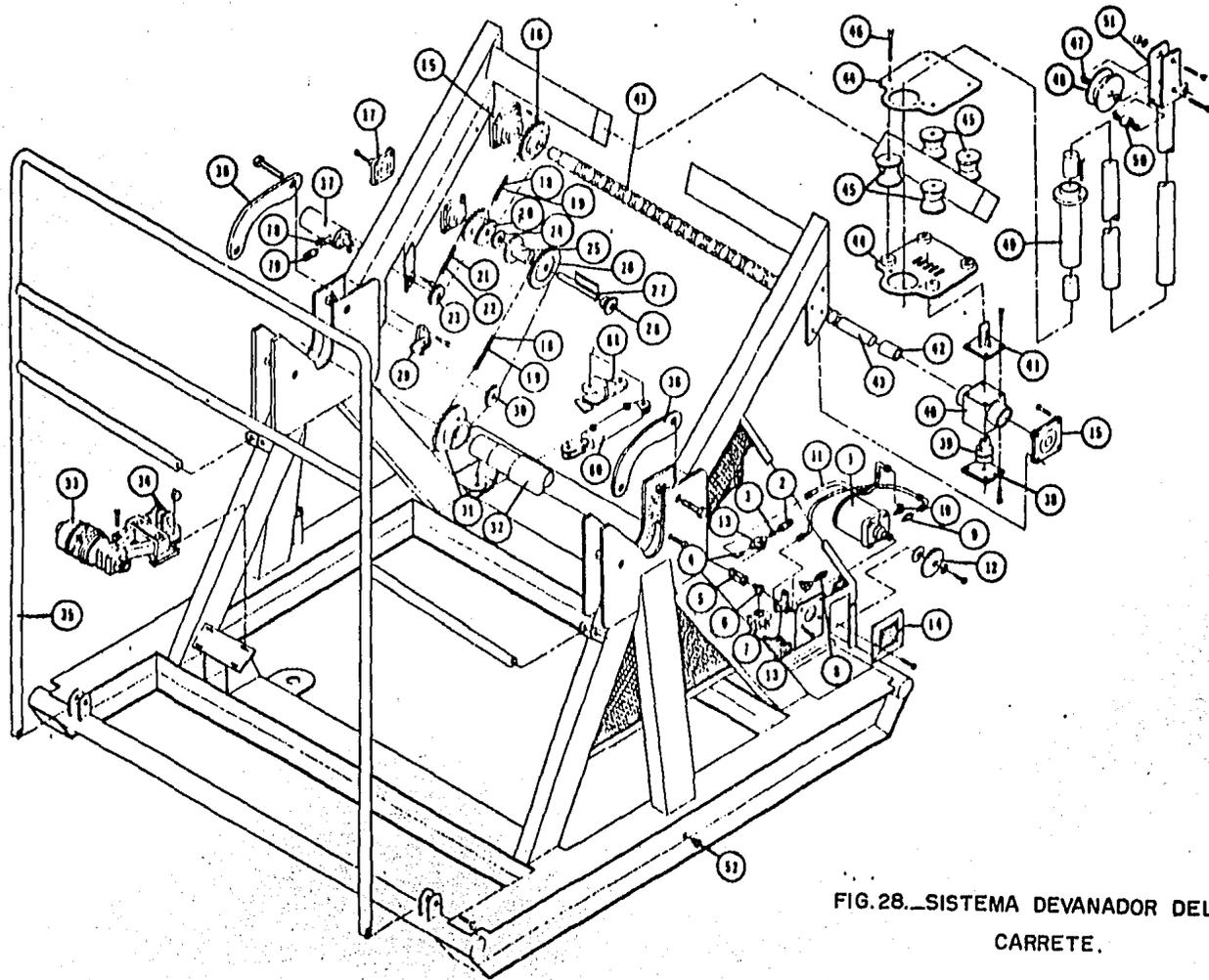


FIG. 28. SISTEMA DEVANADOR DEL CARRETE.

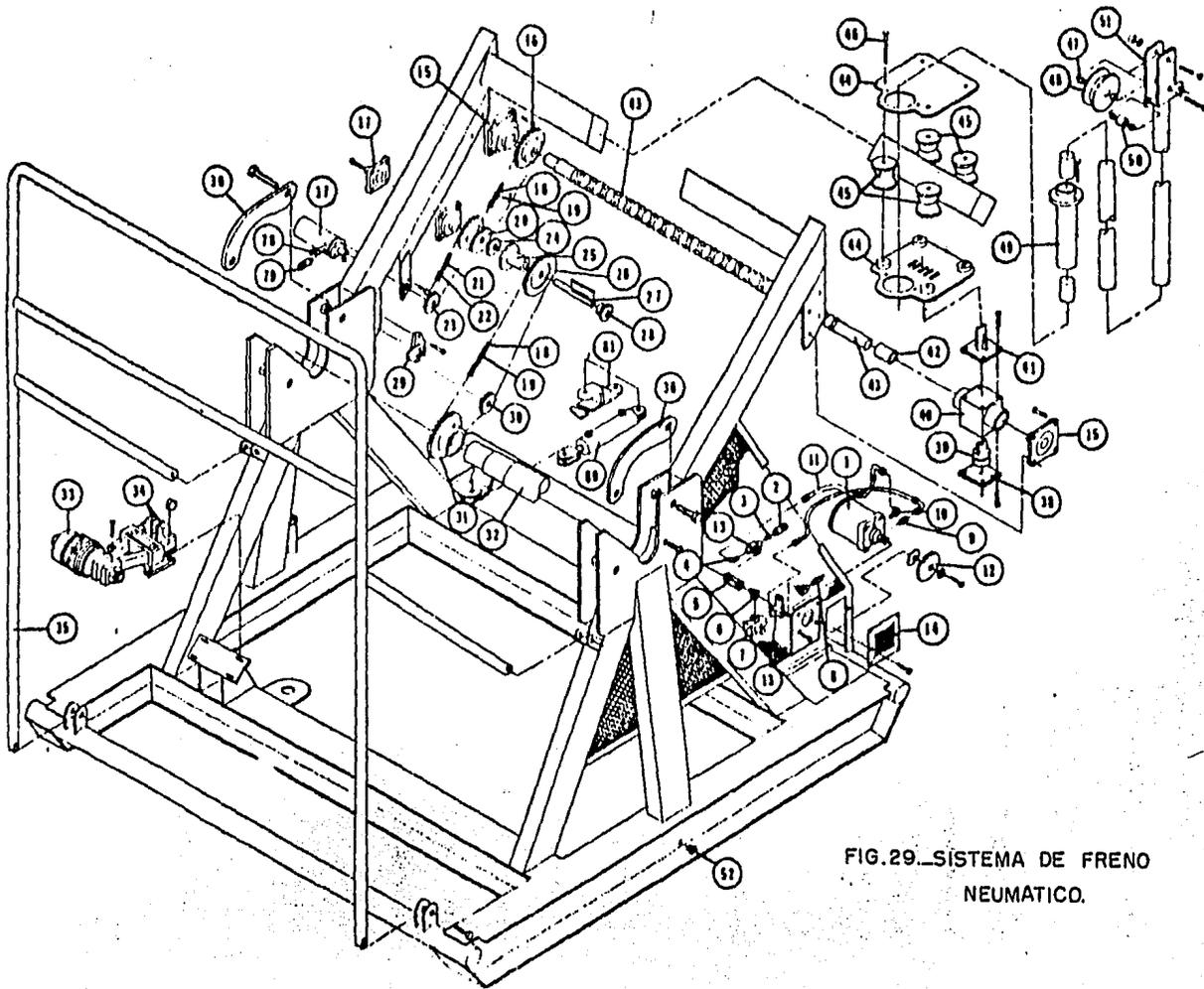


FIG. 29.-SISTEMA DE FRENO  
NEUMATICO.

## CARRETE AUXILIAR CONICO

LOC.	MARCA.	DESCRIPCION	CANT.
1			
2		Patin Soldado	s/c
3		Carrete Soldado	"
4		Guarda Cadena	"
5	"Ross"	MAB-24005 Motor Hidráulico Modificado	"
6	"Martin"	120C70 7.46cm diám. Rueda Dentada	"
7		Soporte del Motor MTG	"
8	"Fafnir"	RAKH-7.46cm diám. Almohada de Bloque	"
9		Perno Retenedor	"
10		Arandela Retenedora	"
11	"Martin"	120A10 Rueda Dentada Manejable	"
12	"Snaptite"	VHC-12-12F Conexión Rápida	"
13	" " " "	VHN-12-12F Conexión Rápida	"
14		ASA-120 Eslabón Maestro Sencillo	"

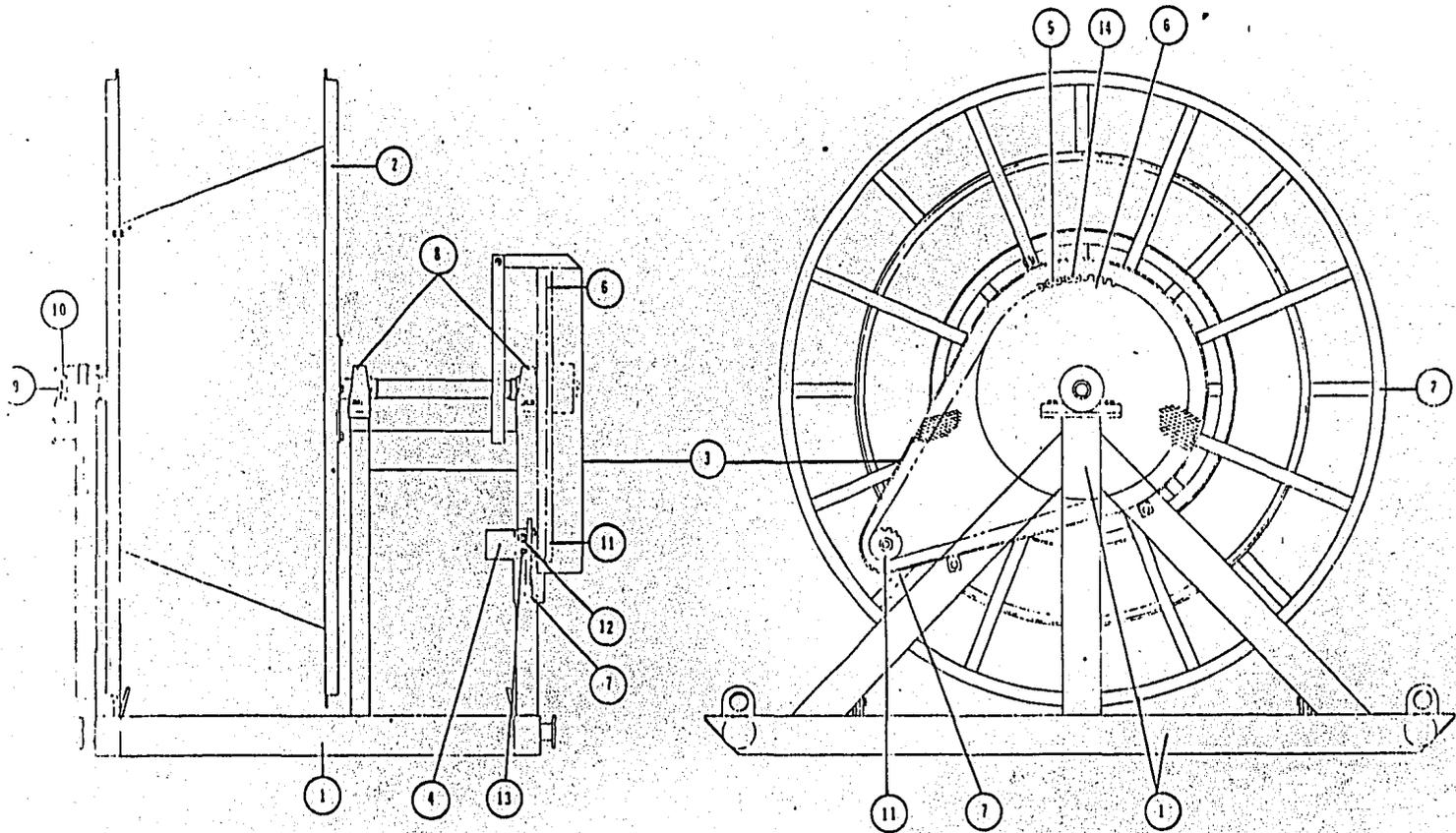


FIG. 30. \_CARRETE AUXILIAR CONICO.

### III.2.5.- BOMBA TRIPLEX RECIPROCANTE.

Esta bomba es un componente muy importante, ya que en operaciones de limpieza se puede bombear los fluidos sin necesidad de utilizar otra unidad auxiliar. Con la bomba se circula con una presión máxima de  $350 \text{ kg/cm}^2$ , esto es, primero el émbolo al succionar abre una válvula de admisión por donde entra el fluido para después ser expulsado cuando el pistón lo comprime y se abre una válvula de descarga. Después el fluido pasa por medio de conexiones a la Tubería Flexible.

La bomba triplex con potencia de acción directa, es movida a través de una transmisión por un motor hidráulico. Esta transmisión acciona una flecha que tiene un excéntrico que mueve alternativamente tres émbolos que están dentro de una camisa e integrados a una cuerpo hidráulico, el cual cuenta con un juego de válvulas de succión y descarga pulsante y eleva la presión del fluido que se maneja.

La bomba se opera directamente desde la consola del operador por medio de dos válvulas neumáticas. Con una de ellas se efectúan los cambios de velocidades y con la otra se controlan los cambios de presión y gas. Todos estos movimientos se efectúan por medio de servomecánismos que se encuentran en el paquete hidráulico, fig. 32.

Las especificaciones de la bomba son:

TRANSMISIÓN.	BOMBEO MAXIMO(RPM)	PRESION MAX.
1 <sup>o</sup> Engranaje	86	352 $\text{kg/cm}^2$
2 <sup>o</sup> Engranaje	152	277 $\text{kg/cm}^2$
3 <sup>o</sup> Engranaje	267	155 $\text{kg/cm}^2$

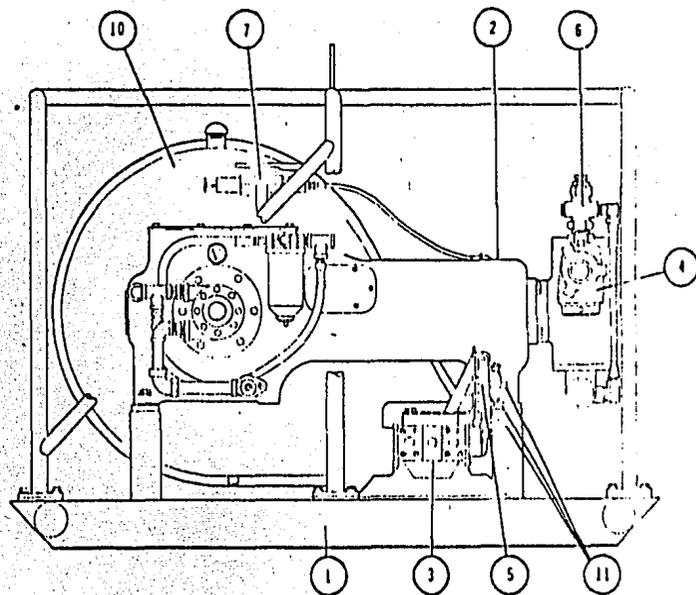
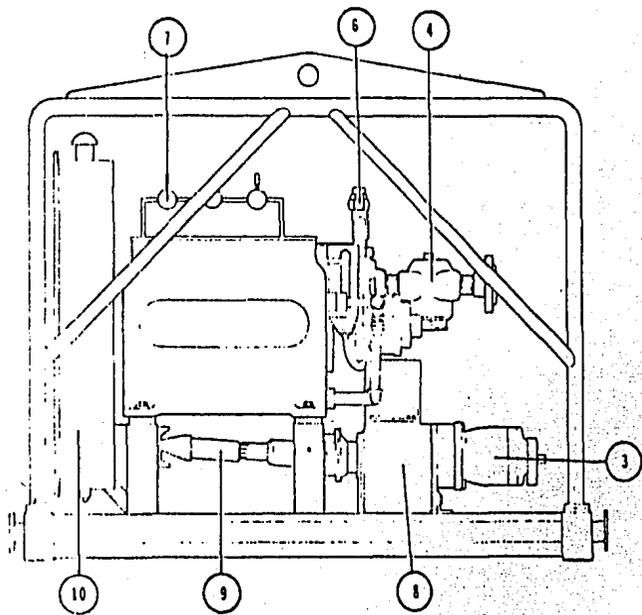


FIG. 32.\_BOMBA TRIPEX RECIPROCANTE.

### II.2.5.1.- SISTEMA IMPULSOR.

La bomba triplex tiene un motor acoplado a una transmisión de 4 velocidades, esta transmisión cuenta con dos actuadores neumáticos que permiten los cambios de velocidades. A la salida de la misma y acoplada a través de crucetas hay una flecha y en el otro extremo esta acoplado un eje montado sobre chumaceras. En el eje se encuentra una catarina triple para la cadena de roles de 114 eslabones que transmite el movimiento a otra catarina triple que se encuentra acoplada al eje principal de la bomba y se cuenta con una mirilla que permite ver el nivel del aceite de lubricación de las cadenas de la bomba.

### II.2.5.2.- SISTEMA MECANICO DE LA BOMBA.

La potencia es transmitida a través de la catarina triple a la flecha principal que se encuentra apoyada sobre chumaceras; la flecha aloja un juego de tres cilindros integrados excéntricos formando en conjunto un cigueñal.

Sobre las chumaceras operan tres bielas con sus respectivos metales y por el otro extremo a través de pernos se acoplan los émbolos que se desplazan sobre camisas integradas al cuerpo hidráulico.

En el otro extremo del émbolo hay un vástago con un disco, en el cual se aloja una grapa para acoplarse sobre otro disco contenido en el émbolo y que acciona los movimientos alternativamente dentro del cuerpo hidráulico. El vástago del émbolo está provisto de

un prensa-estopa con un juego de empaques de sección--- cuadrada y su prensa de tornillos, fig.33. El cuerpo me cánico se lubrica por medio de una bomba que esta aco-- plada a la flecha principal y que se acciona através de una leva que se encuentra sobre un eje excéntrico, la-- lubricación es por medio de una válvula de relevo, un-- filtro de aceite y líneas.

#### II.2.5.3.- SISTEMA HIDRAULICO.

El cuerpo hidráulico es de acero forjado y--- cuenta con seis nidos donde se alojan los asientos de-- las válvulas y tambien tiene seis tapas de inspección.- Las válvulas cuentan con inserto de hule que son soste-- nidos por un plato y un candado metálico. En la parte-- superior hay un resorte que esta apoyado sobre una tapa enroscable al asiento de la válvula, esta cuenta con u-- nas aletas para alta presión y fluidos gruesos. En este tipo la válvula de succión y descarga son iguales, pero la succión es por la parte inferior, fig.34. En el ex-- tremo donde se acopla el cuerpo hidráulico al cuerpo me cánico se encuentra el conjunto émbolo buzo; éste esta-- constituido por una camisa que en el extremo tiene una-- tapa que hace la función de prensa estopa roscable y en su interior una caja de empaques encamisados por donde-- se desplaza el émbolo, o sea, de la tuerca hacia aden-- tro esta el espaciador metálico, enseguida un juego de-- empaques, un espaciador de canasta que tiene en su cuer-- po una grasera, a continuación otro juego de empaques y finalmente un espaciador metálico.

Este tipo de empaques deberán ser colocados--

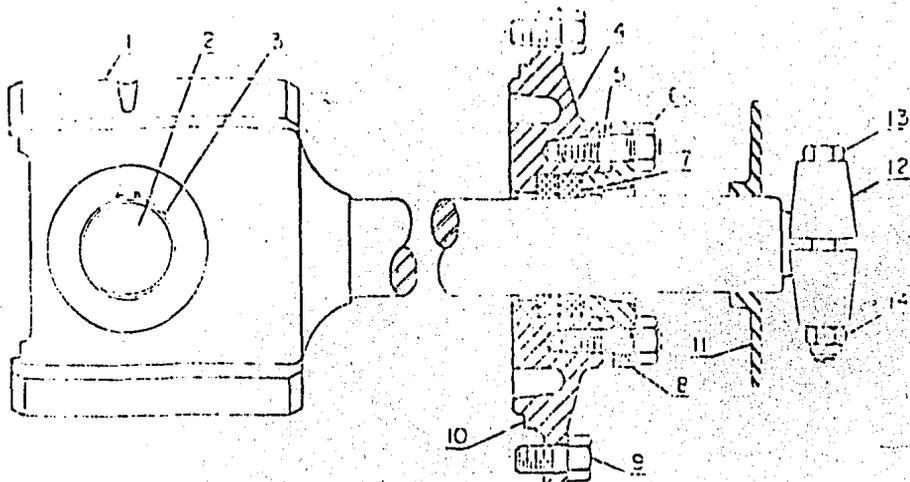


FIG. 33.- VASTAGO DE LA BOMBA.

LOC.	PARTE.	DESCRIPCION.	CANT.
1	20Q5050	Cruceta.	3
2	20Q5051	Broche.	3
3	65W19	Anillo Retenedor.	6
4	PE226A	Tope del Vástago.	3
5	79A238	Tornillo.	6
6	50F5	Tuerca.	6
7	60BU160	Empacador.	3
8	PE238	Ajustador.	3
9	75A20	Tornillo del Armazón.	12
10	25C1948	Cuerpo del Armazón.	3
11	PE840	Tope de la Carrera del Pistón.	3
12	20DTAE092A	Tapón de Ajuste.	3
13	75AA172C	Tornillo de Ajuste.	6
14	50V44	Tuerca de Ajuste.	6

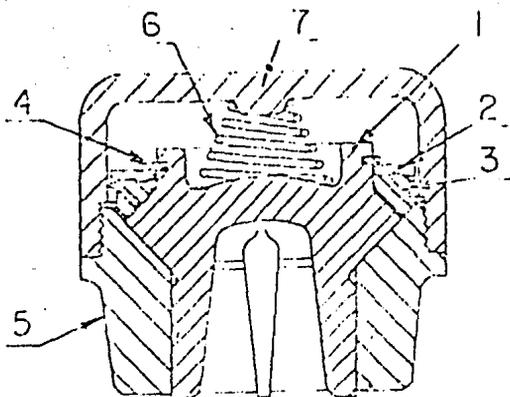


FIG. 34.- VALVULA DE LA BOMBA.

LOC.	PARTE.	DESCRIPCION.	CANT
1	1PT206	Válvula.	3
2	PT279	Válvula de Lavado.	3
3	2PT452	Inserto.	3
4	65W19	Anillo Retenedor.	3
5	201VWF039	Asiento de la Válvula.	3
6	78C39	Resorte.	3
7	201VWF054	Recolector de la Válvula.	3

con las puntas en posición contraria a la presión del fluido, así como se deberán apretar los prensa estopas permitiendo el drene del fluido para evitar el desgaste por abrasión o amarre por calentamiento.

#### II.2.5.4- SISTEMA DE DESCARGA DE ALTA PRESION.

En la descarga se tiene una válvula de seguridad regulable que se calibra a la presión que se requiera teniendo en su descarga al tubo de succión de la bomba triplex, posteriormente se encuentra una unión rápida de golpe.

#### BOMBA TRIPLEX RECIPROCANTE.

LOC.	MARCA.	DESCRIPCION.	CANT.
1		Patín soldado.	s/c
2	"Garden Denver"	TEEBGB- 6.35cm Bomba Triplex	"
3	"Denison"	M7G-1N-1C-A02 Motor.	"
4	"Halliburton"	9.1235-2 Válvula de Tapón.	"
5	"Wabco"	P64076-1000 Cilindro.	"
6	"Bair"	7601-1-HP Válvula de Alivio.	"
7		Ensamble de la Pistola Engrasadora.	"
8	"Funk"	HMD-127004 Trasmisión Rápida para Freno Lento. Ensamble con 1600 Serie Brida Exterior SA"r" Motor Montado.	"
9	"Spicer"	906257-Serie 1610 Ensamble.	"
10		Caja de Cadena Soldada.	"
11	"Snaptite"	VHN-4-4F Conexión Rápida.	"
12		Empaque de la Brida.	"

## CONTINUACION: BOMBA TRIPLEX.

13			Bula Modificada de la Rueda Dentada.	s/c
14			Tapa del Plato.	"
15			Inspección de la Tapa de Canasta.	"
16			Tapa de Inspección.	"
17			Flecha de la Bomba.	"
18			Empaque.	"
19			Piñon con Cabeza Dentada.	"
20	"Keystock"		Cuerpo 1.91cm*12cm de Long.	"
21			Rodamiento.	"
22		HHCS	1.91cm-2.54cmUNC*3.81cm Llave deArandela.	"
23			Espacio.	"
24	"Truarc"	N5000-625	Anillo Cerrado.	"
25	Fafnir"	315K	Portaroles.	"
26	"National"	455041-S	Sello.	"
27			Piñon de la Flecha.	"
28		ASA-100-3X114	Cadena de Roles-100-3 Eslabón de Conexión.	"
29			Perno de Ajuste.	"
30			Anillo de Sello.	"
31			Piñon Modificado de Cabeza Dentada.	"
32	"Keystock"		Cuerpo, 2.54cm ancho*12.1 cm de Longitud.	"
33	"Parcker"	2-461	Anillo-0	"
34			Caja de Cadena/Marcha.	"

## II.2.6.- GRUA HIDRAULICA.

La unidad de Tuberfa Flexible cuenta con una grua integrada con la que se pueden realizar maniobras de instalación y desmantelamiento de la propia unidad.

Cuando se opera en un pozo, el trabajo específico de la grua es la de instalar los preventores, la cabeza inyectora y además sostenerla en forma vertical mientras opera.

La grua consta de una barra de acero que mide 6.50 metros y es izada por dos gatos hidráulicos en un ángulo de 0 a 90° tomando de referencia la horizontal; además esta barra va instalada sobre una base cilíndrica de 2.50 metros de largo y 1 metro de diámetro, que gira casi 360° debido a dos topes semicirculares que la detienen en el giro completo. Puede levantar un peso cercano a las cuatro toneladas.

Para manejarla consta de un juego de cuatro palancas que se encuentran a un lado del soporte cilíndrico. Con una de las palancas se iza la grua para formar ángulos de 0 a 90° con la horizontal, con otra se mueve en círculo en un radio cercano a los 360°. la tercera palanca sirve para accionar los gatos hidráulicos que mueven las secciones telescópicas de la grua y la última palanca es para a la polea por medio del malacate integrado.

La potencia es suministrada por el motor 8V-71, el cual acciona una bomba que proporciona fluido a las mangueras de control de la grua, fig.35.

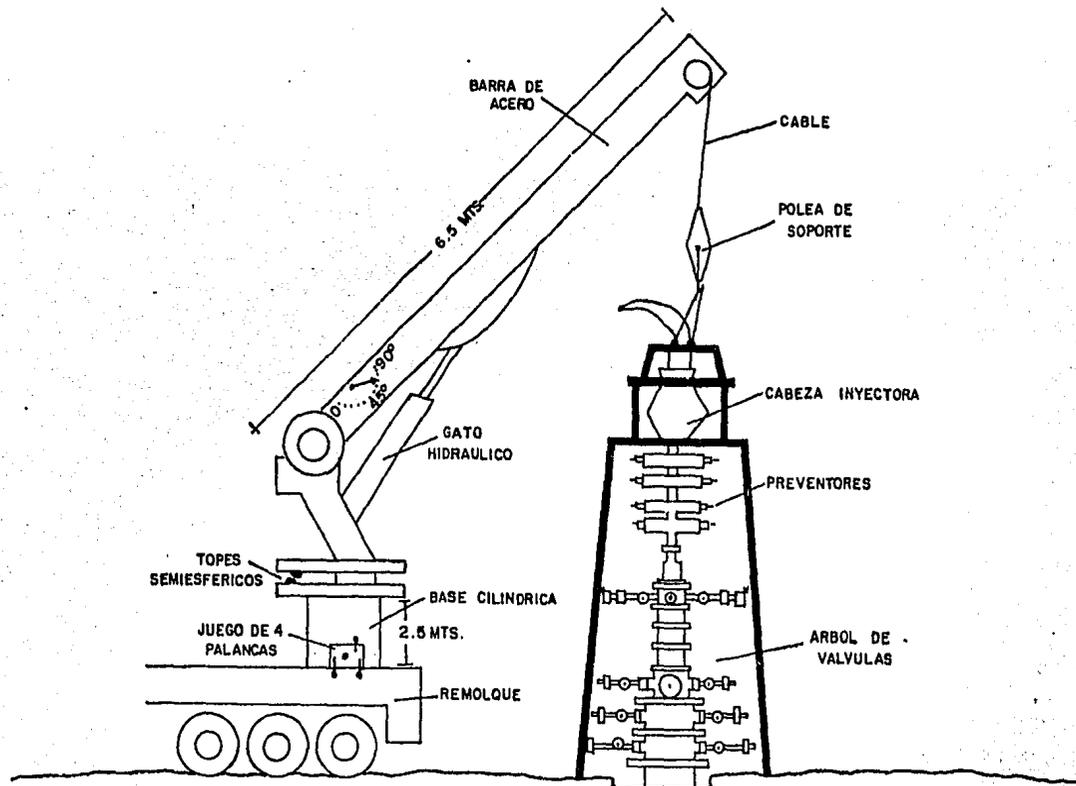


FIG.35.—GRUA HIDRAULICA.

### II.2.7.- CABEZA INYECTORA.

Es un conjunto de mecanismos que son accionados por dos motores de 190 HP y que operan en paralelo, estos accionan unas catarinas que desplazan una cadena especial de un sistema de tensores que sirve para afianzar y poder introducir o sacar la tubería flexible con peso de hasta 8600 kg. La cabeza en su parte superior tiene un aditamento denominado "Cuello de Ganso"; el cual le permite dar un amplio radio a la tubería y evitar el colapso a la entrada de la cabeza, fig.36,37y38.

#### II.2.7.1.- SISTEMA IMPULSOR.

Esta compuesto por dos motores hidráulicos(1) de 190 HP máximo y velocidad continua de 300 RPM. Estos están en posición encontrada y tienen una flecha estriada(2) que aloja una catarina doble(3) con una flecha prolongada que se apoya en la tapa frontal con una chumacera(4) de rodamientos intermedios en la caja de la unidad intermedia.

Se tienen dos conjuntos compuestos por una catarina doble(15) con espaciadores(16) y una flecha(12) que se apoya en dos chumaceras con rodamientos(10), la flecha se acciona por movimiento longitudinal debido a que la tapa tiene ranuras laterales, esto permite desplazar las chumaceras y cuenta con dos bloques laterales con tornillo tensor que permite tensionar tanto la catarina como las cadenas de la cabeza.

En la parte inferior de la caja se encuentran dos conjuntos compuestos por una catarina doble(15), es

paciadores(16) y sus flechas(11 y 13) que se apoyan en dos chumaceras con rodamientos(10). La flecha(13) se prolonga hasta el exterior de la caja y soporta un engrane cilindrico(17) que se acopla a otro igual(9); sobre la flecha(13) esta un disco donde actuan las balantas de frenos(48).

Un conjunto de tres catarinas estan estrelazadas através de una cadena triple(ASA-140) especial(5,6,7 y 8) y cuenta con unos roles(6) que por medio de otro mecanismo tensionan las cadenas y los aditamentos(8)--- que contienen una sección circular. La cadena se adapta a la tuberfa sin causarle daño, ademas los movimientos de las cadenas son en la misma dirección.

#### II.2.7.2.- SISTEMA TENSOR DE CADENAS.

Cuenta con tres pares de cilindros hidráulicos(20), estos operan en la parte exterior de la caja-- encontrandose en posiciones intermedias, se apoyan por medio de una flecha(23) que permite acoplar los dos cilindros en sentido encontrado; en un extremo se encuentran rígidos a las tapas de la caja y por el otro extremo la flecha enlaza las puntas de los cilindros, estos se mueven sobre una apertura que tienen las tapas.

Las tapas permiten el desplazamiento en el interior de la caja de un perfil tubular cuadrado en donde se mueven los roles(6) de la cadena; los cilindros-- operan con rangos de presión que van desde 0 a 70 kg/cm<sup>2</sup>.

Los controles se encuentran en el tablero de la cabina del operador, donde cada juego de cilindros--

tiene una válvula de aguja de admisión y de purga; al incrementarse la presión en el cilindro, la válvula de aguja actúa sobre el perfil tubular tensando las cadenas y estas aprisionan la tubería permitiendo el desplazamiento en el sentido de los motores.

#### II.2.7.3.- SISTEMA DE FRENOS.

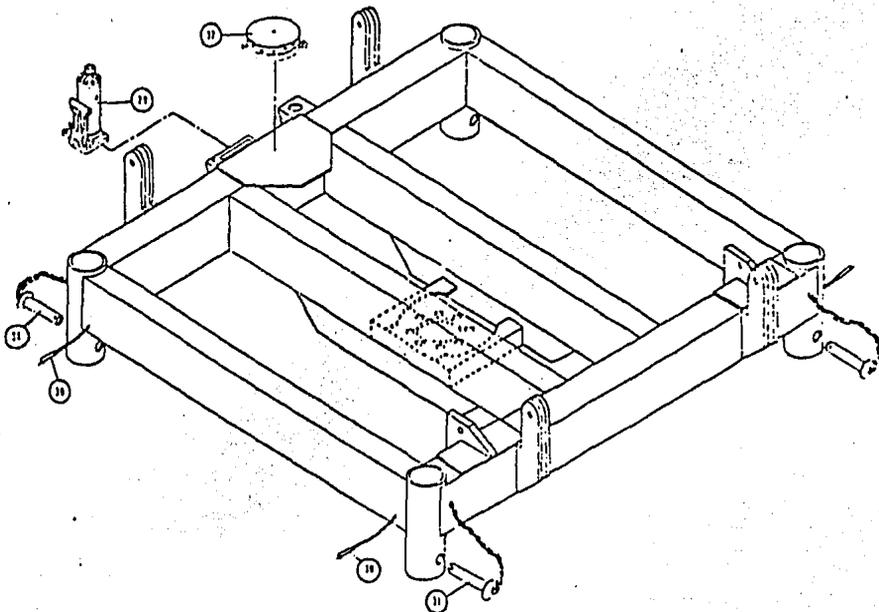
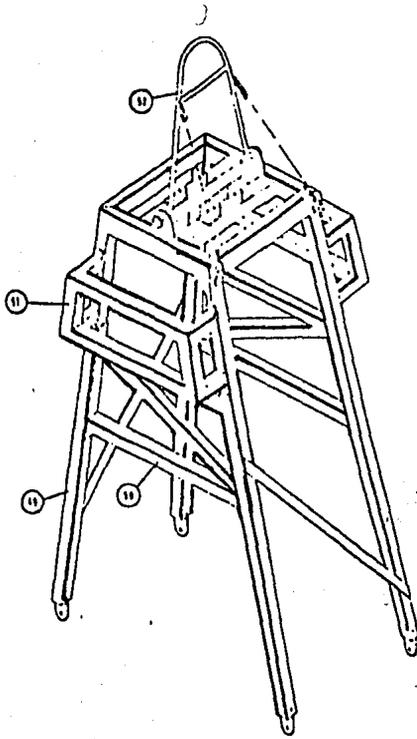
En la parte inferior de la caja, en la prolongación de las flechas(11 y 13), se encuentran dos engranes cilíndricos rectos(17) que operan en paralelo con los motores. Estas flechas tienen en sus extremos opuestos dos discos de fricción, en los que las balatas(48) del actuador neumático permite frenar inmediatamente la tubería cuando la operación lo requiera.

#### II.2.7.4.- CONTADOR DE PROFUNDIDAD.

Cuando se efectúa una operación dentro del pozo, es necesario conocer a que profundidad se va a trabajar, para introducir la cantidad correcta de tubería y se tenga en el carrete una cama enrollada, esto es como una medida de seguridad y además para que al recuperar la tubería se enrolle adecuadamente.

El contador marca la longitud de la tubería en el interior del pozo, ya que al bajar, la tubería va moviendo una rueda que acciona el contador calibrado y marca metro a metro el desplazamiento de la tubería,--- fig.39.

FIG.36.\_SOPORTE DE LA CABEZA INYECTORA.



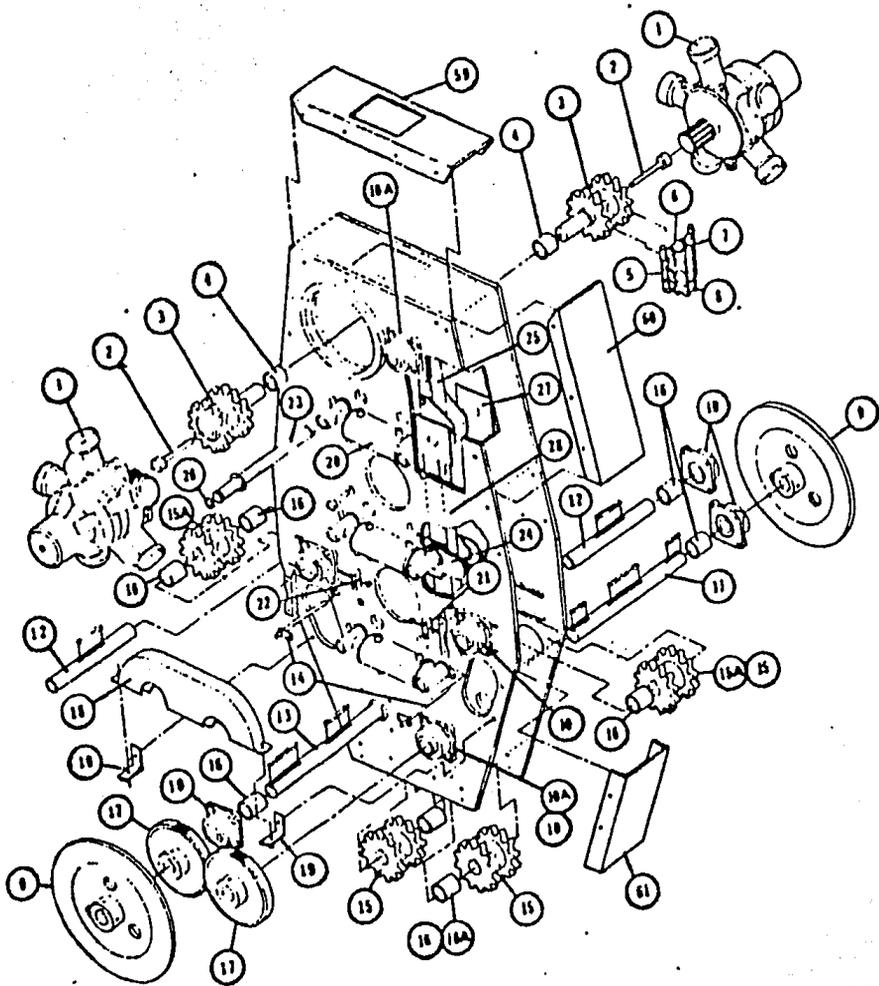


FIG.37.-CÁBEZA INYECTORA.

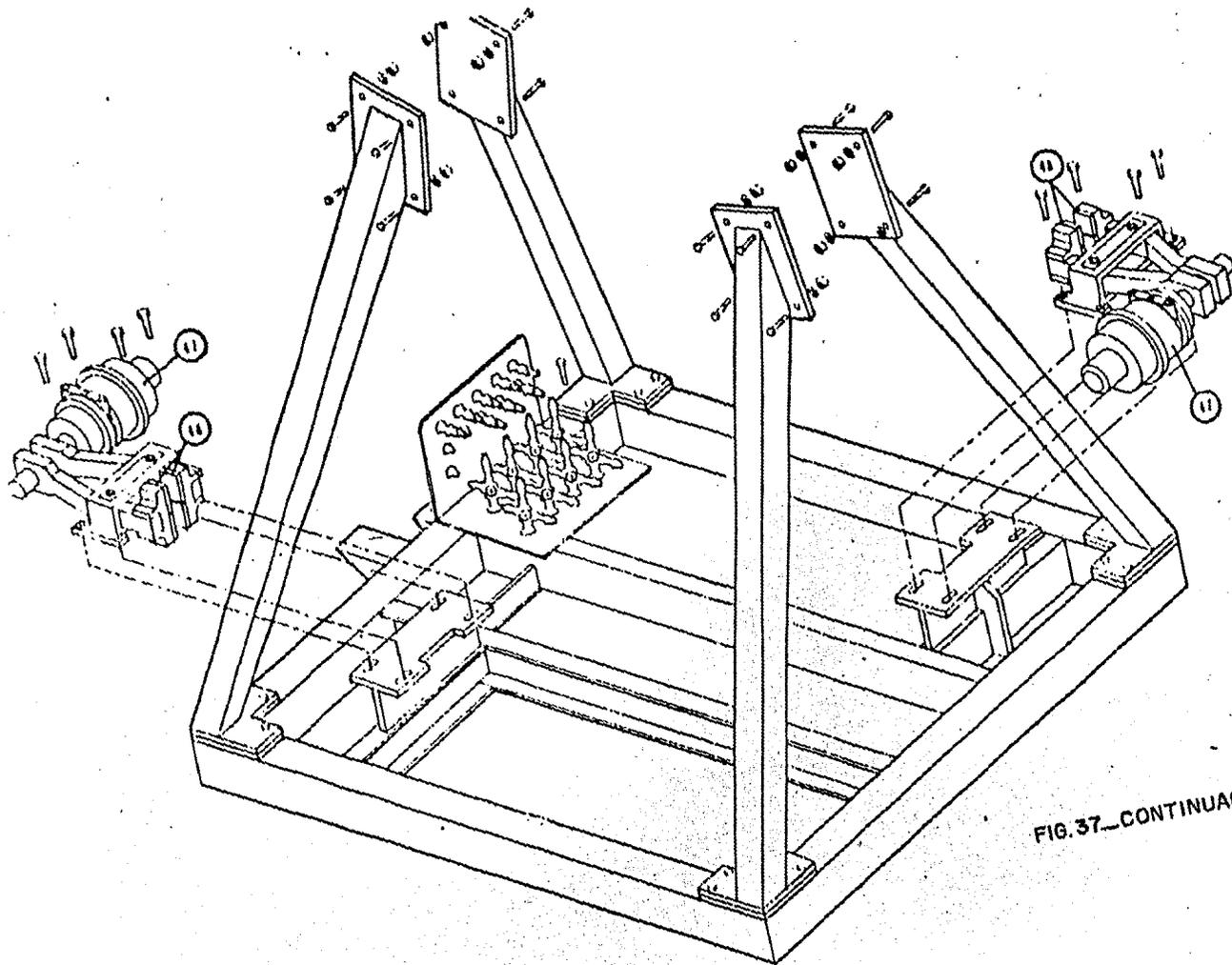


FIG. 37 CONTINUACION.

## CABEZA INYECTORA.

LOC.	MARCA	DESCRIPCION	CANT.
1	"Hydro-Star"	MRH-955W Motor Hidráulico	2
2		Flecha Estriada	2
3		Rueda Dentada Soldada Manejable	2
4		Espacio de la Flecha del Motor	2
5		Ensamble de la Cadena	2
6	"RBC"	Y56S Cambio Continuo	164
7		ASA-140 Eslabón Triple Maestro	2
8		Eslabón de Apriete	164
9		Disco de Freno	2
10	"Dodge"	SC-5cm diám. 4-Perno de Brida	10
11		Flecha Sincronizada	1
12		Flecha Interior	2
13		Flecha Sincronizada	1
14		R/H-L/H Varilla de Aceite	2
15		Rueda Dentada Interior	4
16		Espacios	8
17		Trasmisión Dentada de Esfuerzos	2
18		Cubierta de Trasmisión	2
19		Soporte de la Cubierta de Trasmisión	4
20		Cilindro de Tensión	6
21		Soporte de Ajuste	4
22		1.27cm-13. Varilla Delgada	4
23		Flecha Tensora	6
24		Medio Patín	2
25		Patín Final	4
26	"Truacr"	5100-150 Cuadro Cerrado	12

## CONTINUACION: CABEZA INYECTORA.

27			Patín Alto y Bajo	12
28			Patín Central	4
29	"Hollliwood"	623	Gato Hidráulico	1
30	"Air-Com."	100G-4.5	Piñon con Cadena	4
31			Piñon Soldado	4
32	"Martin-Decker"	C92-11	Celda de Carga	1
33	"Anchor"	W43-20-20	Brida	4
34			3.175cm diám.M.Tubo*3.175 cm diám.MJIC-Codo 90'	2
35			3.175cm diám.M.Tubo*3.175 cm diám.MJIC-Recto	2
36			3.175cm diám.FJIC-Girador *3.175 diám.MJIC-Codo 45'	2
37	"Hyd. Inc."	5TV-N-20	Conexión Rápida	1
38	" " " "	5TV-C-20	Conexión Rápida	1
39			Tubería Soldada	2
40	"Deltrol"	N205	Válvula de Aguja	2
41	"FAC"	G-3M-25	Medidor de 211 Kg/cm <sup>2</sup>	2
42	"FPS"	2N-43A-24F-200-3500-0.175	Válvula de Balance	2
43	"Main"	TSAEP-12-20	Brida	-2
44			3.81cm*3.175cm diám.Arbol Reductor-Clase 6000	2
45			3.175cm"TE"-M.Tubo_MJIC. Corrido;MJIC"TE"	2
46			0.635cm diám.MJIC*0.952cm diám.M.Derecha-Varilla De- recha	2
47	"Horton"	9335-BD	Ensamble del Freno del Aire	2
48	" " " "	9340	Almohadilla Reemplazante del Freno	2
49			Ensamble del Marco Soldado	1

## CONTINUACION: CABEZA INYECTORA.

50			Ensamble Interior del Marco Soldado	2
51			Marco de Protección Motor	2
52			Barra Montacargas Soldada	1
53			Lado del Plato	2
54			Caja Soldada que Apresa Hacia Abajo	4
55			Rodamientos Ensamblados	12
56	"Fafnir"	9105-PP	Soporte de Bola	24
57			Flecha	12
58			1.905cm-10N*15.24cm.Cabeza de Perno Hexagonal	12
59			Espacio Alto	1
60			Sección del Espacio Alto	2
61			Sección del Espacio Bajo	2



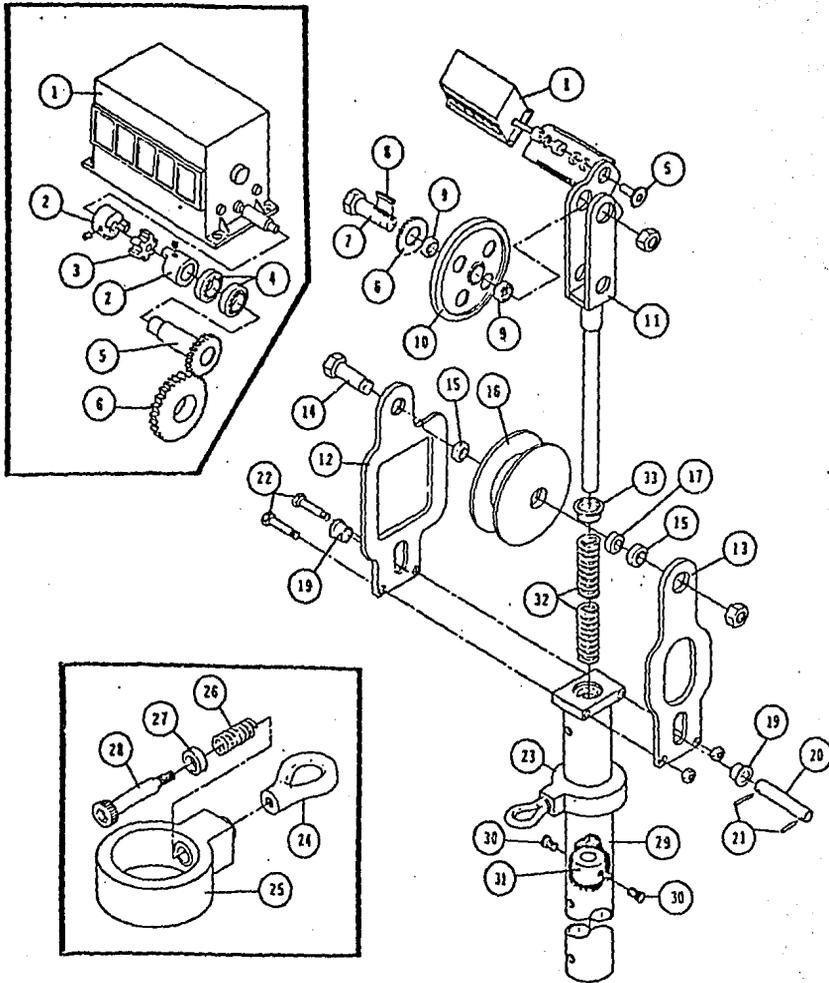
## CONTADOR DE PROFUNDIDAD.

LOC.	MARCA.	DESCRIPTION.	CANT
1	"Veederoot"	1128-25-001 Contador de Profundidad	1
2*	"Lovejoy"	L050-0.635cm Medio Acople	2
3*	" " " " "	L050 Araña	1
*	" " " " "	L050-0.635cm Acople Completo	s/c
4	"N.Departure"	477500 Rodamientos	"
5		Manija con Piñon Dent.	1
6		Bueda Dentada	1
7		Flecha	1
8		0.635cm*2.54cm Llave Cuadrada	1
9	"Nice"	7616DLG Rodamientos	2
10		Rueda Contadora	1
11		Acople de la Rueda	1
12		LH Lado del Plato	1
13		RH Lado del Plato	1
14		2.54cm-14NC-HHCS*9.53 cm	1
15	"Nice"	7616DL Rodamientos de Bola	2
16*		Guía del Rol Superior para 3.175 a 2.54cm	1
17		Asentamiento del Collar de 2.54 cm	1
18	"Air-Com."	2.54cm-14UNF Tuerca de Apriete Hex.	1
19	"Oil-Lite"	3.81cm.Brida de Rodam.	2
20		Piñon de Aligeramiento	1
21		0.476cm*3.81cm Rol de Piñon	2
22		1.27cm*12.065cm.Perno de Grado 5	2
23		Collar de Asentamiento	1
24		0.95cm Ojo de Tuerca	1

## CONTINUACION: CONTADOR.

25			Cuerpo del Collar de Asentamiento	1
26	"Lee-Com."	LHC-187R-6	Resorte	1
27			Asiento del Collar de 1.27cm diám.	1
28			1.27cm diám.*0.95cm diám. 16-Perno de Encaje	1
29			Gufa de Tubería	1
30			0.95cm-16UNC-SHCS*0.95 cm longitud	2
31			Detenedor	1
32	"Lee-Com."	LC-0055J-7	Resorte	2
33			Tuerca	1

FIG. 39. \_CONTADOR DE PROFUNDIDAD.



## II.2.8.- CARRETE DE MANGUERAS.

El carrete es un componente de la unidad de tubería flexible, donde se enrollan las mangueras más gruesas de 10 cm de diámetro y que van conectadas a la cabeza inyectora para que el fluido hidráulico que pasa por dichas mangueras, accione los motores hidráulicos que mueven las cadenas que aprisionan la tubería para introducirla o sacarla del pozo, fig.40.

Este carrete(18) se encuentra montado sobre un patín soldado(17) y para su funcionamiento se requiere que desde la cabina de control se accione una palanca que abre el circuito hidráulico que proporciona el flujo a la válvula hidráulica(1), de donde continua por las mangueras hidráulicas(6) y llega al motor hidráulico(5).

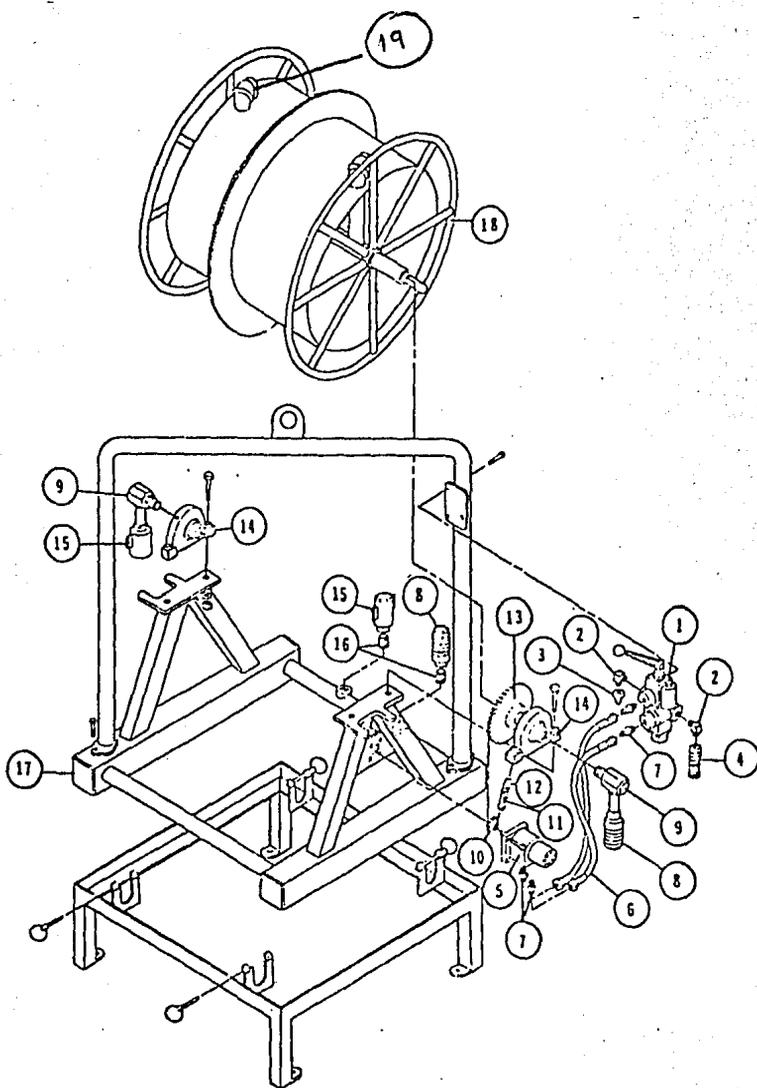
Este motor mueve una rueda dentada(10), la cual acciona una cadena de roles(12) que a su vez mueve la rueda dentada(13). Esta rueda(13) proporciona el movimiento giratorio a el carrete de mangueras(18).

Para accionar los motores, el fluido es suministrado por la conexión rápida(8) para pasar por el girador(9) y llegar a la brida(19) en la que se conectan las mangueras.

## CARRETE DE MANGUERAS.

LOC.	MARCA.	DESCRIPCION.	CANT.
1	"Cross"	BA11AD00AO Válvula Hidráulica	1
2		1.91cm diám.M.Codo 90' de Tubería	2
3	"Snaptite"	VHN-12-12F Conexión Rápida	1
4	" " " " "	VHC-12-12F Conexión Rápida	1
5	"Roos"	MAC-16-001 Motor Hidráulico	1
6		Mangueras Hidráulicas	2
7		JIC, 1.27cm diám.Tubo Macho Recto	4
8	"Hyd. Inc. "	5TV-N-24 Conexión Rápida	2
9	" " " " "	9S24-PF24 Girador	2
10	"Martin"	50BS11*2.54cm Rueda Dentada	1
11		ASA-50 Eslabón Maestro	1
12		ASA-50 Cadena de Roles	s/c
13	"Martin"	50BS45*6.20cm Rueda Dentada con 1.27cm de Cerradura	1
14	"Seal-Master"	NPD-39 Bloque Porta-Almohada	2
15	"Hyd. Inc. "	5TV-C-24 Conexión Rápida	2
16		Sch.80-3.81cm*11.43 cm diám. Tubo de Aguja	2
17		Patín Soldado	1
18		Carrete de Mangueras	1
19		Brida	2

FIG. 40.-CARRETE DE MANGUERAS



## II.2.9.- CONJUNTO DE PREVENTORES.

Otra de las partes importantes con que cuenta la Tubería Flexible, son los preventores. Ya que con ellos se puede mantener controlado el pozo en caso de--- que se presente alguna anomalía como la invasión de bu bujas de gas en el fluido de control o cuando el pozo--- se induce solo. Estas anomalías son producto del aligeroamiento que se provoca en la columna hidrostática.

El conjunto de preventores es de marca "B0--- WEN" y se compone de cuatro partes que son: Preventor--- Ciego, Preventor Cortador, Preventor de Cufias, Preventor Anular. Estos son accionados con una presión de 105---- kg/cm<sup>2</sup> y soportan presiones interiores del pozo de 350- kg/cm<sup>2</sup>, fig.41.

Los preventores son conectados en la parte su perior del árbol de válvulas por medio de una combinación de 8.8 cm \* 7.3 cm de diámetro (3 1/2 in \* 2 7/8 in de diámetro), para que enseguida se conecte la cabeza-- inyectora, fig.41-A.

Desde el tablero del operador se manejan los preventores, es decir, se abre el circuito hidráulico-- para transmitir fluido a el conjunto de mangueras (A, C, F y H) que guían el flujo a una de las "T" que tiene cada preventor para que distribuya la presión y se abran--- los "Rams". Para cerrarlos, desde la cabina se desvía-- el fluido para que por medio de otra "T" de las mangueras (B, D, E y G) se distribuya la presión y accione los-- "Rams", fig.41-B.

Con estos movimientos se manejan cada uno de-

los cuatro preventores o todos juntos, esto depende de las necesidades de la operación que se este realizando y de como se comporte el pozo, fig.42.

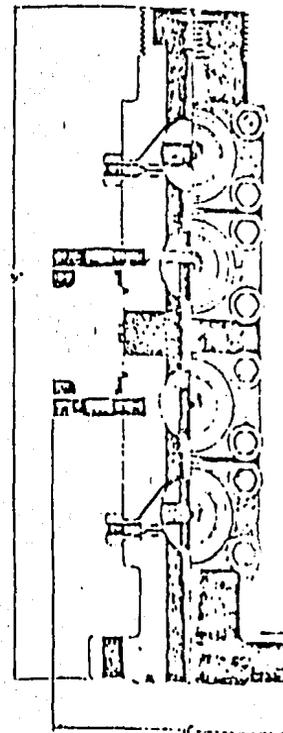
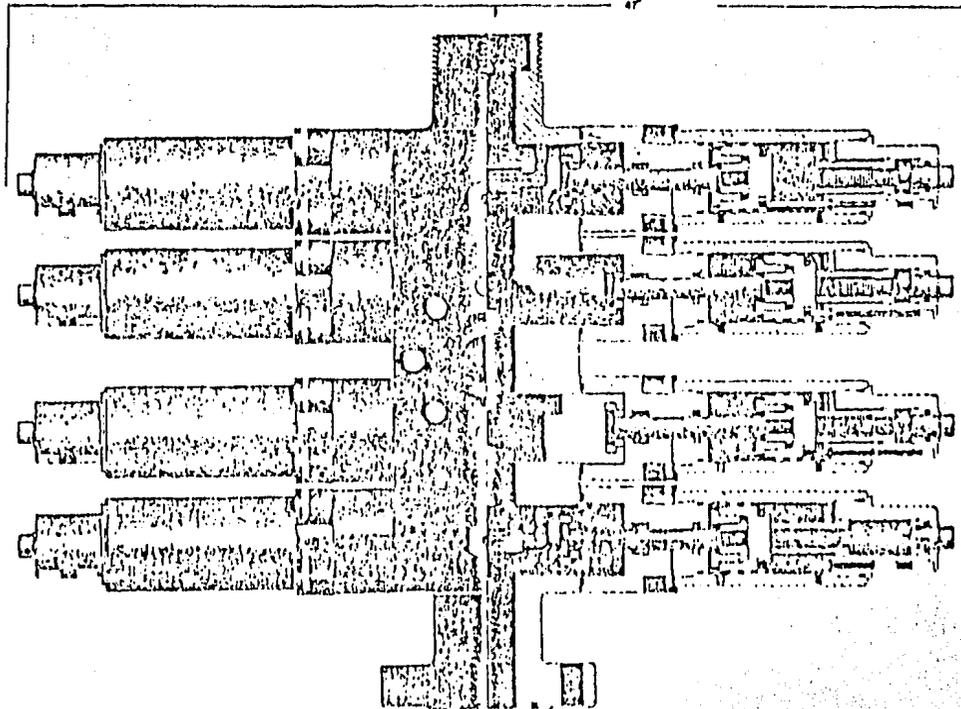


FIG. 41. \_ SISTEMA DE PREVENTORES.

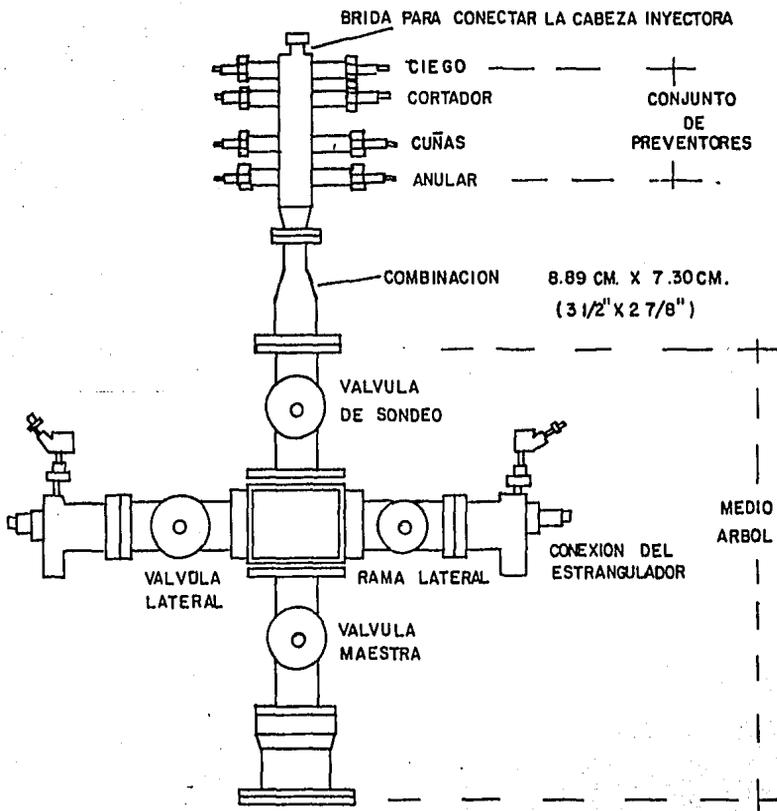
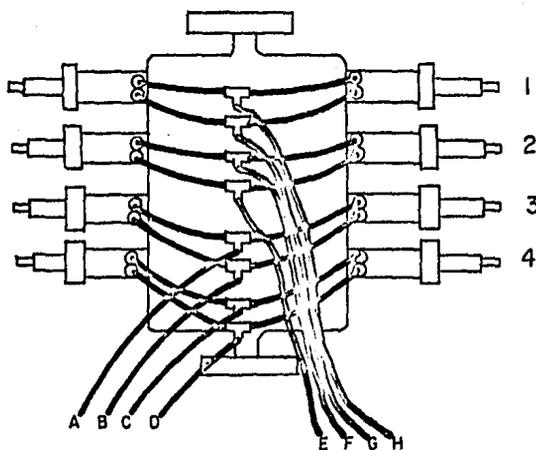


FIG. 41-A \_ASENTAMIENTO DEL CONJUNTO DE PREVENTORES.



- 1.- PREVENTOR CIEGO.
- 2.- PREVENTOR CORTADOR.
- 3.- PREVENTOR DE CUÑAS.
- 4.- PREVENTOR ANULAR.

LAS MANGUERAS A, B, C, D, F, G y H VAN AL TARLERO DE CONTROL PARA ACCIONAR HIDRAULICAMENTE LOS PREVENTORES.

A, C, F y H: ABREN LOS PREVENTORES.  
 B, D, E y G: CIERRAN LOS PREVENTORES.

FIG. 41B. \_ MECANISMO DE APERTURA Y CIERRE DE PREVENTORES.

## CONJUNTO DE PREVENTORES.

LOC.	MARCA.	DESCRIPCION.	CANT.
1	s/m	Cuerpo	1
2	"	Bonete	32
3	"	Tuerca	32
4	"	Anillo-O	8
5	"	Bonete	8
6	"	Rams (Guía)	8
7	"	Vástago	8
8	"	Retenedor (Sello del Vástago)	8
9	"	Sello (Vástago)	16
10	"	Sello (Actuador)	8
11	"	Retenedor (Sello del Actuador)	8
12	"	Anillo-O (Cilindro)	16
13	"	Cilindro	8
14	"	Pistón Guía	6
14-A	"	Pistón Guía (Esquilado)	2
15	"	Retenedor de Pistón	8
16	"	Pistón	8
17	"	Tornillo de Asentamiento (Pistón Guía)	8
18	"	Anillo-O (Pistón)	8
19	"	Tuerca del Vástago	8
20	"	Tornillo de Asentamiento (Tuerca de Vástago)	8
21	"	Indicador	8
22	"	Retenedor (Sello del Indicador)	8
23	"	Sello (Indicador)	8
24	"	Llave	16
25	"	Tuerca de Mango	8
26	"	Tuerca Hexagonal	8

## CONTINUACION: CONJUNTO DE PREVENTORES.

27	s/m	Porta-Ensamble	8
28	"	Sello(Del Porta-Ensamble)	8
29	"	Anillo Retenedor(Idem)	8
30	"	Guía	8
31	"	Tuerca(Guía)	8
32	"	Arbusto Adaptador	16
33	"	Anillo-O (Arbusto)	16
34	"	Brida	8
35	"	Válvula Ecuilizador(Bomnet)	2
36	"	Válvula Ecuilizador(Stem)	2
37	"	Válvula Ecuilizador de Asentamiento	2
38	"	Espacio	2
39	"	Anillo-O (V.E.Bomnet)	2
40	"	Sello (Stem y Asentamiento)	8
41	"	Arranque Hexagonal de 0.6350 cm	1
42	"	Arranque Hexagonal de 2.54cm	1
43	"	Tapa Hidráulica	8

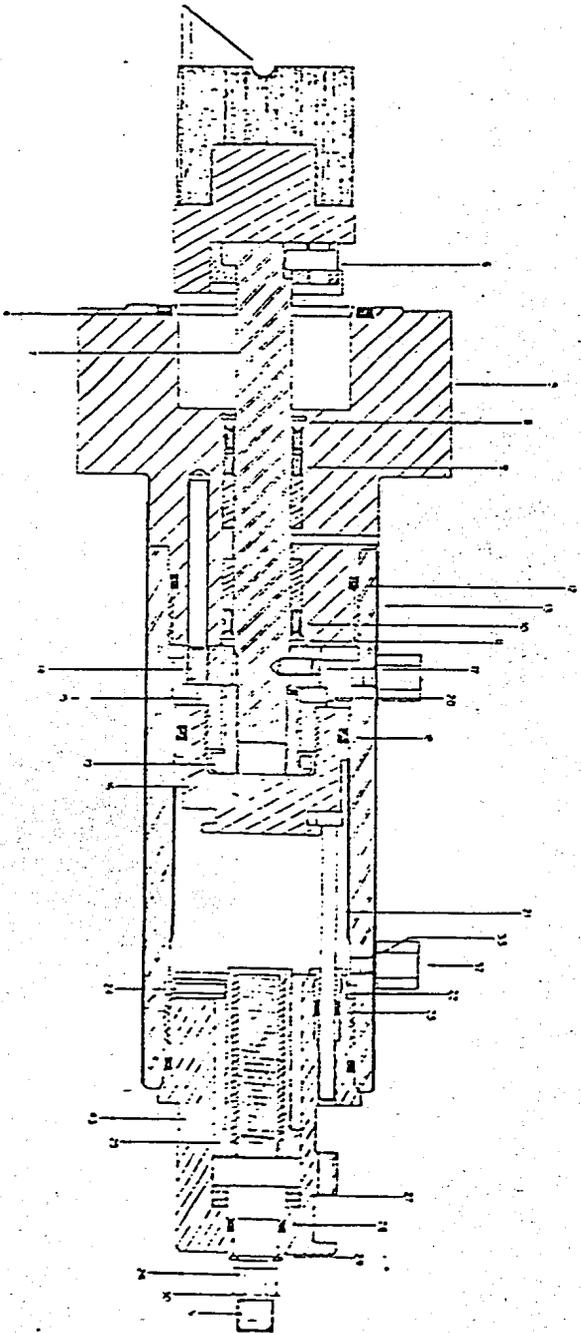


FIG. 42. PREVENTOR.

TABLA I.- CONVERSIONES DEL SISTEMA INGLES AL SISTEMA METRICO.

LONGITUD.		PRESION.		PESO.	
in	cm	lb/in <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	lb	kg
0.063	0.16	12	0.84	184	83.54
0.065	0.17	15	1.05	230	104.42
0.081	0.21	22	1.55	276	111.68
0.083	0.22	30	2.11	306	139.00
0.125	0.32	60	4.22	875	397.25
0.187	0.48	70	4.92	1050	476.70
0.250	0.64	78	5.48	1120	508.48
0.313	0.80	100	7.03	1250	567.50
0.375	0.95	120	8.44	2841	1289.81
0.500	1.27	150	10.50	3240	1470.96
0.75	1.91	200	14.06	3008	1728.83
0.840	2.13	1000	70.31	5204	2362.62
0.880	2.23	1500	105.47	5431	2465.67
0.975	2.47	2000	140.60	5841	2651.81
1.000	2.54	2210	155.38	7010	3132.54
1.125	2.86	2500	175.78	7560	3432.24
1.250	3.17	3000	210.93	8560	3886.24
1.500	3.81	3500	246.08	9900	4494.60
1.937	4.92	3878	272.66	10000	4540.00
2.437	6.20	4500	316.40	10200	4630.80
2.500	6.35	5000	351.55	10800	4903.20
3.000	7.62	6000	421.86	12000	5448.00
3.750	9.53	7300	513.26	12600	5811.20
4.000	10.16	9600	675.00	13200	5992.80
4.375	11.11	10000	703.10	14200	6446.80
4.500	11.43	14000	984.34	14500	6583.00
5.000	12.7			16500	7491.00
5.500	14.00			18900	8580.60
6.000	15.24			19800	8989.20
6.500	16.51				
7.000	17.78			21140	9597.56
				28400	12893.60
				30200	13710.80

LONGITUD.		VOLUMEN.		PESO/LONGITUD.	
ft	m	gal	l	lb/ft	kg/m
50	15.24	.96	3.70	0.630	0.423
75	22.86	1.20	4.60	0.650	0.435
100	30.48	2.88	11.00	0.810	0.542
1000	304.80	3.20	12.20	0.820	0.550
2000	609.60	6.75	26.00	1.040	0.697
3000	914.40	9.20	35.00		
4000	1219.20	12.60	48.00		
12000	3657.60	26.00	98.00		
15500	4724.40	29.68	113.00		
16000	4876.80	30.00	114.00		
18000	5486.40	65.00	247.00		
20590	6275.83	140.00	530.00		
		150.00	567.75		
		1050.00	3990.00		
		1250.00	4750.00		

VELOCIDAD.		GASTO.		TEMPERATURA.	
ft/min.	m/seg	l/min	m <sup>3</sup> /seg	°F	°C
124	0.630	56.60	3.396	170	77
130	0.661	295.00	17.700	340	180
153	0.777			392	200
240	1.219				
260	1.321				

I I I

APLICACIONES DE LA TUBERIA FLEXIBLE EN

LA EXPLOTACION DE HIDROCARBUROS

### III.- APLICACIONES DE LA TUBERIA FLEXIBLE EN LA EXPLO-- TACION DE HIDROCARBUROS.

#### III.1.- INTRODUCCION.

Después de haber analizado los componentes--- principales y su funcionamiento dentro de la unidad de Tubería Flexible, se explican las aplicaciones de la--- misma dentro de la explotación de hidrocarburos. Esta-- unidad puede operar en pozos con equipo de Perforación, Reparación y Terminación de Pozos y en Pozos sin equipo.

Las operaciones que más frecuentemente se rea-  
lizan con la Tubería Flexible son:

- a) Remoción de Depósitos Orgánicos.
- b) Remoción de Depósitos Inorgánicos.
- c) Remoción de Otros Depósitos.
- d) Inducción.
- e) Limpieza de Pozos y/o Tuberías.
- f) Cambio de Fluidos y/o Control de Pozo.

#### III.2.- REMOCION DE DEPOSITOS ORGANICOS.

Los depósitos orgánicos se dividen en parafinas y material asfáltico, estos dos son componentes del propio aceite del yacimiento y se depositan en las pare  
des de la tubería de producción, por lo que van paulati-  
namente restringiendo el diámetro por donde fluye el a-  
ceite, esto implica un decremento en la productividad--  
del pozo.

Las parafinas son compuestos de hidrocarburos de alto peso molecular que se solidifican y se depósi--  
tan en las paredes de la tubería de producción debido a

los cambios de presión, temperatura y evaporación de los gases disueltos en el aceite.

El material asfáltico principalmente formado por asfáltenos, se encuentra en forma coloidal en el aceite y se precipita por la acción de cualquier fuerza que desequilibre las micelas asfálticas y propicie su deposición. Este desequilibrio puede ser producido por cambios de presión, temperatura, composición química del aceite, potenciales de corriente y por sustancias de bajo PH.

La aplicación adecuada de la Tubería Flexible elimina las deposiciones tanto de parafina como de material asfáltico y deja el pozo en condiciones favorables de producción.

En estos casos la Tubería Flexible es introducida por el interior de la tubería de producción hasta el depósito, en donde se inicia el bombeo a presión y gasto constantes de aceite caliente o diesel en el caso de la parafina, para el material asfáltico se bombea diesel o aromina. Al llegar la tubería a la resistencia se empieza a cargar peso con la propia tubería (cuando se observe en el indicador de peso que la aguja se corre de cero a el valor que pesa la propia tubería a la profundidad que trabaja, indica que se esta venciendo la resistencia), se levanta aproximadamente 20 m y se baja para que se vuelva a cargar peso a la resistencia, esto se realiza con la finalidad de que no se atore la tubería y se vaya disolviendo la resistencia. Se continúa bajando hasta el intervalo productor para que se tenga limpio el pozo y la tubería de producción. Los productos que se desalojan llegan a la presa de quema.

El procedimiento es el mismo tanto para la re moción de parafina como para la remoción del material-- asfáltico.

A continuación se describe una operación de-- remoción de parafina, fig.43.

La unidad de Tubería Flexible se instala en-- el pozo y se conecta la unidad de aceite caliente a la succión de la bomba triplex, se introduce la tubería a la profundidad de 100 m y se comienza a circular con una presión de  $140 \text{ kg/cm}^2$  y un gasto de  $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$ ,-- los cuales serán constantes durante la operación. Al ob tener circulación se continua bajando hasta 800 m donde se encuentra la resistencia de parafina y se le carga-- 600 kg de peso (Si la aguja se mueve de 0 a 600 kg),---- implica que se va venciendo la resistencia. Se levanta la tubería 20 m con circulación para desalojar a la pre sa de quema los productos de deshecho y no se atore la tubería. Se vuelve a bajar a la resistencia y se repite la operación hasta llegar al intervalo productor que se encuentra de 2610 m a 2620 m. Una vez que se ha realizado la remoción de parafina, se recupera la tubería a la superficie.

### III.3.- REMOCION DE DEPOSITOS INORGANICOS.

Los principales depósitos inorgánicos consisten en incrustaciones de carbonatos y sal, las cuales-- se depósitos prioritariamente en la tubería de pro----- ducción formando tapones que impiden la productividad o inyektividad normal de los pozos.

Durante su vida operativa, un pozo produce---

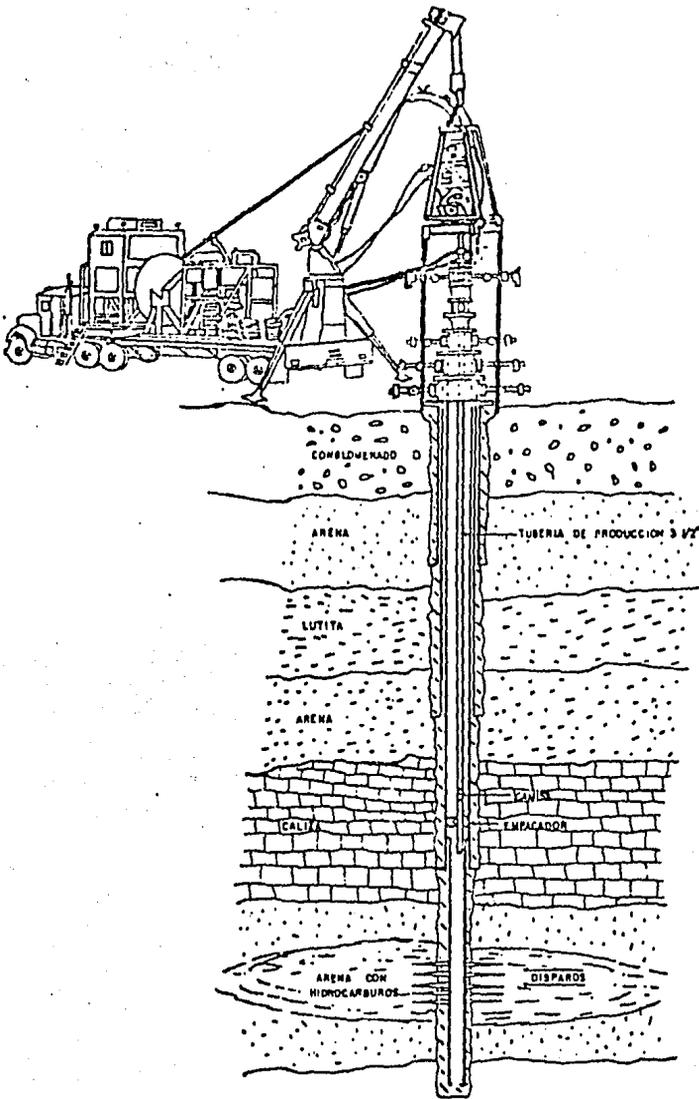


FIG-43.- REMOCION DE PARAFINA.

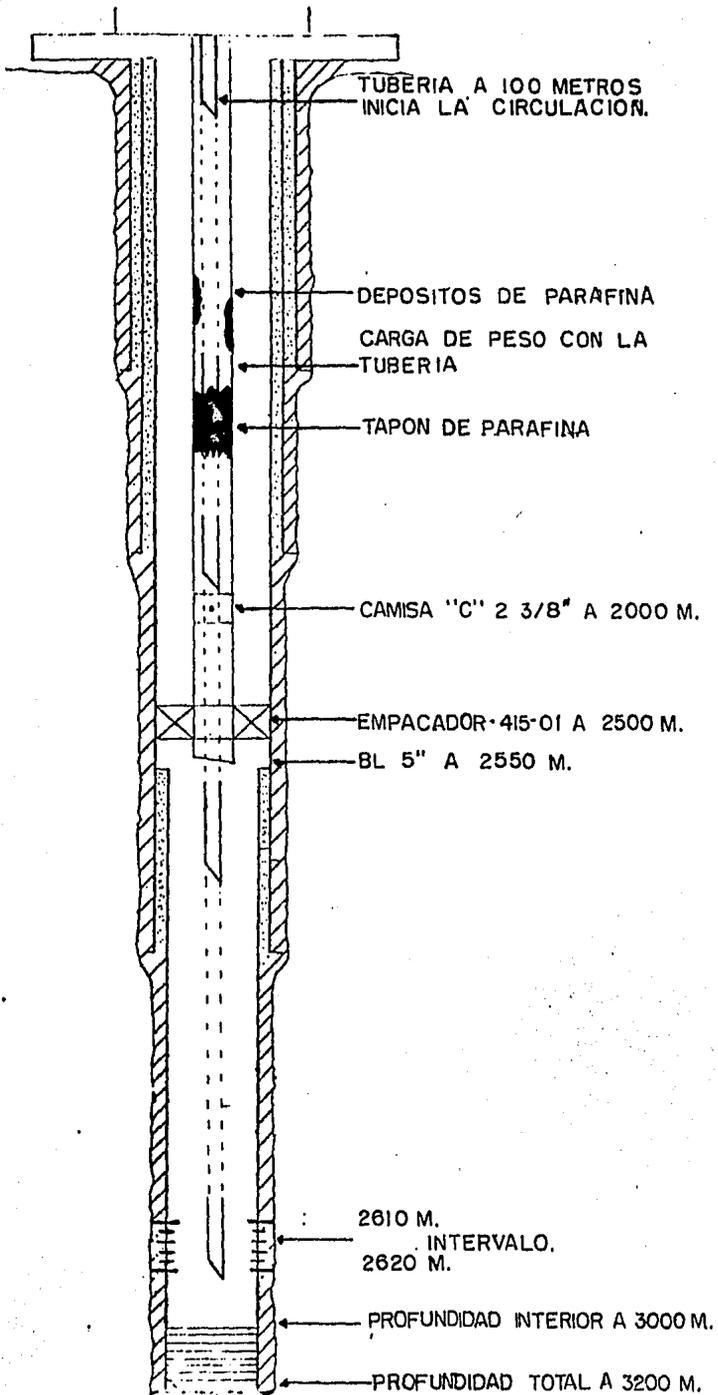


FIG: 43: CONTINUACION.

agua que puede tener altas concentraciones de sales minerales, las cuales se precipitan y depósitos tanto en la zona de disparos como en la tubería de producción debido a cambios de presión y temperatura.

La aplicación de la Tubería Flexible en estos casos, remueve los depósitos de sal con agua y los de carbonatos con ácido clorhídrico.

La remoción de estos depósitos consiste en conectar la succión de la bomba triplex al tanque de agua (si se trata de sal) o a la unidad que transporta el ácido (si se trata de carbonatos). Se baja la tubería para lograr circulación a presión y gasto constantes, al obtener estas condiciones, se continua bajando hasta tocar la cima de la resistencia. Al llegar a este punto se carga peso con la propia tubería (cuando la aguja del indicador de peso se corra de 0 a el peso de la tubería, indica que se logra vencer la resistencia), se levanta la misma aproximadamente 20 m para circular el tiempo de atraso. Esta operación se repite en varias ocasiones con la finalidad de que no se vaya a atorar la tubería y además se vaya disolviendo la resistencia hasta bajar al intervalo productor, con lo que se tendrá limpio el pozo y la tubería de producción.

Toda la operación se realiza con circulación para que los productos de deshecho sean desalojados en la presa de quema.

En el caso de la remoción de carbonatos, después de la operación con ácido se debe lavar la tubería con agua de cal para que se proteja de la corrosión.

A continuación se describe una operación don-

de se maneja ácido para la remoción de carbonatos, figura 44.

Con la unidad de Tubería Flexible instalada en el pozo, se conecta la succión de la bomba triplex a la unidad portadora de ácido clorhídrico. Se baja la tubería a la profundidad de 100 m, se inicia el bombeo de ácido clorhídrico al 10% con una presión de  $140 \text{ kg/cm}^2$  y un gasto de  $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$ , hasta obtener circulación en la superficie. Se continua bajando a la profundidad de 4720 m donde esta la resistencia de carbonatos. Aquí se empieza a cargar 600 kg de peso con la propia tubería (si la aguja indica la recuperación del peso de la tubería, implica que se logra vencer la resistencia), se levanta 20 m para que no se vaya a atascar la tubería; se vuelve a bajar hasta que se logra vencer la resistencia y que la tubería de producción y el pozo quedan limpios de carbonatos. Antes de sacar la tubería, se quita la succión (de la bomba triplex) de la unidad portadora de ácido y se conecta al tanque de agua para que se recupere la tubería con circulación de agua para desalojar el ácido con los residuos de carbonatos a la presa de quema.

En la superficie se lava la tubería con agua de cal tanto en su exterior como en su interior para evitar la corrosión.

#### III.4.- REMOCION DE OTROS DEPOSITOS.

En este tipo de depósitos se hace referencia a la arena y los sedimentos, estos dos generalmente provienen de la propia formación, pero en ocasiones a la formación se le efectúa un fracturamiento con arena y

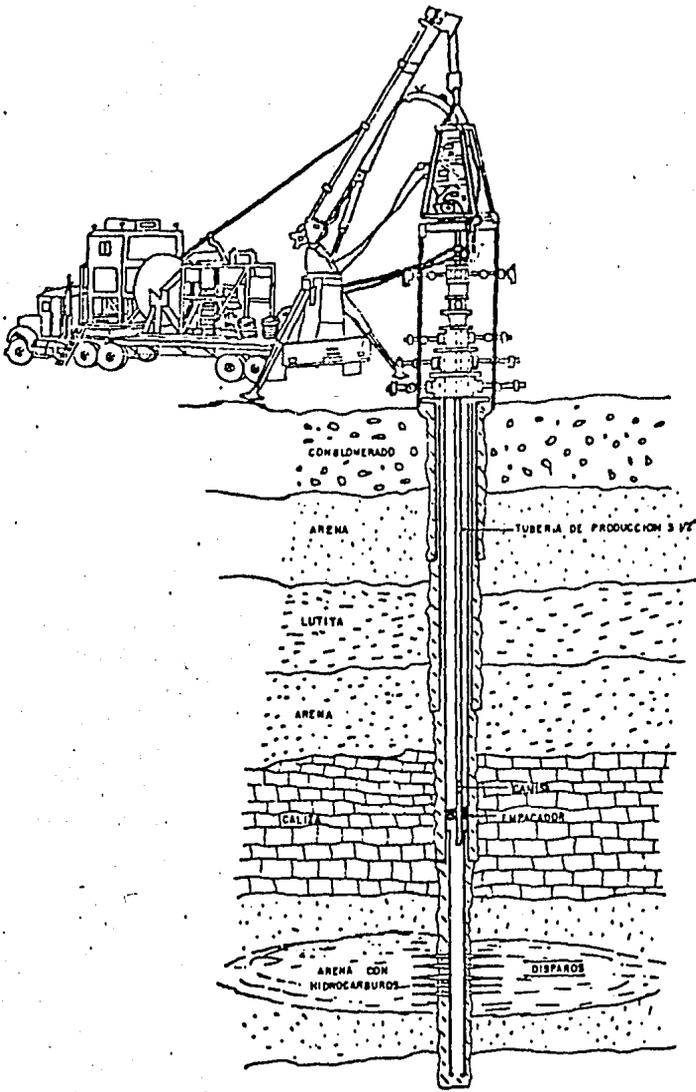


FIG:44- REMOCION DE CARBONATOS.

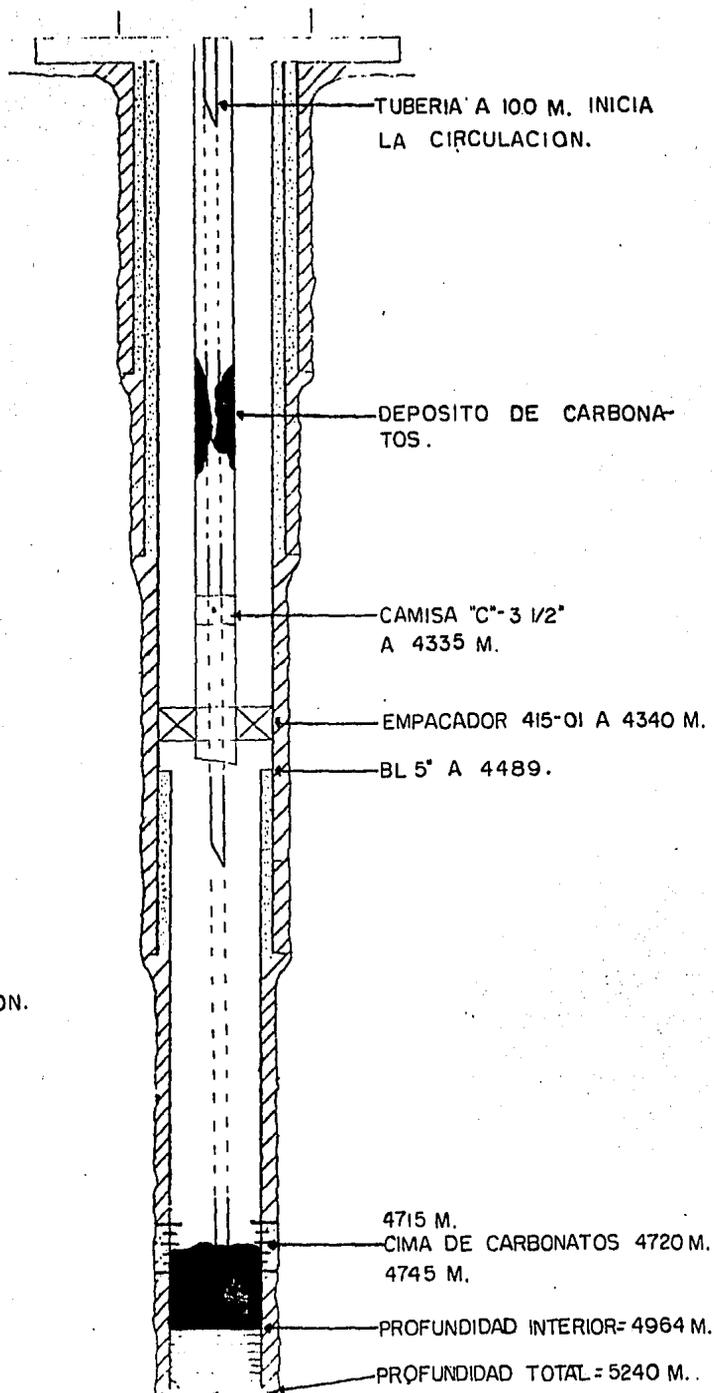


FIG:44- CONTINUACION.

pasado algun tiempo es desalojada parcialmente por los fluidos provenientes del yacimiento. Tanto la arena como los sedimentos se van acumulando en el fondo del pozo y con el paso del tiempo obstruyen el intervalo productor o forman tapones en la tubería de producción.

La aplicación de la Tubería Flexible es similar a la remoción de los depósitos antes mencionados, solo que en la remoción de arena se puede utilizar agua, diesel, espuma o lodo de baja densidad pero con alta viscosidad.

La descripción de una operación de remoción de arena, fig.45; es la siguiente:

Con el equipo de Tubería Flexible instalado y la succión de la bomba triplex conectada al tanque de agua, a la pipa de diesel, al generador de espuma o a la presa de lodos; dependiendo del fluido que se vaya a manejar durante la operación, se baja la tubería a la profundidad de 100 m para obtener circulación a presión de  $140 \text{ kg/cm}^2$  y un gasto de  $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$ , que serán constantes, se continua bajando la tubería hasta 2500 m que es la cima de la arena y se carga 600 kg de peso con la propia tubería, al empezar a vencer la resistencia se levanta 20 m para circular y no haya riesgo de que se atore la misma. Esta operación se repite en varias ocasiones y ya que se haya vencido la resistencia se limpia el intervalo productor antes de recuperar la tubería a la superficie. Los productos de deshecho son desalojados a la presa de quema.

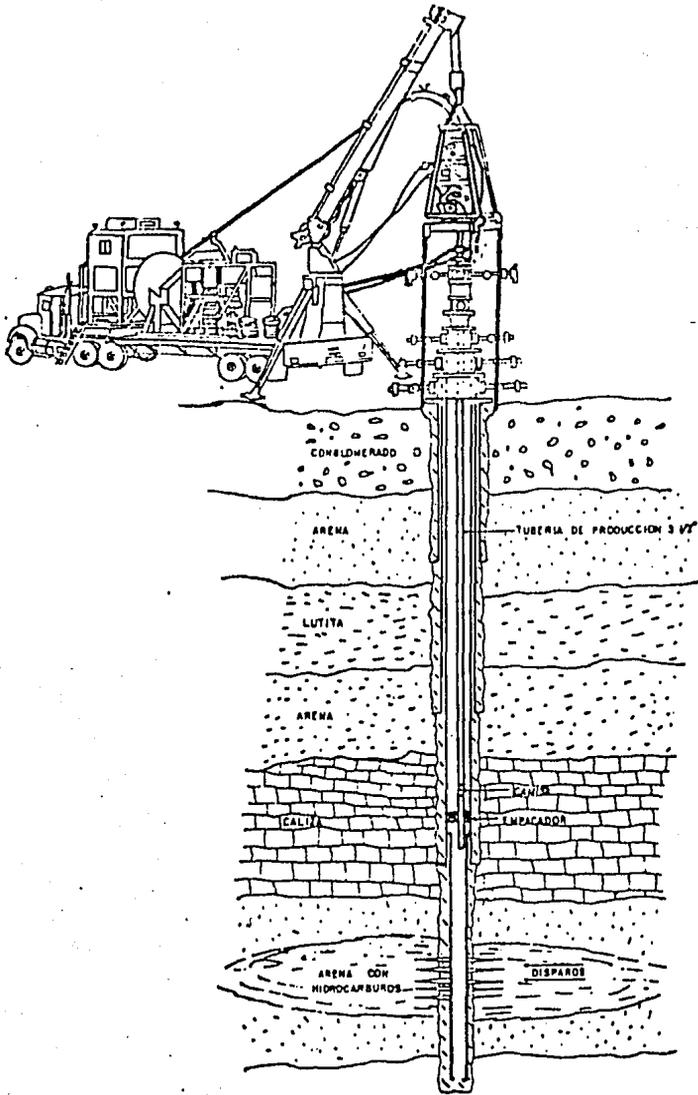


FIG: 45 - REMOCION DE ARENA.

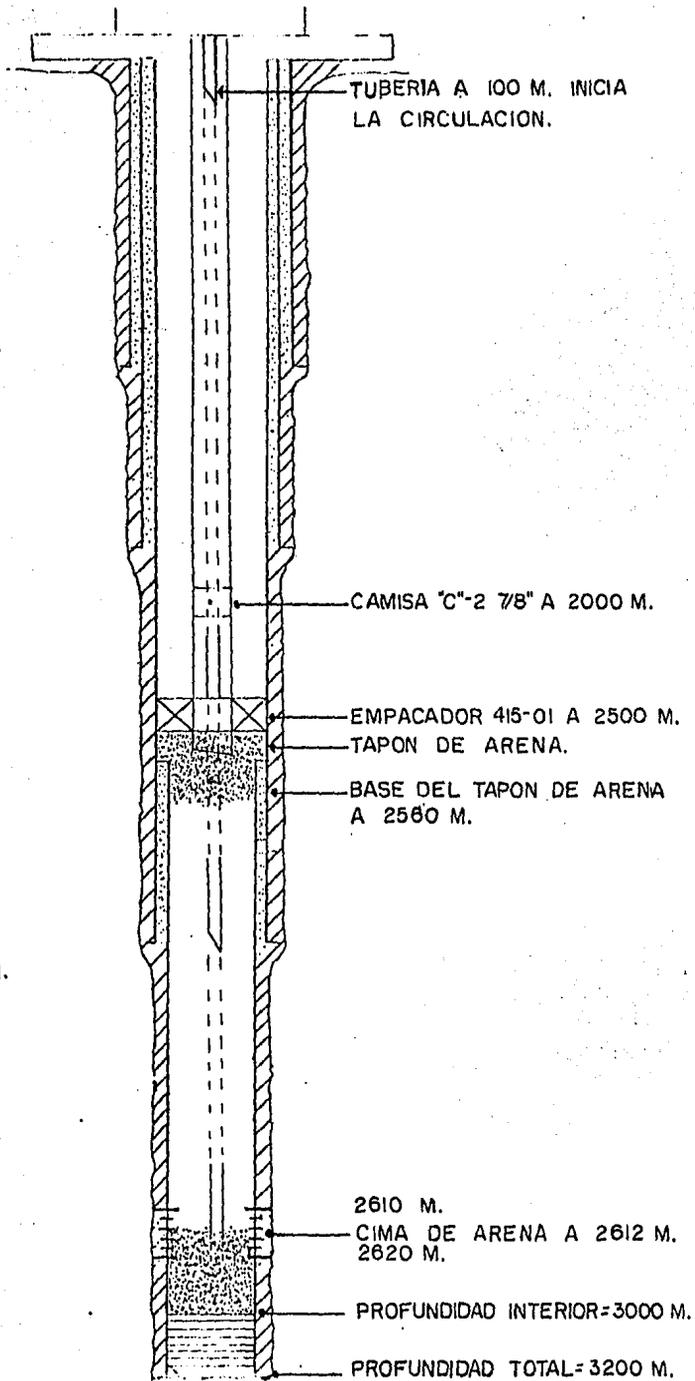


FIG: 45- CONTINUACION.

### III.5.- INDUCCION.

En las operaciones de reparación y termina---  
ción de pozos se utiliza un fluido denominado de cun---  
trol, el cual puede dañar la formación y además provoca  
una columna hidrostática pesada que no puede ser despla---  
zada por la presión que ejerce el yacimiento, por lo---  
que se requiere propiciar que la formación pueda apor---  
los fluidos a la superficie.

Esto se logra con una inducción al pozo, con-  
lo cual se aligera la columna hidrostática e implica---  
que la presión del yacimiento sea más grande que la pre-  
sión de dicha columna y pueda haber una producción de--  
hidrocarburos. Por lo general las inducciones se reali-  
zan con nitrógeno.

Para realizar esta operación, se conecta la u  
nidad de nitrógeno a la conexión del carrete de la tube-  
ría y se introduce la misma a la profundidad de 100 m,-  
donde se inicia el bombeo de nitrógeno para obtener cir-  
culación con gasto constante y baja presión. Se conti-  
nua bajando la tubería hasta la base de los disparos y-  
en este punto alcanzar su máxima presión de bombeo con-  
nitrógeno, enseguida se empieza a recuperar la tubería-  
a la superficie con gasto constante y disminución de---  
presión. Durante la operación se desalojan los fluidos-  
a la presa de quema, por último se observa el pozo.

A continuación se describe una operación de--  
inducción en un pozo sin equipo, fig.46.

Con la unidad instalada en el pozo y con ayu-  
da de las unidades de almacenamiento e inyección de ni-  
trógeno, se prueban las conexiones superficiales repre-

sionandolas para checar que esten en condiciones de operación. Se baja la tubería a 100 m, donde se inicia el bombeo de nitrógeno con un gasto constante de  $0.0013 \text{ m}^3$  por segundo y una presión inicial de  $175 \text{ kg/cm}^2$  para obtener circulación. Se continua bajando hasta la profundidad de 4515 m (base de los disparos) con el mismo gasto y la presión incrementada a  $280 \text{ kg/cm}^2$ , se inicia a recuperar la tubería a la superficie con un decremento de la presión a  $175 \text{ kg/cm}^2$ . Durante la operación se desalojan los fluidos del pozo a la presa de quema.

### III.6.- LIMPIEZA DE POZO Y/O TUBERIA.

Este tipo de intervención se divide en----- limpieza de residuos de estimulación y en limpieza para desalojar lodo; descubrir boca de pescado y acondicionar fluidos del pozo.

Se ha comprobado que despues de las operaciones de terminación o reparación de los pozos, la formación queda dañada por el fluido de control; éste daño--proporciona una gran disminución en la permeabilidad de la roca y puede llegar al grado de que ni efectuandole--una inducción al pozo producirá hidrocarburos. Por lo--tanto se efectuará un estudio de la formación para de--terminar si es factible estimularla, o sea, inyectar ácido contra la formación con el fin de eliminar el daño.

Despues de inyectar el ácido y dejar que re--accione un tiempo determinado, es necesario desalojarlo junto con los productos de reacción. En ocasiones paralelo se utiliza la Tubería Flexible tomando precaución--de que tenga todo el tiempo circulación de agua para---

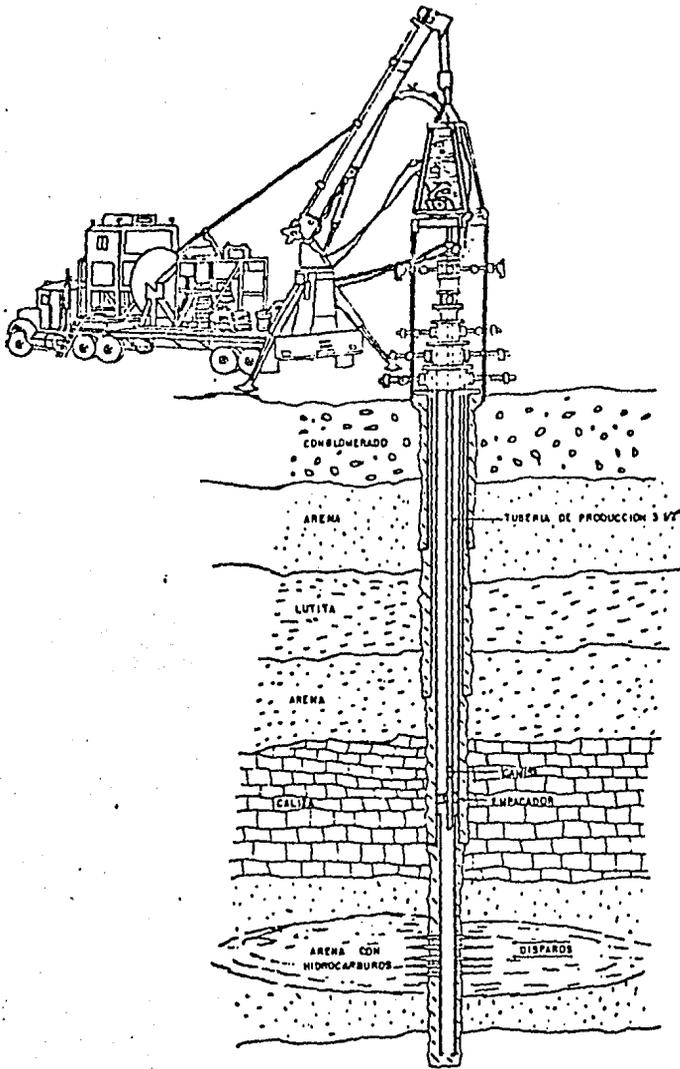


FIG.46 - INDUCCION.

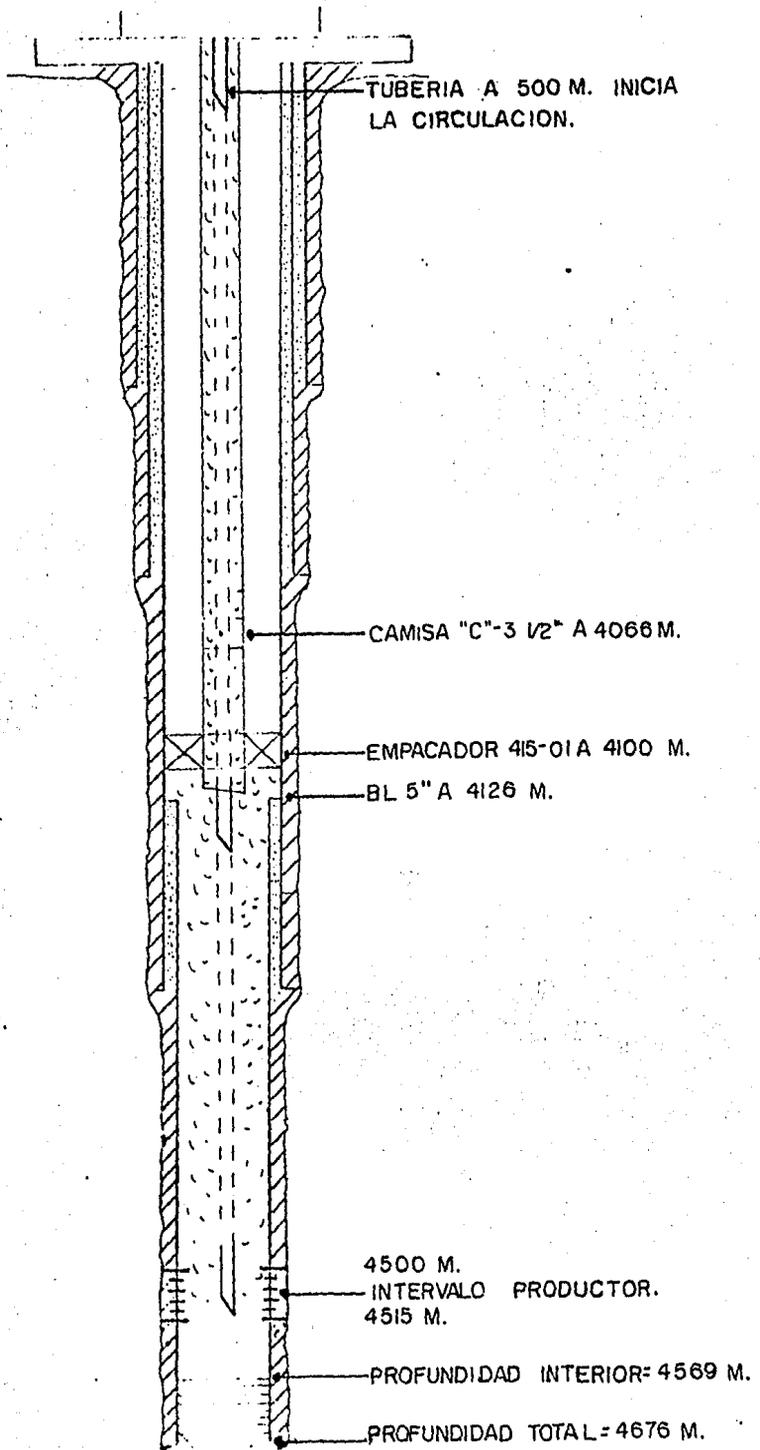


FIG: 46.- CONTINUACION.

que el ácido que llegue a quedar vivo no pueda corroer la tubería.

En la operación se conecta la succión de la bomba triplex a el tanque de agua para bajar la tubería con presión y gasto constante. Se baja hasta la base de los disparos para que el pozo quede limpio de ácido y productos de reacción. Todos los fluidos se descargan a la presa de quema. Se saca la tubería a la superficie para observar los resultados de la estimulación, en caso de que no fluya se procede a inducir el pozo.

En las operaciones de terminación o reparación de los pozos se puede tener una mala circulación o ausencia de la misma, lo que provoca un asentamiento del lodo en el fondo del pozo o en la tubería de producción y que debe ser limpiado para que no se solidifique y forme un tapón.

Cuando se tiene un pescado en el interior del pozo, este se va cubriendo de lodo que se asienta poco a poco y de residuos del propio pescado, esto es debido a que se trata de moler o conectar para eliminarlo. Es necesario lavar la boca del pescado para que se pueda seguir operando sobre ella o en su caso si ya se conectó se lava interiormente para desalojar los depósitos que contenga y sea más fácil su recuperación.

La aplicación de la Tubería Flexible en la limpieza de asentamiento de lodo o sedimento es similar a las operaciones descritas en los incisos anteriores. Para el acondicionamiento del pozo se introduce la tubería y se baja con presión y gasto constantes hasta la profundidad deseada para limpiar adecuadamente el pozo.

La limpieza para descubrir la boca del pescado es similar a la operación anterior, pero cuando se tiene que lavar interiormente el pescado y para mejorar la eficiencia de la operación en ocasiones se le adapta a la tubería accesorios como eyectores (jet) o turbobarreras (dyna drill). En el caso del eyector de 4.45 cm de diámetro, se baja la tubería cargando peso a la resistencia para levantar la tubería 20 m y de nuevo bajar para cargar peso, esta secuencia se realiza hasta vencer la resistencia del interior del pescado; pero en ocasiones no se logra vencerla por lo que se utiliza un turbobarrena, el cual se adapta a la tubería y se baja proporcionando peso con la misma tubería para que por medio de circulación del fluido se active el motor de fondo.

A continuación se describe una operación de limpieza de una tubería que quedó como pescado, fig. 47.

Con el equipo de Reparación y Terminación de Pozos se operó a conectar el pescado con éxito, se instaló la unidad de Tubería Flexible. Como pescado se había quedado un molino de 10.16 cm de diámetro. Una combinación de 10.16 cm a 9 cm de diámetro y dos tramos de tubería de producción de 9 cm de diámetro. La boca fue una caja de tubería de producción de 9.21 cm de diámetro.

Primeramente se conectó la succión de la bomba triplex al tanque de agua y se baja la tubería con circulación a presión y gasto constantes hasta la profundidad de 2500m donde se empieza a limpiar el interior del pescado hasta 2580m; con la tubería estacionada se circula un determinado tiempo antes de empezar a

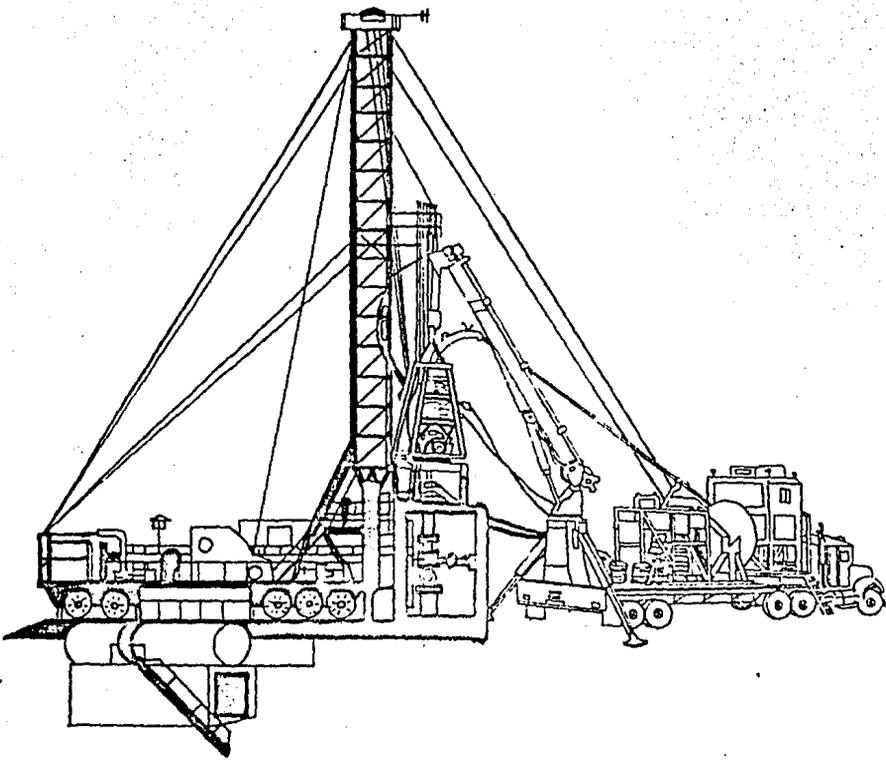


FIG: 47: LIMPIEZA INTERIOR DE UN PESCADO.

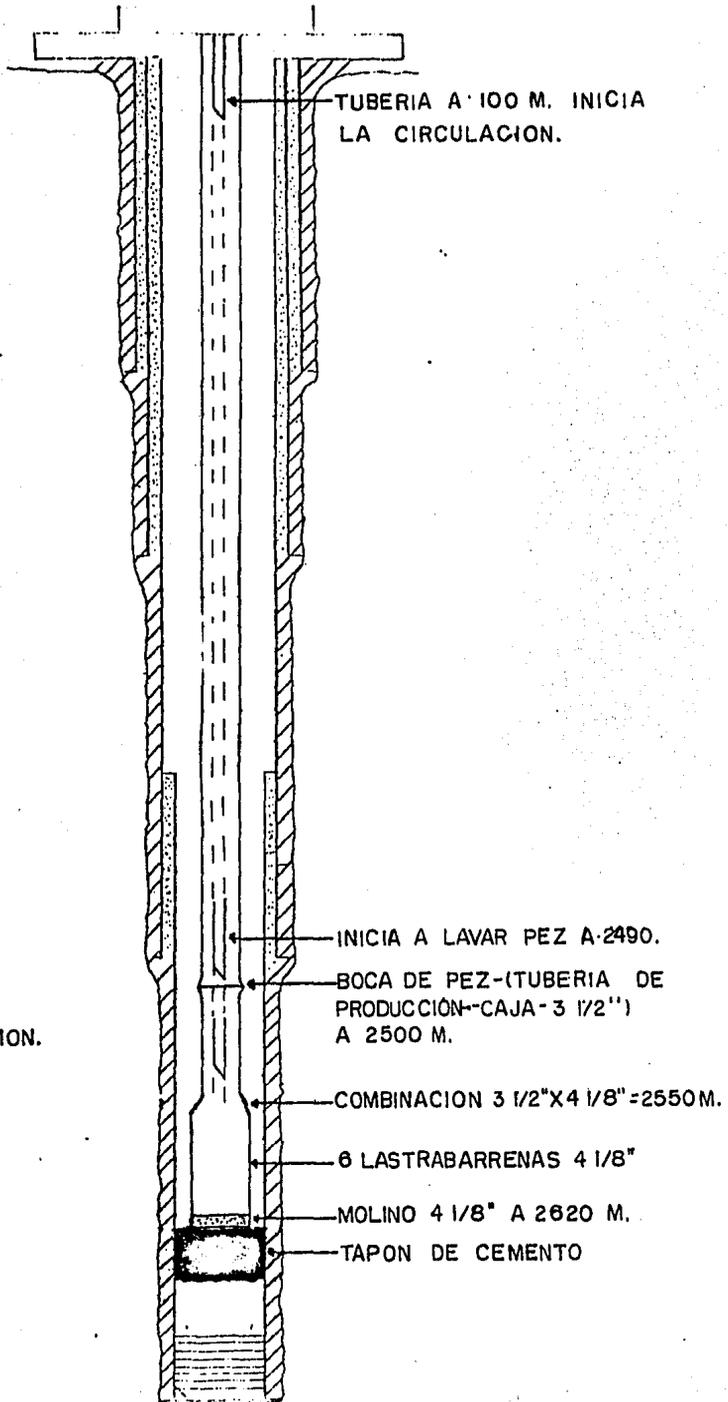


FIG. 47: CONTINUACION.

subir y recuperar la tubería a la superficie.

### III.7.- CAMBIO DE FLUIDOS Y/O CONTROL DE POZO.

Durante las etapas de perforación, terminación o reparación de los pozos, hay ocasiones que no se pueden realizar determinadas operaciones tales como: colocar tapones de cemento, disparar intervalos productores o recuperar pescados, etc. Esto es debido al fluido de control que contiene el pozo y que trae como consecuencia que se realice un cambio de fluidos para poder efectuar más fácilmente las operaciones programadas.

La aplicación de la Tubería Flexible con este fin consiste en bajarla a 100 m y con la bomba triplex-conectada al tanque de fluidos se obtiene circulación a presión y gasto constantes. Se continua bajando por etapas circulando en nuevo fluido de control (generalmente más ligero que el anterior) hasta la profundidad interior del pozo, se realizan varios viajes para que la columna hidrostática este homogeneizada y dejar el pozo en condiciones de ser intervenido. El fluido desalojado se almacena en presas para que despues sea utilizado en otro pozo.

El control de pozo es cuando al estar operando en el interior del pozo, la presión de la formación vence a la presión ejercida por la columna hidrostática por lo que se tendrá que controlar el pozo con un fluido de mayor densidad. En este caso se baja la tubería a 100 m aproximadamente para circular con gasto constante y baja presión, la cual se irá incrementando conforme se continue bajando. Se circula hasta la base de los

disparos para levantar la tubería cerca de 1000 m y volver a hajar la misma, esta operación se repite en varias ocasiones con la finalidad de tener el pozo controlado con una columna homogeneizada.

Para ejemplificar una operación de cambio de fluidos, supongase un pozo con fluido de control de lodo bentonítico de 1.20 gr/cc y 40 seg de viscosidad. Se desea disparar el intervalo 4500 m a 4515 m, pero por las características del lodo no se pueden bajar con línea la herramienta de las pictolas "Scallop"; por lo que es necesario cambiar el fluido existente por otro de menor densidad y viscosidad, fig.46.

La unidad de Tubería Flexible se instala sobre la mesa rotaria del equipo de Reparación y Terminación de Pozos, además la succión de la bomba triplex se conecta al tanque de agua y se comienza a bajar la tubería hasta 100 m donde se inicia el bombeo con gasto de agua de  $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$  y una presión de  $170 \text{ kg/cm}^2$ . Se continúa bajando hasta la profundidad interior de 4569 m, se levanta la tubería a 1000 m y se vuelve a bajar (realizando varios viajes) para tener una columna homogeneizada. Se recupera la tubería a la superficie quedando el pozo lleno de agua. El lodo desalojado se almacena en las presas con la finalidad de que pueda utilizarse en otro pozo.

I V

PROCEDIMIENTOS, NORMAS Y PROGRAMAS

PARA LAS INTERVENCIONES A POZOS

CON TUBERIA FLEXIBLE

#### IV.- PROCEDIMIENTOS, NORMAS Y PROGRAMAS PARA LA INTER-- VENCION DE POZOS CON TUBERIA FLEXIBLE.

##### IV.1.- INTRODUCCION.

Este equipo especial es muy recomendable y eficiente para las intervenciones descritas en el capitulo III, ya que se presentan con mucha frecuencia durante la vida operativa de los pozos productores o inyector y permite en algunos casos evitar la reparación de los pozos con equipos convencionales. Para asegurar el éxito en el trabajo se requiere de una buena programación a seguir durante el desarrollo de las operaciones con Tubería Flexible.

Para la elaboración de un programa de operación es necesario aplicar determinadas normas y procedimientos que permiten que la intervención se desarrolle con éxito desde que la unidad sale de su base o se llegue a transportar de pozo a pozo.

##### IV.2.- PROCEDIMIENTOS Y NORMAS.

Los procedimientos y normas marcan la secuencia tanto operativa como de seguridad para la intervención de un pozo con equipo o sin equipo de Perforación o Reparación y Terminación de Pozos.

La secuencia a seguir es la siguiente:

- a) Condiciones de la localización y caminos de acceso.
- b) Condiciones del árbol de válvulas y de las conexiones superficiales.
- c) Programa explícito de la intervención.
- d) Análisis de datos preliminares del pozo.

- e) Instalación de la unidad de Tubería Flexible.
- f) Calculo de parámetros.
- g) Operación con Tubería Flexible.

a) CONDICIONES DE LA LOCALIZACION Y CAMINOS DE ACCESO.

Los caminos deben ser amplios y sin baches para que la unidad tenga facilidad al efectuar sus maniobras y evitar atascamientos de la misma, especialmente cuando las condiciones climatológicas no sean favorables, fig.48.

La localización debe estar bien engravada y nivelada para evitar atascamientos, además si se encuentra operando un equipo de Perforación o Reparación y Terminación de Pozos, es necesario que quiten los bastidores que contienen tubería, así como las herramientas de trabajo para que se disponga de un área despejada y pueda instalarse la unidad.

b) CONDICIONES DEL ARBOL DE VALVULAS Y DE LAS CONEXIONES SUPERFICIALES.

Para que la unidad de Tubería Flexible pueda trabajar sin riesgos, es necesario que tanto el árbol de válvulas como las conexiones superficiales se encuentren completas y en buen estado mecánico.

Todos los datos se solicitan al Departamento de Producción, el cual informará si el pozo está completo o si falta algún detalle para tenerlo en condiciones operativas.

El árbol debe contar con la brida superior en

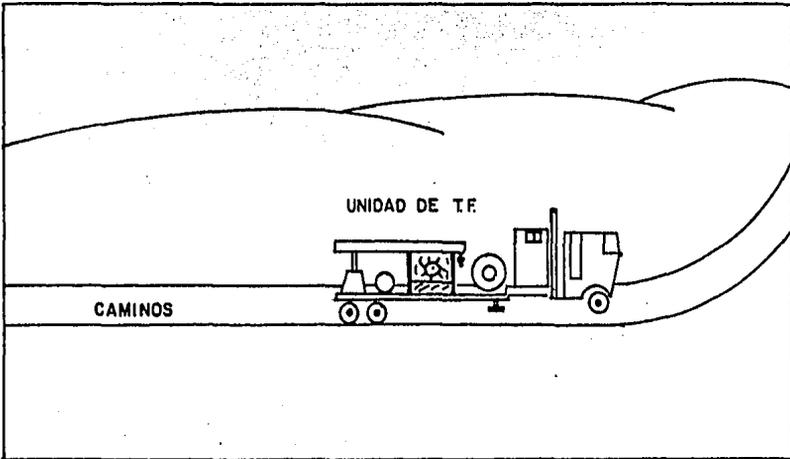
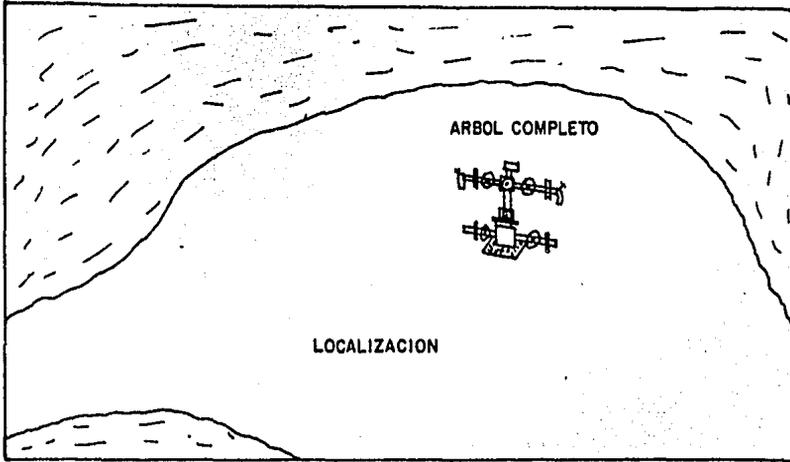


FIG.48: LOCALIZACION Y CAMINOS

donde va conectada la combinación de los preventores de la unidad, también debe contar con las bridas en las ramas laterales, el portaestrangulador y la conexión para el manómetro. Con todos estos elementos se considera un árbol completo.

Las conexiones superficiales son generalmente la línea de quema y la línea de escurrimiento, esta línea se conecta al portaestrangulador y en el otro extremo al sistema recolector de la batería, esto es importante porque si el pozo manifiesta hidrocarburos, no se recomienda que sean descargados a la presa de quema por que sería un desperdicio económico así como una contaminación ambiental.

La línea de quema es el conducto por el cual los fluidos que se desalojan del pozo durante la operación lleguen a la presa de quema, esta presa debe estar drenada para que pueda almacenar el volumen de fluidos desalojados del interior del pozo, fig.49.

Es recomendable que el supervisor del equipo de Tubería Flexible corrobore el estado de la localización, caminos de acceso e instalaciones superficiales.

#### c) PROGRAMA EXPLICITO DE LA INTERVENCION.

Las intervenciones que realiza esta unidad se explican en el capítulo III, pero para efectuar estas operaciones es necesario que se detalle ampliamente que intervención se realizará para poder conjuntar las herramientas adecuadas y las unidades auxiliares a utilizar; las cuales son:

- 1.- Tubería Bicolada o Acondicionada.

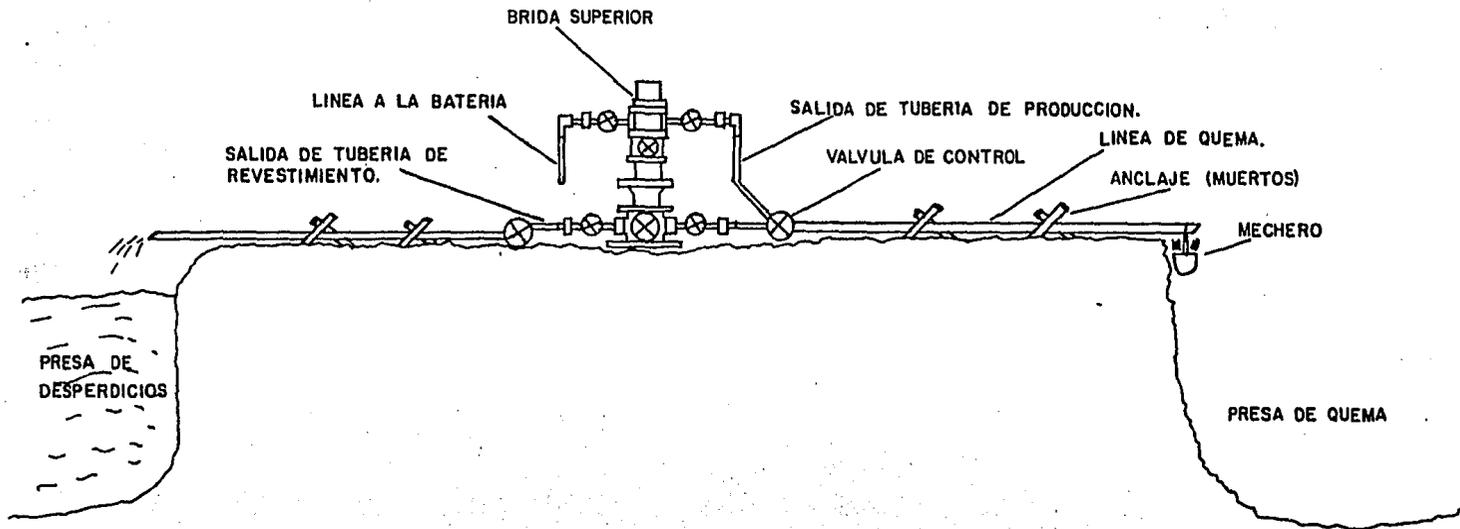


FIG.49: ARBOL Y CONEXIONES SUPERFICIALES

- 2.- Dispensor o Ejector (Jet).
- 3.- Turbobarrera (Dyna Drill).
- 4.- Unidad Almacenadora e Inyectora de Nitrógeno.
- 5.- Unidad Almacenadora de Aceite Caliente.
- 6.- Unidad Almacenadora de Diesel.
- 7.- Tanque Almacenador de Agua o Lodo.
- 8.- Unidad de Contra incendios.
- 9.- Planta de Soldar.

#### 1.- TUBERÍA BICELADA O ACONDICIONADA.

La Tubería Flexible puede ser moldeada de cierta forma dependiendo la operación a realizar.

Tubería Bicelada es aquella que en la punta tiene un corte de 45° y se realizan operaciones de remoción de arena, carbonatos, sal, lodo y sedimentos.

Tubería Acondicionada es aquella que tiene forma de una doble bicelada, o sea, se traza un eje imaginario que pase por el centro de la tubería y se corta desde un extremo superior hasta dicho eje por ambos lados. Por lo que quedan dos puntas opuestas, estas se doblan hacia el interior de la tubería y se forman dos tuberías para realizar operaciones de remoción de parafina, material asfáltico, sedimentos e inducciones, fig.50.

#### 2.- DISPERSOR O EJECTOR (JET).

Esta herramienta se acondiciona en el extremo de la tubería para realizar operaciones de remoción de arena, carbonatos, sal, material asfáltico y para vencer otro tipo de resistencias. El eyector mide 40 cm de largo, 4.45 cm de diámetro exterior y 1.27 cm de diáme-

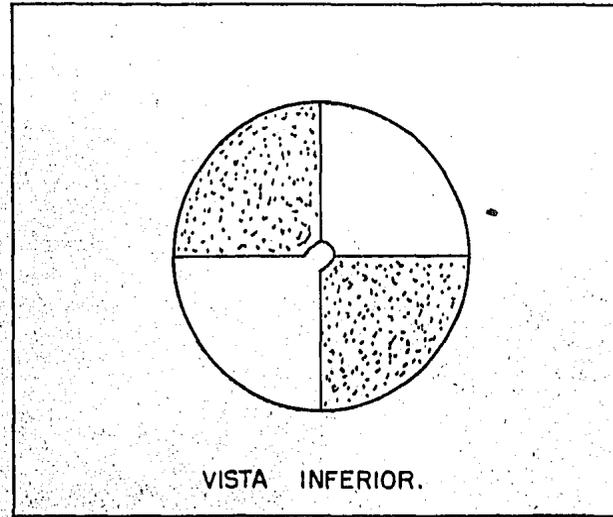
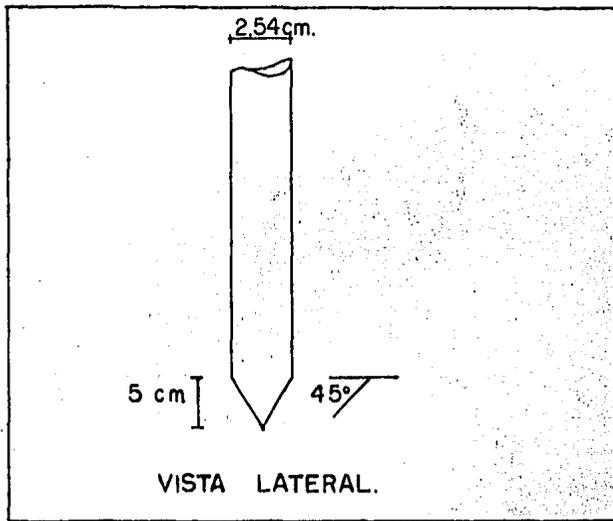


FIG:50: TUBERIA ACONDICIONADA O BICELADA.

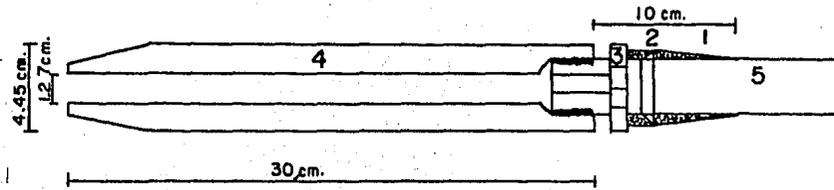
tro interior. Para adaptarse a la tubería, primeramente se introduce el adaptador y despues el anillo o birola de acero (la cual al ser comprimida por el C.P.I. o tuerca de ajuste, forma un surco o ranura en la tubería para sostener la herramienta). En seguida se introduce la tuerca de ajuste (C.P.I), con la cual al girarla se aprisiona el anillo de acero, el extremo inferior de la tuerca es un piñon con cuerda en donde se enrosca el cuerpo del eyector, fig.51.

Con el eyector se trabaja a cualquier gasto y en diversos rangos de presión (sin exceder de  $350 \text{ kg/cm}^2$ ), ya que la finalidad de esta herramienta es la de incrementar la velocidad y la presión del fluido que se maneja.

### 3.- TURBOBARRENA (DYNA DRILL).

Con el turbobarrena se realizan operaciones de rebajar lodo solidificado o tapones de cemento, esta herramienta se acondiciona a la Tubería Flexible en forma similar que el eyector; la herramienta mide aproximadamente 1.50 m de largo y 4.5 cm de diámetro. Está compuesta por un molino (de forma cónico) que mide 40 cm el cuerpo del turbobarrena mide 1m de largo y el conector 10 cm de largo, fig.52.

El molino es de cuerpo de acero ranurado, por estos canales pasan los recortes y son levantados hasta la superficie. La punta esta recubierta por bandas de carburo de tungsteno y ademas contiene 4 orificios o toberas para incrementar la velocidad y presión del fluido.



1.\_ADAPTADOR.

2.\_RONDANA AJUSTADORA.

3.\_TUERCA DE AJUSTE. (CONECTOR PARA INYECTOR).

4.\_CUERPO DEL DISPERSOR.

5.\_TUBO DE LA TUBERIA.

FIG.51: DISPERSOR O EYECTOR.

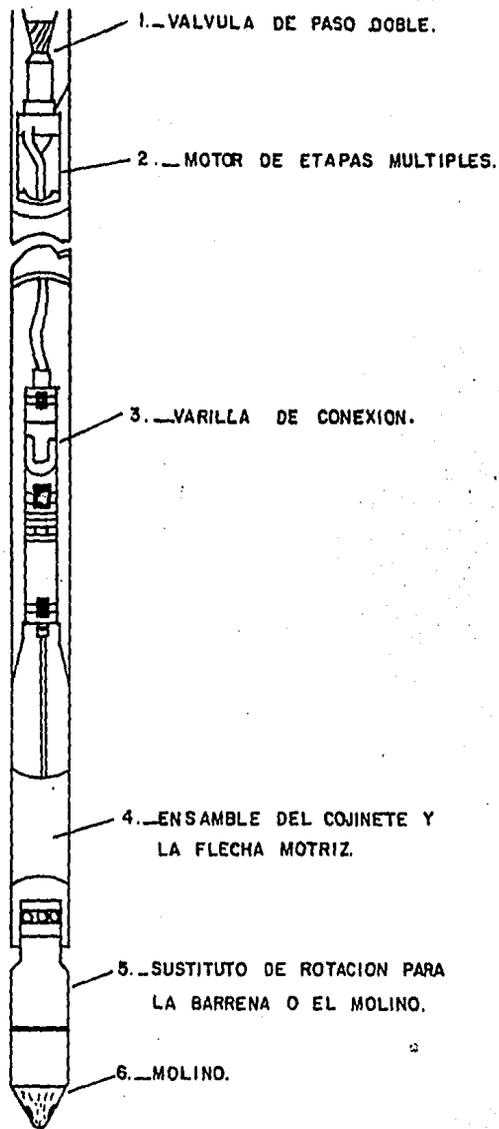


FIG. 52. COMPONENTES DEL TURBOBARRENA (DYNA DRILL).

El turbobarrena consta de un motor con un pasaje espiral de forma cilíndrica que tiene un rotor de acero sólido que al girar se mueve excéntricamente. Modelado en forma de una 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, la cual da movimiento al sustituto de rotación donde va conectado el molino.

El turbobarrena se compone de:

- 1.- Válvula de Doble Paso.
- 2.- Motor.
- 3.- Varilla de Conexión.
- 4.- Cojinetes y Flecha Motriz.
- 5.- Sustituto de Rotación para el Molino.

#### 1.- VALVULA DE DOBLE PASO.

Está formada por un pistón deslizante o de garganta, un asiento de manga, un resorte y orificios exteriores. La función de la válvula es permitir que el fluido que se utiliza en la operación circule a través de la herramienta cuando se trabaja con ella y desalojar el fluido por los orificios exteriores cuando no se trabaja con la misma, o sea, cuando se saca o se mete la herramienta.

Cuando no hay circulación de fluidos, el resorte mantiene el pistón en posición superior, con lo cual los orificios externos permiten la entrada y salida del fluido a través de los costados de la válvula. Pero cuando hay circulación de fluido, este acciona el pistón hacia la parte inferior forzándolo contra el a--

siento, con lo cual se obstruyen los orificios externos. Al dejar de bombear, el resorte hace que el pistón regrese a su posición original para dejar los orificios abiertos, fig.53.

## 2.- MOTOR.

El motor es una bomba de tipo helicoidal que se utiliza en una aplicación inversa, ya que 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 de operación.

El motor está formado por el estator o cubierta exterior estacionada y por el rotor o flecha giratoria interna. El estator es el tubo de la herramienta que se encuentra recubierto con un compuesto especial (Buna-N-Elastómero de alta resistencia a la abrasión y a los hidrocarburos), para crear una cavidad espiral de sección transversal cilíndrica. El rotor es una flecha helicoidal de acero cromado, es excéntrica en ambos extremos y tiene forma de onda sinusoidal, la flecha gira a medida que el fluido es forzado a través del motor, fig.54.

## 3.- VARILLA DE CONEXION.

Unida al extremo inferior del rotor, la varilla de conexión transmite el torque al ensamble de la flecha motriz, o sea, convierte la rotación excéntrica del rotor a la rotación concéntrica de la flecha motriz. La flexibilidad del ensamble de la varilla de conexión-

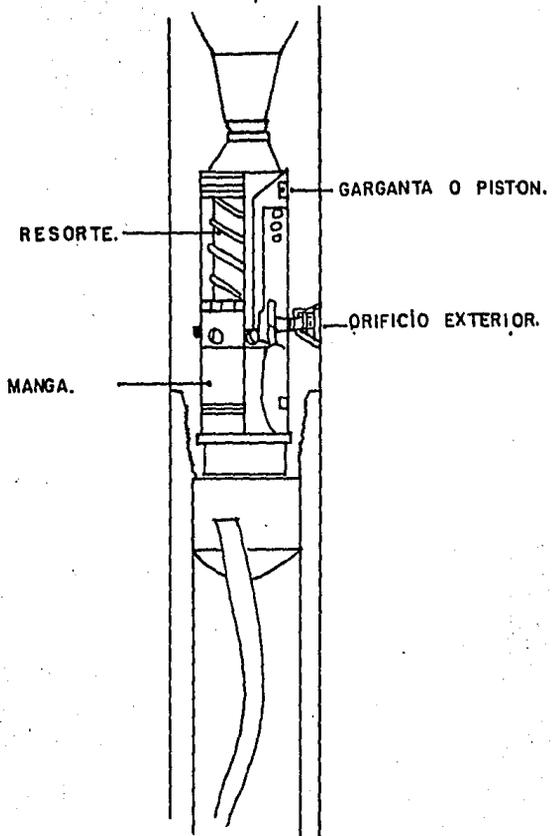


FIG: 53: VALVULA DE DOBLE PASO.

se logra mediante uniones universales opuestas, fig.55.

#### 4.- COJINETES Y FLECHA MOTRIZ.

La potencia giratoria del motor se transmite al molino mediante una flecha motriz que se encuentra apoyada en 3 cojinetes, fig.56.

- a) COJINETE SUPERIOR DE CARGAS: Soporta el efecto hidráulico del pistón o la carga sobre la herramienta al sacarla del fondo o cuando no se ejerce peso sobre el molino.
- b) COJINETE RADIAL Y REDUCTOR DE FLUJO: La parte superior esta diseñada para servir como balero auxiliar. El laberinto del reductor de flujo esta diseñado para medir o restringir el paso del fluido através de la sección de cojinetes.
- c) COJINETE INFERIOR DE CARGA: Es un cojinete de bolas para trabajo pesado y baja fricción, diseñado para aguantar la carga ejercida sobre el molino en el fondo del agujero.

#### 5.- SUSTITUTO DE ROTACION PARA EL MOLINO.

Esta es la unica parte externa giratoria del turbobarrena. Constituye la parte inferior de la flecha motriz y tiene opciones para conectar el molino, fig.57.

La secuencia de circulación es la siguiente: El fluido entra por la válvula de doble paso y fuerza el pistón hacia abajo con lo que cierra los orificios exteriores, posteriormente entra al motor por el espacio que existe entre el rotor espiral y el estator, continua entre la varilla de conexión y la cubierta. Al en-

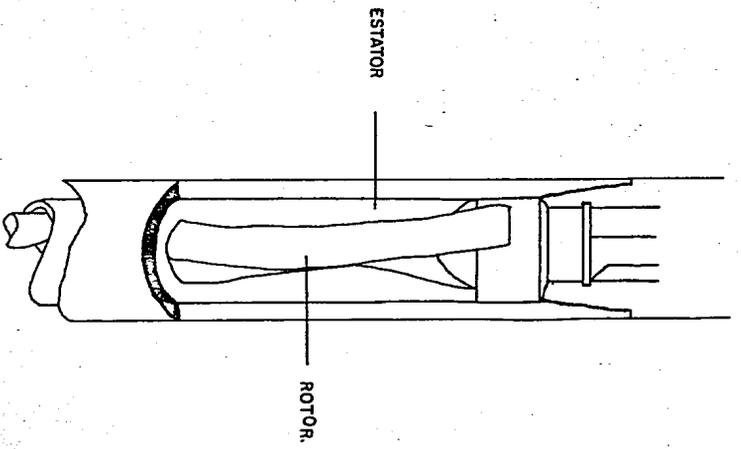


FIG:54- MOTOR DE ETAPAS MULTIPLES.

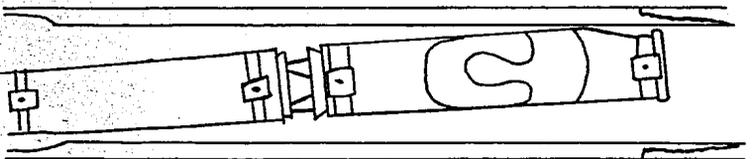


FIG:55- VARILLA DE CONEXION.

trar al ensamble del cojinete y la flecha motriz, aproximadamente el 90 o 95% del fluido pasa por los orificios colocados en la parte superior de la flecha motriz, por último sale através del molino, fig.57.

La operación del turbobarrena esta limitada debido a que solo se usan gastos de  $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$  (1/2 bls/min) para tener una rotación uniforme del molino y rangos de presión de 210 a  $245 \text{ kg/cm}^2$ . El peso óptimo que se le carga a la herramienta debe ser el 50% del peso total de la sarta que este trabajando en el interior del pozo.

#### 4.- UNIDAD ALMACENADORA E INYECTORA DE NITROGENO.

Esta unidad es un camión con plataforma fija que mide 10 m de largo y 2 m de ancho, contiene un termo de 7 m de largo por 2 m de diámetro y su capacidad es de  $7 \text{ m}^3$  de nitrógeno líquido, tambien aloja una bomba "Cummins" que ocupa un espacio de 1 m de largo por 1.5 m de ancho y 1.2 m de alto. Tiene un sistema que calienta el nitrógeno líquido y lo convierte en gaseoso por medio de un serpentín, con la finalidad de que durante la circulación el nitrógeno sea bombeado con facilidad.

La bomba del equipo proporciona gastos de  $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$  y presiones variables que son requeridas para la operación con la tubería.

La unidad de nitrógeno se conecta a la Tubería Flexible por medio de una manguera de descarga que se conecta a la unión rápida del carrete. Tanto el gasto como la presión son manejados desde el tablero de la

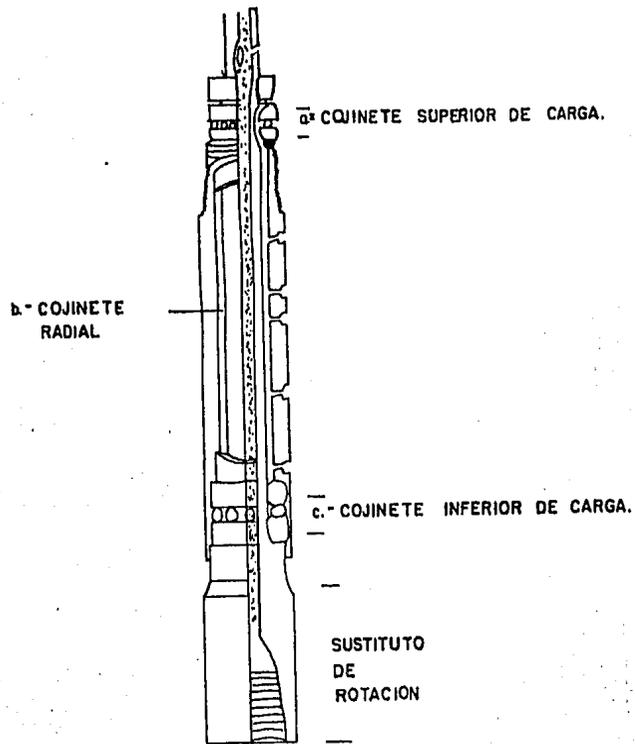


FIG: 56.- ENSAMBLE DEL COJINETE Y LA FLECHA MOTRIZ.

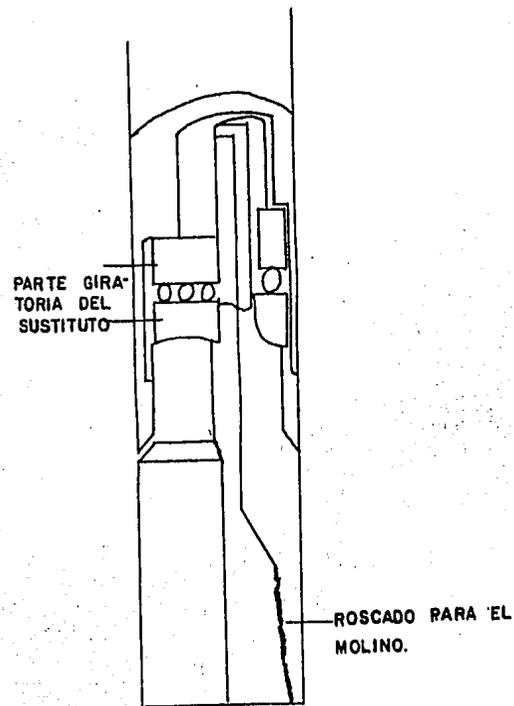


FIG: 57.- SUSTITUTO DE ROTACION. PARA EL MOLINO.

unidad de nitrógeno, fig.58.

Para convertir el nitrógeno líquido a nitrógeno gaseoso se utilizan los siguientes factores:

$1\text{m}^3$  de nitrógeno líquido =  $694.4\text{m}^3$  de nitrógeno gaseoso.  
 $1\text{kg}$  de nitrógeno líquido =  $0.862\text{m}^3$  de nitrógeno gaseoso.  
 $1\text{m}^3$  de nitrógeno gaseoso =  $1.173\text{kg}$  de nitrógeno gaseoso.  
 $1\text{m}^3$  de nitrógeno líquido =  $814.8\text{kg}$  de nitrógeno líquido.

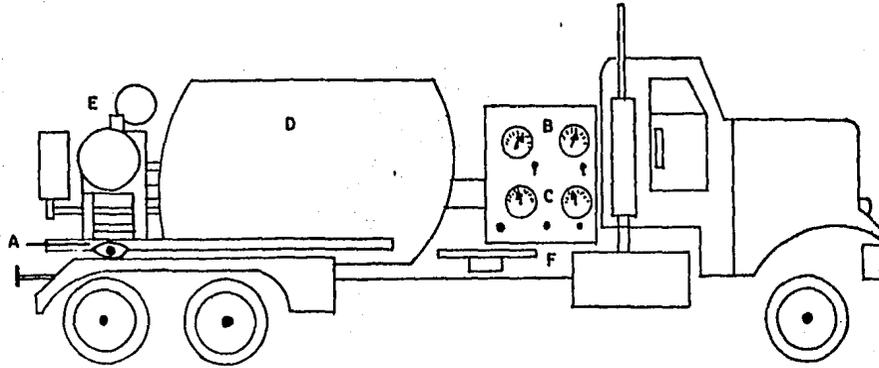
#### 5.- UNIDAD DE ACEITE CALIENTE.

Esta unidad se compone de un camión con plataforma fija que mide 7 m de largo por 2 m de ancho, contiene un tanque de 4 m de largo por 2 m de ancho con capacidad de  $12\text{m}^3$  de aceite, una caldera de 1 m de largo y 1.5 m de ancho, en donde se eleva la temperatura del aceite hasta alcanzar los  $77^{\circ}\text{C}$ .

La manguera de descarga de la unidad de aceite caliente se conecta a la succión de la bomba triplex para circular el aceite por la Tubería Flexible, fig.59.

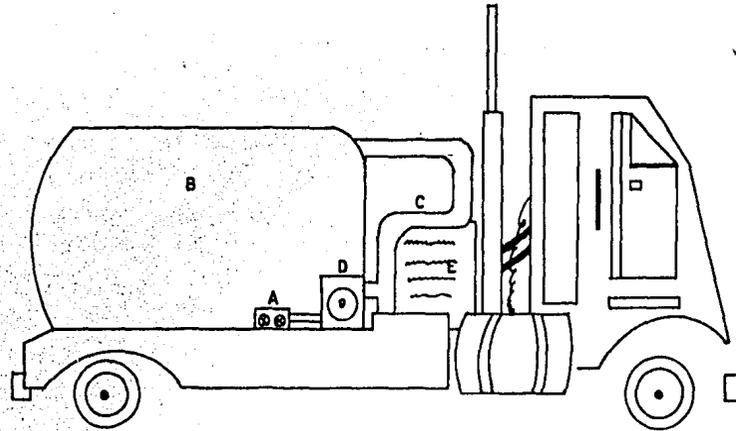
#### 6.- UNIDAD ALMACENADORA DE DIESEL.

Es un camión que contiene un tanque de 12 m de largo por 2.5 m de diámetro y cuya capacidad es de  $21\text{m}^3$ . Estos no contienen bomba por lo que la manguera de descarga de la pipa se conecta a la succión de la bomba triplex de la tubería, para que la descarga de esta, se conecte a la conexión rápida del carrete. Se bombea el diesel con presión variable (sin exceder  $350\text{kg/cm}^2$ ) y con gasto de  $0.0013\text{m}^3/\text{seg}$ , fig.60.



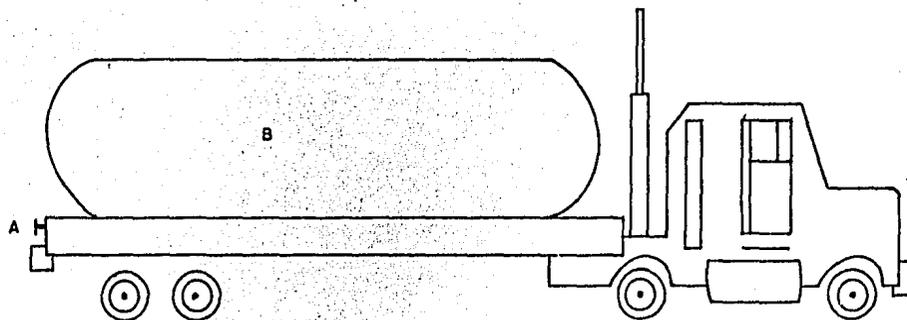
- A° CONEXION HACIA LA TUBERIA FLEXIBLE.
- B° MANOMETRO DE PRESION DE BOMBEO.
- C° INDICADOR DE GASTO.
- D° TERMO DE NITROGENO.
- E° CALDERA.
- F° BOMBA TRIPLEX.

FIG: 58- UNIDAD ALMACENADORA E INYECTORA DE NITROGENO.



- A- CONEXION HACIA LA TUBERIA FLEXIBLE.
- B- RECIPIENTE CON ACEITE.
- C- CONDUCTO DE CALENTAMIENTO.
- D- BOMBA CENTRIFUGA.
- E- CALDERA.

FIG-59- UNIDAD DE ACEITE CALIENTE.



A: TANQUE ALMACENADOR.

B: CONEXION PARA TUBERIA FLEXIBLE.

FIG: 60- UNIDAD ALMACENADORA DE DIESEL.

#### 7.- UNIDAD ALMACENADORA DE AGUA O LODO.

Es un recipiente el cual se lava y se llena de agua o lodo para que la succión de la bomba triplex se coloque en dicho recipiente. Se bombea con las mismas características de presión y gasto antes mencionados, fig.61.

#### 8.- UNIDAD DE CONTRAINCENDIOS.

La unidad de contraincendios consta de un camión bombero que tiene una bomba que desarrolla altos gastos y altas presiones con la finalidad de controlar los indicios de incendio y evitar su propagación.----- Tambien cuenta con extinguidores de espuma.

Generalmente se requerirá de esta unidad cuando la Tubería Flexible intervenga los pozos sin equipo, pero en ciertas ocasiones, dependiendo de la intervención a realizar, se requiera en pozos con equipo. Tales intervenciones serán por ejemplo: Cuando estimularon el pozo y se observa al quemador, cuando la formación anorta como fluido gas, etc, fig.62.

#### 9.- PLANTA DE SOLDAR.

Las unidades de Tubería Flexible deben contar en su taller con un soldador y una planta para soldar de 220 volts y 400 ampers, esto es con la finalidad de agilizar la reparación que se efectuó a la tubería.

Normalmente durante las intervenciones, la tubería se puede golpear, fisurar, picar y romper; por lo que se requiere que pase al taller para desenrollar la

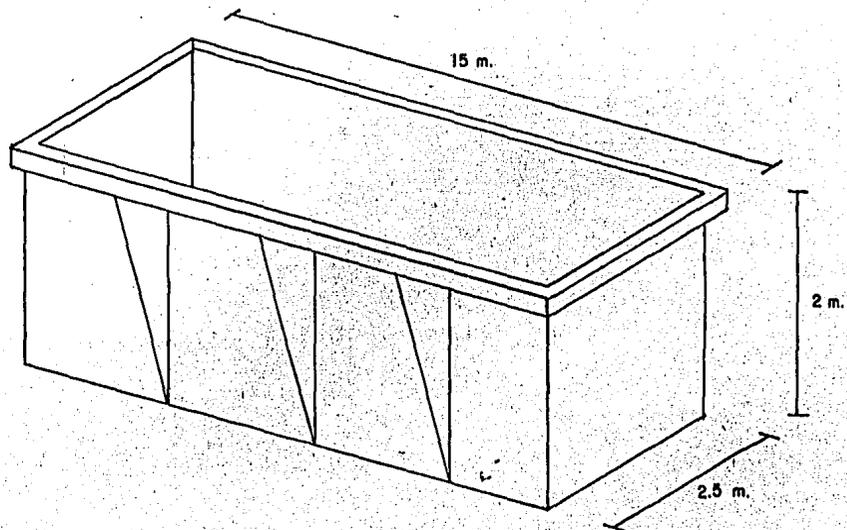
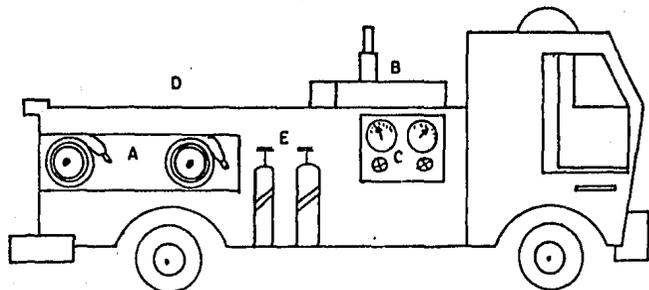


FIG: 61:- RECIPIENTE ALMACENADOR DE LODO O AGUA.



- A<sup>o</sup> CARRETES DE MANGUERAS.
- B<sup>o</sup> BOMBA.
- C<sup>o</sup> MEDIDORES DE PRESION Y GASTO.
- D<sup>o</sup> ALMACENAMIENTO DE AGUA.
- E<sup>o</sup> EXTINGUIDORES.

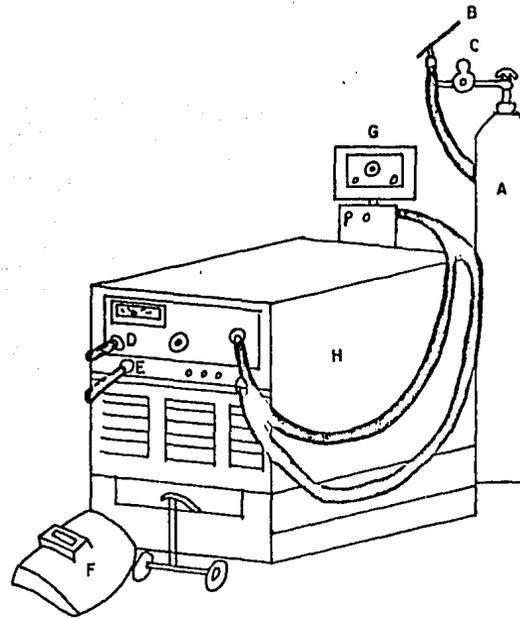
FIG:62- UNIDAD DE CONTRAINCENDIOS.

tubería del carrete principal a un carrete plano, realizada esta operación, se procede a volver a enrollar la tubería al carrete principal pero con lentitud para que se puedan detectar las anomalías ya descritas.

Cuando se detecta una anomalía en la tubería, se cortan los tramos en malas condiciones y se sueldan con gas argón-tungsteno y la planta de soldar, fig.63.- Esta operación la realiza una persona especializada, la cual corta con un corta-tubo la parte dañada, enseguida coloca los extremos en una guía para juntar las partes y tener una separación de 0.5 a 1 mm. Se colocan coples de broce a 15 mm de distancia de cada extremo que se va a soldar, con la finalidad de que ahíslen el calor al efectuar la soldadura.

Enseguida pule los tramos para quitarle el óxido y las impurezas, les hace un bicelado y junta dichos tramos para que con la varilla de soldar y el gas argón-tungsteno realice la soldadura en forma continua para que quede rellenada la ligera separación de los extremos tanto interiormente como exteriormente.

La soldadura final es inspeccionada por radiografía. Dos exposiciones angulares muestran una imagen doble elíptica de la soldadura, estas mostrarán la calidad del trabajo, buena penetración y ausencia de porosidad (particularmente en el punto de cierre).



- A° TANQUE DE ARGON.
- B° VARILLA DE SOLDADURA.
- C° MEDIDOR DE PRESION DE GAS.
- D° TOMA DE CORRIENTE POSITIVA.
- E° TOMA DE CORRIENTE NEGATIVA.
- F° CARETA DEL SOLDADOR.
- G° MEDIDOR DE CORRIENTE.
- H° MAQUINA DE SOLDAR.

FIG: 63.- MAQUINA Y ACCESORIOS PARA SOLDAR TUBERIA.

#### d) ANALISIS DE DATOS PRELIMINARES DEL POZO.

Para intervenir un pozo con la unidad de tubería Flexible, es necesario conocer las condiciones actuales del mismo, efectuando ciertos análisis preliminares como son:

- 1.- Estado Mecánico y Calibración del Pozo.
- 2.- Recuperación de Muestras con Cubeta Muestreadora.
- 3.- Registro de Presión de Fondo.

#### 1.- ESTADO MECANICO Y CALIBRACION DEL POZO.

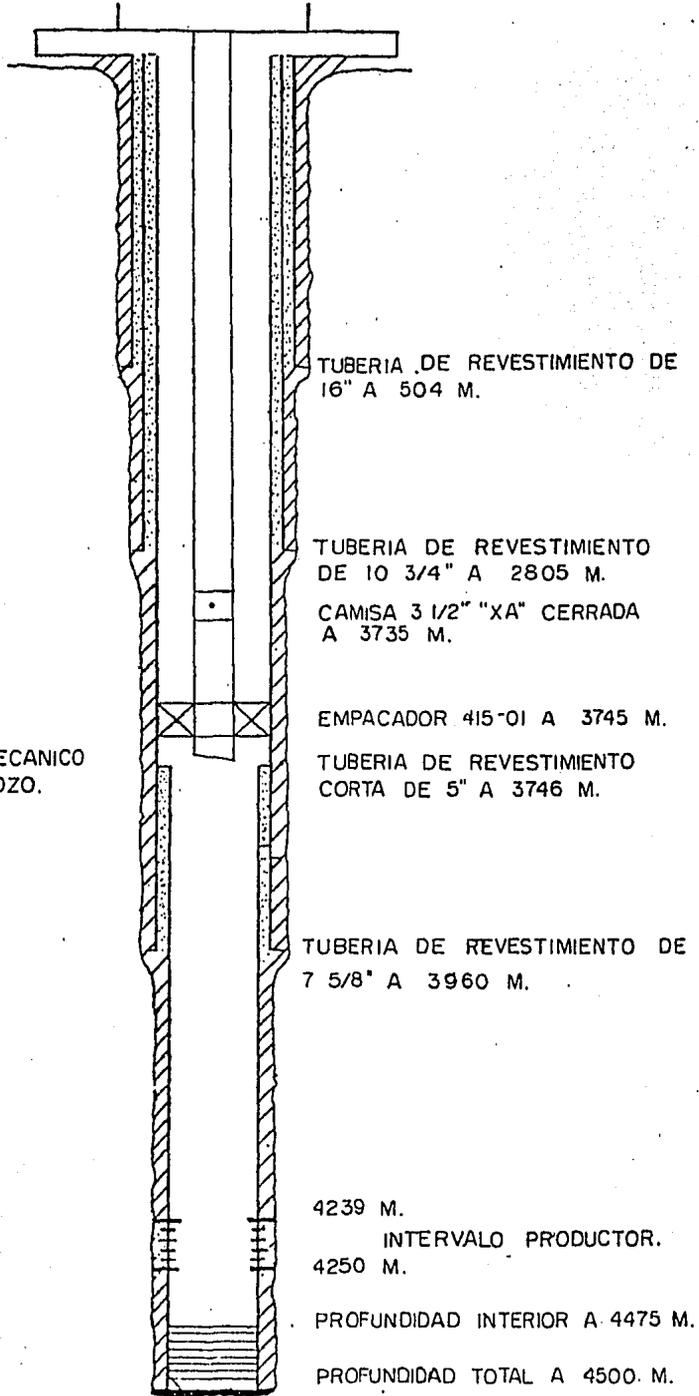
Esta información es necesaria para que se conozca el tipo de aparejo de producción que tiene instalado el pozo, así como su distribución que comprende la ubicación y tipo de camisa (cerrada o abierta), combinaciones, empacador, multi-V, extremo de la tubería de producción. Además las profundidades de la distribución de la tubería corta de revestimiento, la zona de los disparos, la profundidad interior, la presencia de cedazos, etc.

Los datos del estado mecánico se recaban con la finalidad de evitar que se tengan resistencias durante la operación o se atore la tubería. Si esto sucede se puede determinar la causa que ha provocado estas divergencias y se programa la solución al problema, fig 64.

#### CALIBRACION DEL POZO.

Esta operación se efectúa con la unidad de línea de acero de Geofísica y consiste en bajar una herramienta denominada Sello de Plomo, cuyas dimensiones i--

FIG: 64- ESTADO MECANICO  
DE UN POZO.



rán en proporción con los diámetros de la tubería de producción en que se vaya a operar, fig.65.

Por ejemplo:

Diámetro de la Tubería de Producción:	Diámetro del Sello de Plomo:
6.0 cm (2 3/8")	4.45 cm (1 3/4")
7.3 cm (2 7/8")	4.68 cm (1 27/32")
9.0 cm (3 1/2")	6.67 cm (2 5/8")

La finalidad del sello de plomo es para determinar que la tubería de producción este libre de cualquier obstrucción como son los colapsos, tapones de cualquier tipo de depósito y desprendimientos de la misma tubería. Detalles que pueden originar pescados de Tubería Flexible.

## 2.- RECUPERACIÓN DE MUESTRAS CON CUBETA MUESTREADORA.

La operación se realiza con la línea de acero de Geofísica y consiste en bajar la cubeta muestreadora a la profundidad a donde se encuentra el nivel de fluidos o al nivel medio del intervalo productor.

Las dimensiones de la cubeta muestreadora irán en proporción al diámetro de la tubería de producción (igual que en el sello de plomo), fig.6.

Esta operación es de gran importancia, ya que cuando se calibra un pozo y se detecta cierta resistencia en el interior de la tubería de producción, con la muestra que se obtenga se conoce físicamente el tipo de obstrucción que puede ser arena, parafina, material asfáltico, lodo o sedimentos. En base a esto se puede definir con seguridad el tipo de unidad a utilizar.

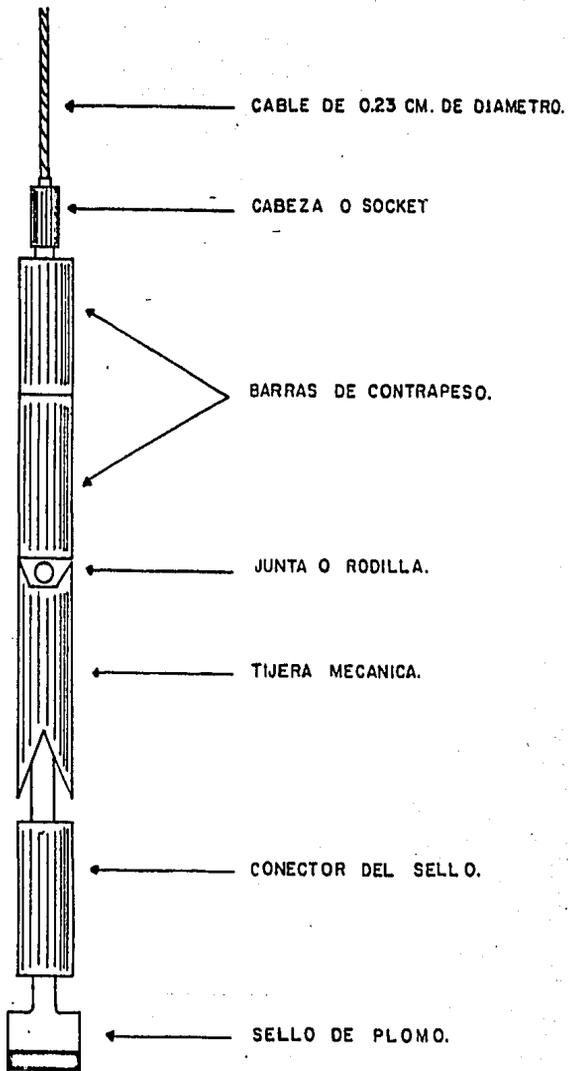


FIG. 65-HERRAMIENTA CON SELLO DE PLOMO

### 3.- REGISTROS DE PRESION DE FONDO.

Los registros de presión de fondo son tomados con la unidad de línea de acero de Geofísica y para--- ello se baja una herramienta llamada "Amerada" RPG-3,--- la cual mide 3.5 cm de diámetro, 2 m de largo y pesa 7-kg aproximadamente, fig.67.

Para operar la Amerada se considera como norma que un registro de presión de fondo completo, debe--- contener por lo menos nueve estaciones subterráneas,--- distribuidas convenientemente, lo que se hará de acuerdo con la clase de datos que se deseen obtener; por estaciones se denomina a las profundidades a las cuales--- se detiene el instrumento (generalmente 3 minutos) cuando se esta descendiendo en el pozo al efectuar el registro.

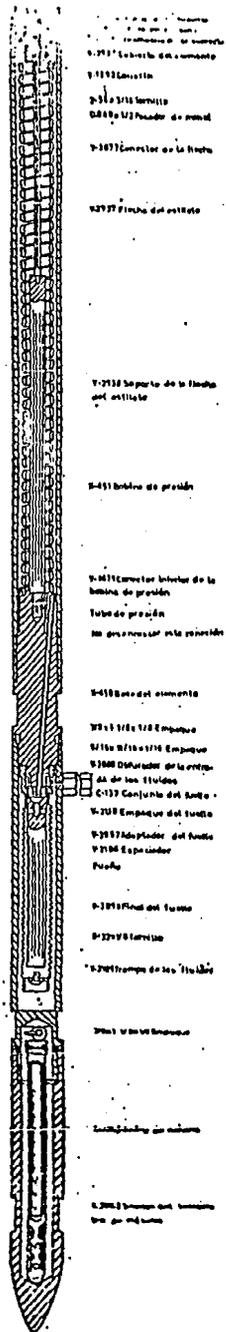
Las estaciones se eligen de la siguiente manera: Por ejemplo, a 0 m (en la mesa rotaria si es pozo--- con equipo y si es pozo sin equipo en la cabeza del mismo), a 100 m, 200 m, 500 m, 1000 m, 1500 m, y 2000 m.--- las siguientes 2 estaciones no se eligen a partir de la mesa rotaria o la cabeza del pozo, sino a partir de la profundidad media de los disparos.

Con esta herramienta se determina la presión--- en cualquier punto, así como la temperatura y el gradiente de presiones, que con el cual se determina la--- densidad de los fluidos y el nivel de los mismos.

Los gradientes varían de:

0.00 - 0.030	kg/cm <sup>2</sup> /m	Gas Seco.
0.03 - 0.040	kg/cm <sup>2</sup> /m	Gas Húmedo.
0.04 - 0.080	kg/cm <sup>2</sup> /m	Aceite.

FIG-66- AMERADA, RPG-3.



0.08 - 0.99 Aceite Pesado  $\text{kg/cm}^2/\text{m}$ .  
 0.10 Agua  $\text{kg/cm}^2/\text{m}$ .

e).- INSTALACION DE LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXIBLE.

La instalación de la unidad de Tuberia Flexible es una parte muy importante, ya que si esta operación es bien ejecutada se podrá realizar satisfactoriamente la intervención, por otro lado sino llega a quedar en condiciones la instalación se puede tener problemas durante la intervención como falla en los preventores, la cabeza inyectora no puede meter ni sacar la tubería, etc.

La instalación puede efectuarse aun cuando el pozo tenga que ser con equipo de Perforación o de Reparación y Terminación de Pozos, pero tambien puede ser en pozos sin equipo. En realidad es la misma secuencia que solo cambia en pequeños detalles pero que debe ser bien realizada, fig.8.

Si se considera un pozo sin equipo, la unidad de Tuberia Flexible al llegar a la localización se acomoda tratando que la parte trasera de la plataforma (donde esta la grua) quede a un lado del pozo y en dirección paralela hacia donde sona el viento, esto es para cuando se quemen los productos de deshecho que provienen del pozo, las llamas no alcancen a la unidad y provoquen daños en la misma. Este acomodamiento sirve para que desde la cabina se tenga una buena visión tanto del árbol de válvulas, conexiones superficiales y de la presa de quema.

Cuando la unidad esta acomodada, se accionan-

los gatos hidráulicos de la plataforma para que la unidad se encuentre nivelada, se verifica que las válvulas maestra, de sondeo y laterales del pozo se encuentren cerradas para tener seguridad en el trabajo de instalación.

Se coloca a la brida superior del árbol la combinación (botella) de 9 cm de diámetro a 7 cm de diámetro ( $3 \frac{1}{2}$  -  $2 \frac{7}{8}$ ). Se pone en marcha el motor 8V-71 para accionar la grúa y se cheque su verticalidad, esto se realiza con la barra de la grúa en posición de  $70^\circ$  con la horizontal, se baja la polea y toca la cabeza inyectora que se encuentra montada en la plataforma (junto a la grúa), si no toca a la cabeza se ajusta la barra subiéndola o bajándola hasta lograr el objetivo, este movimiento es para evitar esfuerzos a la barra de la grúa. Ya ajustada, se enganchan los preventores y se colocan sobre el árbol de válvulas, donde van roscados en la caja de 7 cm de diámetro, junto con sus mangueras que van conectadas a la unidad de potencia.

Al estar conectados los preventores, se comprueba que abran y cierren perfectamente, se desengancha la polea de la grúa y se acopla a la cabeza inyectora, la cual es colocada en el suelo para que se revisen las condiciones de la misma. Primeramente se revisa que la punta de la tubería este redondeada para que no dañe los hules del estoperero (stripper), se introduce dentro de la cabeza inyectora hasta que quede aproximadamente 30 cm fuera de ella; en seguida se acciona el carrete de mangueras para que se desenrollen las mismas y desde la cabina se active el circuito hidráulico para para tensionar las cadenas y se puedan calibrar.

La calibración se realiza con el torquimetro, se coloca la varilla que tiene forma de "S" alargada entre los roles y se jala la palanca hacia las cadenas para que la pestaña toque las mismas, este esfuerzo es registrado en la placa graduada del torquimetro. Las cadenas deben estar tensionadas entre  $150 \text{ kg/cm}^2$  y  $180 \text{ kg/cm}^2$ , porque si la tensión es menor de estos valores se ocasiona un patinaje sobre la tubería. Para ajustarlas se mueven uniformemente las tuercas que se encuentran en los costados de la caja (cuerpo de la cabeza inyectora) para que se tensen lentamente las cadenas hasta llegar a su calibración de trabajo.

Estando calibrada la cabeza inyectora, se instalan las patas telescópicas que soportan y proporcionan equilibrio a la misma, estas van colocadas junto al árbol de válvulas. Se levanta la cabeza inyectora y se coloca sobre las patas telescópicas para que se enrosque el estopero; la cabeza queda sostenida por la grua durante toda la operación en el interior del pozo.

La instalación de la unidad de Tubería Flexible cuando el pozo tiene equipo de Perforación o Reparación y Terminación de Pozos tiene la misma secuencia, -- la única variación es que la cabeza inyectora y los preventores se instalan sobre la mesa rotaria de los equipos convencionales.

#### f) CALCULO DE PARAMETROS.

Los parámetros más importantes y que se calculan para cada intervención son:

1.- Tensión Máxima Permisible.

- 2.- Presión de Trabajo Máxima Permisible.
- 3.- Presión de Bombeo, Costo y Capacidades para evaluar Tiempos de Acarreo.

#### 1.- TENSION MAXIMA PERMISIBLE.

La tensión que soporta la tubería esta en función de la resistencia del material con que esta construida y de su propio peso por metro.

Se menciona la resistencia del material, porque puede ser plástico, cobre, acero, aluminio, etc. Pero en este caso se utiliza acero, cuya resistencia es mayor que cualquier otro material y además es manuable, lo que permite su fácil enrollamiento en el carrete de la unidad.

El fluido de control del pozo debe ser tomado en cuenta, debido a su densidad y viscosidad, los cuales pueden causar que la tubería baje a su profundidad máxima o a menor profundidad. Esto se debe al esfuerzo que soporta la cabeza inyectora (si el fluido es muy denso y viscoso) al recuperar la tubería a la superficie, si el fluido es menos denso y viscoso, la tubería puede ser levantada con facilidad debido al efecto de flotación que ejerce el fluido de circulación.

Para Tubería flexible de cualquier espesor de pared, la formula para la tensión es:

$$1-----W * L * FF = TENSION.$$

El efecto de flotación se considera cuando el pozo se encuentre lleno de algun fluido, este efecto es la fuerza que proporciona un empuje vertical hacia arri

ba a la sarta.

Se calcula de la siguiente manera:

$$2\text{-----} FF = \left( 1 - \frac{\text{DENSIDAD DEL FLUIDO}}{\text{DENSIDAD DEL ACERO}} \right)$$

DF = DENSIDAD DEL FLUIDO. (gr/cc)

DA = DENSIDAD DEL ACERO. (7.85 gr/cc).

En la formula 1 se tiene:

W = PESO DE LA TUBERIA POR UNIDAD DE LONGITUD. (kg/m)

L = LONGITUD DE LA TUBERIA. (m)

FF = EFECTO DE FLOTACION. (adimensional)

## 2.- PRESION DE TRABAJO MAXIMA PERMISIBLE.

La presión de trabajo máxima permisible que resiste la Tubería Flexible, esta básicamente en función del espesor de pared; así como de la calidad del a cero con que se haya fabricado.

Por regla general se toma el valor arbitrario del 90% de la Presión Interna que resiste la tubería, con la finalidad de proveer un margen de seguridad para no tener una distorsión permanente del tubo.

El cálculo de la presión de trabajo máxima:

$$3\text{-----} PTM = \frac{0.90 * 2 * SY * T}{DE}$$

SY = ESFUERZO DE CEDENCIA (se obtiene experimentalmente) su valor es de 4927 kg/cm<sup>2</sup>.

T = ESPESOR DE PARED DE TUBERIA. (cm)

Esta presión de trabajo máxima permisible se calcula con el 90% del valor de presión interna, donde:

4----- PRESION INTERNA =  $\frac{2*SY*T}{DE}$

### 3.- PRESION DE BOMBEO, GASTO Y CAPACIDADES PARA EVALUAR TIEMPOS DE ACARREO.

La bomba triplex reciprocante de la unidad de Tubería Flexible, así como las unidades auxiliares, deben proporcionar presiones de 350 kg/cm<sup>2</sup>, ya que esta es la presión de trabajo máxima que se recomienda para operar en el rango de seguridad y efectividad durante una intervención.

Si durante una operación se llega a sobrepasar el valor de la presión interna que soporta el tubo, puede provocar que en la tubería de 0.16 cm de espesor de pared, se empiezen a producir pequeños orificios y posteriormente se pueda fisurar o romper la tubería; esto puede provocar un pescado dentro del pozo.

### GASTO.

El gasto que se suministra através de la Tubería Flexible esta en relación directa con la presión de trabajo máxima permisible de la misma, así como de las herramientas que se lleguen a utilizar (turbobarrena o e yector). Esto se debe a que si se suministran altos gastos implican también elevaciones de presión, debido a estas condiciones el valor del gasto que es más fácil de controlar es de 80 l/min (0.0013 m<sup>3</sup>/seg).

## CAPACIDAD DE LA TUBERIA FLEXIBLE.

La capacidad de la tuberfa es la relación que existe entre el volúmen que almacena por unidad de longitud.

Espesor de Pared:	Capacidad:
0.16 cm.	0.40 l/m.
0.19 cm.	0.38 l/m.
0.21 cm.	0.36 l/m.

Para calcular el volúmen dentro de la tuberfa

$$5----- VT = CAPACIDAD * L$$

VT = VOLUMEN EN EL INTERIOR DE LA TUBERIA. (l)

L = LONGITUD DE LA TUBERIA. (m)

## TIEMPO DE ACARREO.

Es el tiempo que tardan los productos desalajados en llegar a la superficie.

$$6----- TA = \frac{CEA}{QB}$$

TA = TIEMPO DE ACARREO. (min)

CEA = CAPACIDAD DEL ESPACIO ANULAR. (l)

QB = GASTO DE BOMBEO. (l/min)

La capacidad del espacio anular es:

$$7----- CEA = (ATP - ATF) * F * PF$$

ATP = AREA DE LA TUBERIA DE PRODUCCION. (m<sup>2</sup>)

ATF = AREA DE LA TUBERIA FLEXIBLE. (m<sup>2</sup>)

PF = PROFUNDIDAD A LA QUE ESTA OPERANDO LA TUBERIA FLEXIBLE. (m)

F = FACTOR PARA CONVERTIR METROS CUBICOS A LITROS.

$$F = 1000.$$

$$8----- ATP = \frac{3.1416(Di)^2}{4}$$

$$9----- ATF = \frac{3.1416(De)^2}{4}$$

Di = DIAMETRO INTERNO DE LA TUBERIA DE PRODUCCION. (m)

De = DIAMETRO EXTERNO DE LA TUBERIA FLEXIBLE. (m)

#### EJEMPLO DE CALCULO:

La unidad de Tuberfa Flexible opera en el pozo XI, donde lava el interior de un pescado.

La tuberfa esta a la profundidad de 5000 m,--  
circulando agua dulce con una presión de bombeo de-----  
280 kg/cm<sup>2</sup> y un ganto de 60 l/min.

¿ Calcular la tensión que soprtará la cabeza-  
inyectora al levantar la tuberfa , la presión de traba-  
jo máxima permisible, la presión interna(para cada espe-  
sor de pared), el volúmen de fluido en el interior de--  
la tuberfa y el tiempo que tarda el agua en llegar a la  
superficie?

#### DATOS ADICIONALES:

Diámetro exterior de la tuberfa de perforación = 9 cm  
Diámetro interior de la tuberfa de perforación = 7.6 cm  
Tuberfa de perforación de 0 a 3000 m de profundidad don-  
de se encuentra conertada al pescado.

La carta de la Tuberfa Flexible es:

Espesor de Pared:	Lóngitud:
0.16 cm.	2988 m.
0.19 cm.	1128 m.

0.21 cm.

1677 m.

5793 m.

**SOLUCION:**

De la ecuación 1.

$$\text{TENSION} = W * L * FF$$

De la ecuación 2, se calcula el efecto de flotación:

$$FF = 1 - \frac{DF}{DA} \quad ; \quad \text{como el fluido es agua.}$$

$$DF = 1 \text{ gr/cc}$$

$$FF = 1 - \frac{1 \text{ gr/cc}}{7.85 \text{ gr/cc}}$$

$$FF = \underline{0.873}$$

Como la tubería es combina, se toman datos del peso por unidad de longitud de la página 39.

$$\text{TENSION} = (0.94 \text{ kg/m} * 2988 \text{ m} * 0.873) + ($$

$$1.13 \text{ kg/m} * 1128 \text{ m} * 0.873) + ($$

$$1.21 \text{ kg/m} * 884 \text{ m} * 0.873)$$

$$\underline{\underline{\text{TENSION} = 4500 \text{ kg.}}}$$

De la ecuación 4 se calcula la presión interna para cada espesor de pared.

Espesor de pared de 0.16 cm

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * SY * T}{DE}$$

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * 4927 \text{ kg/cm}^2 * 0.16 \text{ cm}}{2.54 \text{ cm.}}$$

$$\underline{\underline{\text{PRESION INTERNA} = 621 \text{ kg/cm}^2}}$$

Espesor de pared de 0.19 cm.

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * SY * I}{DE}$$

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * 4927 \text{ kg/cm}^2 * 0.19 \text{ cm}}{2.54 \text{ cm}}$$

$$\underline{\underline{\text{PRESION INTERNA} = 737 \text{ kg/cm}^2}}$$

Espesor de pared de 0.21 cm.

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * SY * I}{DE}$$

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * 4927 \text{ kg/cm}^2 * 0.21 \text{ cm}}{2.54 \text{ cm}}$$

$$\underline{\underline{\text{PRESION INTERNA} = 815 \text{ kg/cm}^2}}$$

De la ecuación 3, se calcula la presión de---  
trabajo máxima permisible para cada espesor--  
de pared.

$$\text{PTM} = \text{PRESION INTERNA} * 0.90$$

Espesor de pared de 0.16 cm.

$$\text{PTM} = \text{PRESION INTERNA} * 0.90$$

$$\text{PTM} = 621 \text{ kg/cm}^2 * 0.90$$

$$\underline{\underline{\text{PTM} = 560 \text{ kg/cm}^2}}$$

Espesor de pared de 0.19 cm.

$$\text{PTM} = \text{PRESION INTERNA} * 0.90$$

$$\text{PTM} = 737 \text{ kg/cm}^2 * 0.90$$

$$\underline{\underline{\text{PTM} = 663 \text{ kg/cm}^2}}$$

Espesor de pared de 0.21 cm.

$$PTM = \text{PRESION INTERNA} * 0.90$$

$$PTM = 815 \text{ kg/cm}^2 * 0.90$$

$$\underline{\underline{PTM = 733 \text{ kg/cm}^2}}$$

Estos valores son más altos que la presión recomendable de  $350 \text{ kg/cm}^2$  en la práctica, esto implica que la tubería está sobrada y por lo consiguiente se tiene un buen factor de seguridad.

El volúmen de la tubería se calcula con la ecuación 5.

$$VT = \text{CAPACIDAD} * L$$

$$VT = (0.40 \text{ l/m} * 2988 \text{ m}) + (0.38 \text{ l/m} * 1128 \text{ m}) + (0.36 \text{ l/m} * 884 \text{ m})$$

$$\underline{\underline{VT = 1942.08 \text{ l}}}$$

Con la ecuación 6 se calcula el tiempo de acarreo.

$$TA = \frac{\text{CEA}}{QB}$$

De la ecuación 9,8 y 7 se calcula la capaci--dad entre la tubería de producción y la tubería flexible.

$$ATF = \frac{3.1416 (0.0254 \text{ m})^2}{4}$$

$$ATF = 0.000506 \text{ m}^2$$

$$ATP = \frac{3.1416 (0.076)^2}{4}$$

$$AIP = 0.0045 \text{ m}^2$$

La capacidad en el espacio anular será:

$$CEA = (0.0045 \text{ m}^2 - 0.000506 \text{ m}^2) * 5000 \text{ m} * \\ * 1000$$

$$CEA = 20\ 000 \text{ l de agua.}$$

El tiempo de acarreo es:

$$TA = \frac{20\ 000 \text{ l}}{60 \text{ l/min.}}$$

$$TA = 333.33 \text{ min.}$$

#### VELOCIDAD DEL INYECTOR.

La rapidez con que se puede introducir la tubería, depende de la profundidad del nivel de fluidos, así como de las RPM que proporciona el motor 8V-71.

Si el pozo tiene el nivel de fluidos a mayor profundidad se puede bajar la tubería rápidamente debido a que no tiene una columna hidrostática que tenga que ser levantada. Si el nivel de fluidos está a menor profundidad la tubería baja lentamente para que vaya levantando y desalojando la columna hidrostática que contiene el pozo.

La velocidad del inyector depende también de las revoluciones por minuto que desarrolle el motor 8V-71, debido a que al irse incrementando estas revoluciones y con un control de la presión del sistema hidráulico, serán los metros por minuto que pueda meter o sacar tubería la cabeza inyectora.

Cuando la tubería se encuentra a la profundidad máxima de trabajo, se toma en cuenta el tipo de fluido que se maneja en la operación para que se pueda incrementar la presión del sistema hidráulico y se comience a recuperar la tubería a la superficie. Una vez que la cabeza inyectora esta recuperando lentamente la tubería, se revoluciona el motor 8V-71 para que se incremente la presión del sistema hidráulico y se pueda recuperar más rápidamente la tubería.

#### GRAFICAS.

En la gráfica de la figura 68, donde se comparán los metros por minuto en relación con las revoluciones por minuto, se entra a la gráfica con las revoluciones por minuto que este desarrollando el motor 8V-71, se traza una perpendicular que se debe de interceptar en alguna de las dos líneas de presión (dependiendo la presión que se maneje en el circuito hidráulico), de este punto se traza una línea horizontal hacia la izquierda y dará la velocidad en metros por minuto a la que se esta metiendo o sacando la tubería.

De la gráfica 69, se relaciona la presión del sistema hidráulico con la tensión de la tubería. Por lo que al obtener dicha presión se traza una perpendicular que intercepta a la primera o segunda línea dependiendo si se empieza a recuperar la tubería o va avanzando la recuperación (corriendo), de cualquiera de estos puntos se traza una horizontal hacia la izquierda y proporciona el valor de la tensión que esta soportando la cabeza inyectora.

g) OPERACION CON TUBERIA FLEXIBLE.

La secuencia de operación que desarrolla esta unidad se explica en el capítulo III.

FIG:6 8- VELOCIDAD DEL INYECTOR (m x min) vs MOTOR (RPM)-.

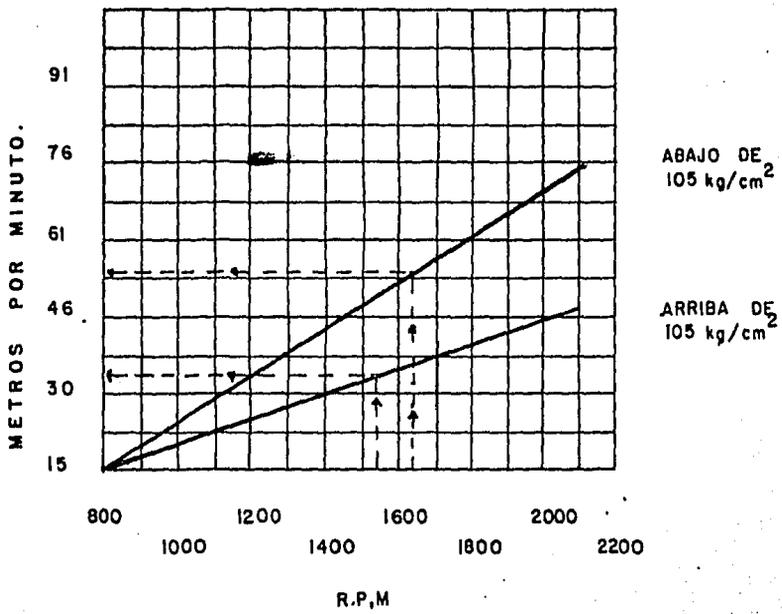
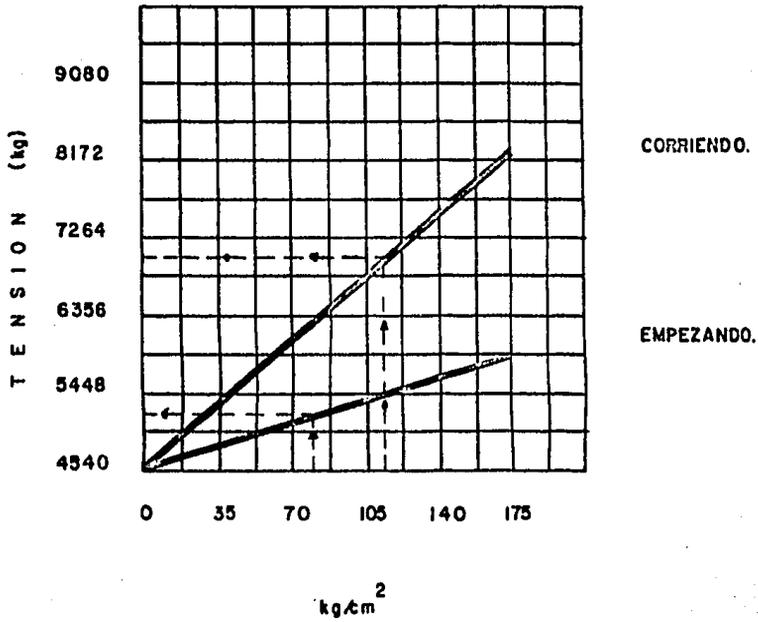


FIG: 69.- ARRASTRE DEL INYECTOR vs PRESION DEL SISTEMA HIDRAULICO.  
 (kg) (kg/cm<sup>2</sup>)



#### IV.3.- PROGRAMA PARA LA INTERVENCION DE POZOS CON LA TUBERIA FLEXIBLE.

Para desarrollar un programa sobre la unidad de Tubería Flexible se toman en cuenta varios factores que pueden dar la pauta a seguir o en dado caso suspender el programa.

En esta parte se desarrolla la secuencia de un equipo de Tubería Flexible que va a intervenir un pozo. Para este desarrollo se sigue la secuencia en el diagrama de flujo de la figura 70.

#### DESARROLLO:

- 1.- Primeramente se le notifica a Servicios a Pozos que se requiere un equipo de Tubería Flexible para la intervención de un pozo petrolero.
- 2.- Se verifica si el pozo esta con equipo de Perforación, Reparación y Terminación o es pozo sin equipo
- 3.- Se revisa si los caminos que conducen al pozo y la localización estan en buenas condiciones, para la rápida transportación e instalación de la unidad. En caso de un pozo con equipo, el área donde se instalará la unidad debe estar despejada, o sea, sin bastidores ni herramientas que dificulten la operación.
- 4.- Se recaban datos del estado mecánico, de la calibración de la tubería de producción (determinar si hay resistencias y a que profundidad), además de los registros de presión de fondo y muestras de los flui-

dos contenidos en el pozo.

- 5.- Producción informa si el árbol de válvulas y las conexiones superficiales están completas y en condiciones de operar.
- 6.- Se analiza el tipo de intervención a realizar.
- 7.- Se verifica si la unidad cuenta con la herramienta apropiada para la intervención.
- 8.- Se verifica si se cuenta con alguna unidad disponible (en condiciones de operación) o se analiza donde se encuentran, porque pueden estar operando en algún pozo y por lo tanto se programará la primera que termine su operación.
- 9.- Si hay disponibilidad de una unidad y dependiendo del tipo del tipo de intervención y de los estudios preliminares, se programa la unidad auxiliar correspondiente dando margen de tiempo para que lleguen cuando la unidad de Tubería Flexible se está instalando. Este margen que va de 1 a 2 horas aproximadamente se programa debido a que las unidades auxiliares son más rápidas y de fácil maniobrabilidad.
- 10.- El transporte de la unidad de Tubería Flexible se divide en dos formas que son las siguientes:
  - a) Se transporta de su base al pozo,
  - b) Se transporta de pozo a pozo.

La transportación del equipo tarda aproximadamente entre 1 a 4 horas, dependiendo de la cercanía o lejanía de los pozos, también se toma en cuenta que solo puede desarrollar 65 km/hr si el camino y la localización están en buenas condiciones. Si las condiciones climatológicas son malas y dañan los ca

minos, estos tiempos se pueden incrementar.

- 11.-En ocasiones el Departamento de Ingeniería Petrolera o el Departamento de Reparación y Terminación de Pozos cambian el programa original debido a que surge un pozo que se requiere intervenir más urgentemente; por lo que la unidad de Tubería Flexible se desvía del trayecto original, si ya esta instalada se desmantela y transporta, si llega a la localización se retira de la misma y se dirige al pozo urgente.
- 12.-En ocasiones la unidad llega a la localización y espera pozo listo debido a que se esta operando en el interior del pozo o se esperan resultados del mismo Por lo que se debe determinar si es necesario esperar a que terminen de efectuar las maniobras o que la unidad se transporte a otro pozo. Este criterio se determina dependiendo de las actividades que se realicen.
- 13.-Al llegar la unidad al pozo, se inicia la instalación de la misma (procedimiento ya descrito). Esta operación normalmente se lleva a cabo en 2 horas, solamente que se dañe alguna pieza y no se tenga de inmediato la refacción se incrementará el tiempo efectivo de la instalación.
- 14.-Ya instalada la unidad y conectadas las unidades -- auxiliares, se baja la tubería aproximadamente hasta la válvula de sondeo y se bombea por la tubería el fluido a utilizar, se empezará a represar hasta  $350 \text{ kg/cm}^2$  con lo que quedarán probados los preventores y el estopero. Se abre la válvula lateral que da a la presa de quema, después la válvula maes

tra para observar que el pozo no tenga presión. Se abre la válvula de sondeo para que se baje la tubería y se comience normalmente la operación que se programó. Durante el transcurso de la operación es necesario tomar muestras de los fluidos que están siendo desalojados, generalmente se toman 2 muestras en la superficie, abriendo la otra rama del árbol que comunica a la tubería de producción con la superficie. Una de las muestras será de los fluidos desalojados de la zona media de los disparos y la otra de los fluidos desalojados cuando se esta recuperando la tubería a la superficie. Esto es con la finalidad de que se analice y se determine el tipo de fluidos que aporta el pozo.

Si la operación ha sido satisfactoria en cuanto a bajar, circular y recuperar la tubería, quiere decir que la programación fué adecuada, por lo que se anota el tiempo de operación.

15.-La unidad de Tubería Flexible espera que se desconecten las unidades auxiliares para posteriormente realizar su desmantelamiento del pozo, operación que dura 2 horas aproximadamente.

16.-Con el equipo desmantelado en la localización, se observa durante 1 o 2 horas el pozo por si manifiesta fluidos, si son hidrocarburos, se toman los datos de la presión a la cabeza del pozo y el volumen de fluidos que desaloja.

Si durante el tiempo de observación no manifiesta el pozo. esto no quiere decir que la operación fué fallida, ya que puede ser que la formación este dañada debido al fluido de control o que el yacimien-

to no cuente con la suficiente presión como para le  
vantar los fluidos a la superficie.

17.-Terminada la intervención programada al pozo, la u-  
nidad de Tubería Flexible se regresa a su base-----  
siempre y cuando no tenga otro programa, pero si---  
cuenta con el, se transporta al pozo nuevo para rea-  
lizar la intervención.

Las intervenciones tendrán que ser clasifica-  
das según la operación a realizar y el tipo de fluido--  
a utilizar, así como los factores que puedan alterar la  
programación de la secuencia operativa.

Dichos factores son generalmente esperas que-  
implican la suspensión de las operaciones, en el capítu-  
lo siguiente se determinan la clasificación y evalua---  
ción de las intervenciones y tiempos disponibles de la-  
unidad de Tubería Flexible.



V

PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION DE INTERVENCIONES

CON TUBERIA FLEXIBLE

## V.- PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION DE LAS INTERVENCIONES- CON TUBERIA FLEXIBLE.

### V.1.- INTRODUCCION.

Las intervenciones que se realizan en los pozos productores o inyectores, se programan para que--- cumplan su objetivo, pero hay ocasiones en que no se lo gra y dados estos casos es necesario tener una evalua-- ción de las operaciones realizadas satisfactoriamente,- fallidas y canceladas.

Se debe tener en cuenta otras causas que afec tan el desarrollo de las intervenciones, estos factores son las esperas diversas.

Para facilitar la evaluación es necesario con tar con un formato para tener el control de las inter-- venciones que se realizan por cada unidad de Tubería--- Flexible.

Con los tres elementos citados:

- a) Clasificación de las intervenciones.
- b) Esperas diversas.
- c) Control adecuado.

se esta en posibilidades de efectuar una evaluación pe- riodica que permite detectar anomalías, cuya solución-- conlleve a un mejoramiento en la eficiencia de opera--- ción de los equipos de Tubería Flexible.

### V.2.- CLASIFICACION Y EVALUACION DE LAS INTERVENCIONES.

Antes de entrar en materia se definirán algu- nos conceptos:

1.- INTERVENCION REALIZADA SATISFACTORIAMENTE: Se enten

derá cuando el equipo se transporta e instala en el pozo y ejecuta satisfactoriamente todas las operaciones contempladas en el programa de intervención, independientemente de obtener el resultado final de la misma.

- 2.- INTERVENCION CANCELADA: Se presenta cuando el equipo es programado a intervenir, se transporta e inclusive puede o no instalarse pero no inicia la intervención. Esta suspensión de la intervención puede deberse a muy diversas causas, por ejemplo: falta de equipo auxiliar o materiales, falla de equipo, cambio de programa, falla o falta de conexiones superficiales, etc.
- 3.- INTERVENCION FALLIDA: Este concepto se aplica cuando el equipo se transporta e instala en el pozo y se inicia el programa de la intervención, suspendiéndose antes de llegar a finalizar todas las operaciones en dicho programa.

La suspensión aludida se da por diversas causas que pueden agruparse en dos:

- a) Causas inherentes al equipo como son la falla del mismo, rotura de la tubería, pescado de la tubería, etc.
- b) Causas no inherentes al equipo como son resistencias metálicas, cambios de programa, falla de unidades auxiliares, etc.

A cada tipo de intervención se le asigna una clave para poder realizar la evaluación en forma expédita.

( ) = Operación realizada satisfactoriamente.

- ( ) NR = Operación cancelada.
- ( ) FE = Operación fallida por causa inherente al equipo.
- ( ) F = Operación fallida por causa no inherente al equipo.

En lugar del paréntesis se coloca la clave---conque se ha clasificado al tipo de intervención, la---que se discute a continuación.

Para poder reconocer las intervenciones y se califiquen fácilmente según su objetivo, se clasifican de la siguiente manera:

A.- REMOCION DE DEPOSITOS ORGANICOS.

A.1 PARAFINA.

A.2 MATERIAL ASFALTICO.

B.- REMOCION DE DEPOSITOS INORGANICOS.

B.1 CARBONATOS.

B.2 SAL.

C.- REMOCION DE OTROS DEPOSITOS.

C.1 ARENA.

C.2 SEDIMENTOS.

D.- INDUCCION.

F.- LIMPIEZA DE POZO Y/O TUBERIA.

E.1 RESIDUOS DE ESTIMULACION.

E.2 RESIDUOS DIVERSOS (LODO, LIMPIEZA DE BOCA DE PEZ, LIMPIEZA DE POZO O TUBERIA, ETC.)

G.- CAMBIO DE FLUIDOS Y/O CONTROL DE POZO.

G.1 CAMBIO DE FLUIDOS (COLOCACION DE COLCHONES DE FLUIDO ANTES DE LOS DISPAROS,----- CAMBIO DE AGUA POR LODO, ETC.)

G.2 CONTROL DE POZO (HOMOGENEIZACION DE COLUMNA DE LODO, COLOCACION DE BACHES DE LODO, ETC.)

Una vez establecidas las definiciones y clasificaciones de las intervenciones, se aplican los conceptos indicados revisando cuidadosamente cada día para--- que se le asigne la letra correspondiente que indique-- los resultados de la operación y el tipo de interven-- ción que se realizó.

Al final del mes se debe obtener un resumen-- de las intervenciones realizadas separandolas por cla-- sificación y por resultado de la operación. Habrá días-- en que no se realicen intervenciones debido a otras ca-- usas que son el complemento de la evaluación total.

### V.3.- CLASIFICACION Y EVALUACION DE LAS ESPERAS DIVER-- SAS Y DEL TIEMPO DISPONIBLE.

Por esperas diversas deberá entenderse el---- tiempo que dura la unidad de Tubería Flexible sin reali-- zar alguna operación debido a que se encuentra disponi-- ble, repara equipo, espera servicio de nitrógeno, etc.

La distribución del tiempo disponible del e-- quipo de Tubería Flexible se puede clasificar como si-- que:

1 EQUIPO OPERANDO: Incluye transportación, instalación, intervención y observación de pozo.

2 EQUIPO DISPONIBLE: Es cuando no existe programa de intervención y el equipo permanece en la base sin actividad.

3 EQUIPO REPARANDO: Conciernen al mantenimiento prevenivo programado o reparación correctiva. Se enfatizará si es reparación--del equipo o de la tubería flexible--incluyendo si es cambio total o parcial de la misma.

4 EQUIPO ESPERANDO: Por causas diversas.

4.1 Espera programa de Ingeniería Petrolera.

4.2 Espera pozo en condiciones de intervenir( Ejemplo: Opera unidad de Geofísica.).

4.3 Espera personal asignado al equipo(Incluye chofer--del transporte.).

4.4 Espera acondicionamiento de instalaciones superfi--ciales(Ejemplo: Línea de quem.).

4.5 Espera servicios de nitrógeno(compañía.).

4.6 Espera fluidos transportados por contratista.

4.7 Espera fluidos transportados por PEMEX.

4.8 Espera unidad de alta contratista(compañía).

4.9 Espera unidad de alta PEMEX.

4.10 Espera unidad de aceite caliente.

4.11 Espera transporte para equipo especial(Ejemplo:---Braco Grúa.).

4.12 Espera material químico y/o accesorios(Ejemplo: Es--pumante, pescantes, etc.).

4.13 Espera acondicionamiento de localización y/o cami--nos.

4.14 Espera solución conflicto campesino.

- 4.15 Espera mejoren condiciones climatológicas.
- 4.16 Espera servicios auxiliares y/o solución problemas de la compañía contratista de equipos de Tubería Flexible (Ejemplo: Soldador, permisos de internación, etc.).
- 4.17 Espera servicios y/o personal auxiliar de PEMEX. (Ejemplo: Contra incendio, personal de producción, etc.).

## 5 PERSONAL EN DESCANSO.

- 5.1 Descanso normal.
- 5.2 Descanso generado.

La evaluación de estos conceptos también se debe realizar día a día, esto quiere decir que después de calificar las intervenciones se debe volver a revisar las intervenciones para que se coloquen las claves de las esperas en los días que lo ameriten. Habrá ocasiones en que uno o varios días del mes contengan la clave de la intervención y la de alguna espera, esto se debe a que la operación es fallida o cancelada.

Al final de la evaluación se realiza el recuento por clasificación del tiempo tanto operando, disponible, esperando y descansando, cuya suma debe dar el total del tiempo del período analizado.

## V.4.- EVALUACION TOTAL.

En ocasiones las operaciones efectuadas dan como resultado la restitución o mejoramiento de la producción o inyección de los pozos. Por esto es necesario llevar un control de las producciones de los pozos que-

se han intervenido.

Con toda la información antes descrita se procede al llenado de los formatos para la unidad, distrito y zona. Esto también se realiza en forma tabular y se puede dar en porcentajes para tener una base comparativa y conocer la efectividad de la Tubeffa Flexible durante el mes y durante el año. Las intervenciones cuentan con su formato específico., así como los tiempos--- disponibles tienen el suyo.

Es importante que al estar calificando se tenga el suficiente criterio para designar la clave o claves que correspondan a la intervención de un pozo, porque en ocasiones se realiza una operación y enseguida-- se realiza una segunda. Por ejemplo: Se realiza una remoción de parafina en la tubería de producción y des--- pues una remoción de arena que se encuentra en el fondo del pozo. Esto demuestra que se han realizado dos inter--- venciones consecutivas en el mismo pozo, por lo que se califica con las claves A.1 (Parafina) y C.1 (Arena).

#### V.5.- EJEMPLO DE UNA EVALUACION.

Una evaluación bajo el procedimiento antes--- expuesto se aplicará para el Distrito Villahermosa en--- sus equipos 200 y 1204; y para el Distrito Comalcalco--- con la unidad 1205.

#### DESARROLLO.

Las operaciones que realizan estos equipos--- son anotadas en el reporte diario de operación, fig 71. En el cual por medio de la distribución de tiempos se---

describe el desarrollo de la intervención. Además simultáneamente se anota la clave y la calificación de la intervención.

Toda esta información se vacía en el formato de calificación mensual (Fig. 72, 72-A, 72-B.) y en la parte inferior se anota, el número de intervenciones por clasificación y resultado, así como la distribución de tiempos del equipo. Posteriormente se realiza el recuento de los días que deberán cerrar con los días del mes.

Con esta información se llena el segundo formato (Fig. 73, 73-A, 73-B, 73-C, 73-D, 73-E.) donde se coloca en la intervención correspondiente el número de la operación que se realizó, el nombre y número del pozo y entre paréntesis los días netos que duro la operación (Solamente en el formato para la Zona Sureste se anota el número de pozos intervenidos y los días netos de operación), no tomando en cuenta ni los días de descanso ni los días de esperas diversas, esto se realiza para la unidad, distrito y zona.

Enseguida se llena el formato de la distribución de tiempos (Fig. 74) y con toda esta información se procede a realizar los histogramas por medio de porcentajes.

Para los histogramas se hace lo siguiente:

Para las intervenciones se toma el total de ellas en el mes como el 100%, de donde la ordenada marcará el número (En porcentaje) de las intervenciones y la abscisa determina el periodo (Meses), donde cada mes comprenderá las operaciones realizadas satisfactoriamente, canceladas y fallidas (En caso de estas, una línea punteada separa la causa que más veces se haya presenta

do en el mes), esto se efectúa por distrito y por zona- (Fig. 75, 75-A, 75-B.).

En la distribución de tiempos también se toma el total del mes como el 100%, donde la ordenada marca el número (En porcentaje) de la distribución de tiempos y la abscisa determina el período (Meses), cada uno de estos períodos comprende los tiempos de operación, disponible, reparación y esperas diversas. En la columna de reparación la línea punteada separa la reparación que más ocasiones se presentó en el mes e igualmente en la columna de esperas diversas se separa la mayor espera de las demás, fig. 76.

En la figura 77 se gráficas las intervenciones programadas por cada mes y las intervenciones realizadas por unidad disponible durante el mes.

Por último se forma el histograma del incremento de producción (Fig. 78) de cada mes.

# FIG. 71-REPORTE DIARIO DE OPERACION

FECHA 2-ENERO-84 DISTRITO VILLAHERMOSA  
 EQUIPO 200 LOCALIZACION CUINDUACAN 41  
 EQUIPO RTP, PERF. O SIN EQUIPO RTP - 9101  
 OBJETIVO INDUCCION CLAVE D  
 RESULTADO POZO SIN MANIFESTAR  
 PROGRAMA SAMARIA 161 INDUCCION.  
 CALIFICACION DE

DISTRIBUCION DE TIEMPOS		DESCRIPCION DE LA OPERACION
6 - 7	completa 3/2" Olla.	Transp. Personal al pozo
7 - 9	Impresor 45.01 e 3850 m.	Instaló unidad 100%.
9 - 11		Esperó unidades de nitrógeno(NI)
11 - 12		Probó conexiones sup. con 350kg/cm <sup>2</sup>
12 - 17	4220 m	Bajó tubería a 3841 m encontró resistencia a vencer. Circ. 5000 m <sup>3</sup> N <sub>2</sub>
	4230 m	Pmax. 210kg/cm <sup>2</sup> . Desalojó agua.
	Profundidad interior 4500 m	

FECHA 2-ENERO-84 DISTRITO VILLAHERMOSA  
 EQUIPO 1204 LOCALIZACION TALLER  
 EQUIPO RTP, PERF. O SIN EQUIPO -----  
 OBJETIVO REPARAR EQUIPO CLAVE 3.1  
 RESULTADO -----  
 PROGRAMA CONTINUAR REPARANDO EQUIPO.  
 CALIFICACION -----

8 - 16		Avance general de la reparación de la cabeza inyectora 30%

FECHA 2-ENERO-84 DISTRITO COHUALCALCO  
 EQUIPO 1205 LOCALIZACION COLPE 85  
 EQUIPO RTP, PERF. O SIN EQUIPO SIN EQUIPO.  
 OBJETIVO INDUCCION CLAVE D  
 RESULTADO -----  
 PROGRAMA INDUCCION.  
 CALIFICACION -----

8 - 12		Transportó unidad de su base a el Golpe 85 lento por malos caminos.
12 - 14		Instaló unidad 100%
14 - 16		Suspende operación de inducción por no terminar con luz diurna.

# FIG.72.- FORMATO MENSUAL DE EVALUACION

UNIDAD: 200

DISTRITO: VILLAHERMOSA.

PERIODO: ENERO 1984.

CALIF.	FECHA	POZO	OBJETIVO	PRODUCCIONES		OBSERVACIONES
				ANTES	DESPUES	
5.1	1 <sup>o</sup>	Cund. 41	Inducc.			DESCANSO SEMANAL.
D	2	"	"	-	-	Encontró resistencia sin vencer a 3841m. Pozo sin manifiestar.
	3	Samar. 161	Inducc.	-	-	Transportó unidad 100%.
DNR	4	"	"	-	-	Suspendió operación por arrancarse pozo.
D	5	Agave 82	Inducc.	-	-	Operó. Pozo sin manifiestar.
4.8	6	Card. 401	Limpiez.	-	-	Transportó e instaló 100%. Espera unidad de alta contratista.
E.2	7	"	"	-	-	Opera.
5.1	8	"	"	-	-	DESCANSO SEMANAL.
3.1	9	BASE	Reparac.			Repara equipo de T.F. (30%).
3.1	10	"	"			Repara equipo de T.F. (60%).
3.1	11	"	"			Repara equipo de T.F. (100%).
	12	Bellota 3	Inducc.			Transportó e instaló 100%.
	13	"	"			Opera.
4.5	14	"	"			Espera nitrógeno (Nitropet).
D	15	"	"	-	-	Opera. Pozo sin manifiestar.
4.5	16	Card. 401	Inducc.			Transportó e instaló 100%. Espera nitrógeno (Nitropet).
DFE	17	"	"	-	-	Suspende operación por falla en cabeza inyectora.
3.1	18	Taller	"			Repara equipo (50%).
3.1	19	"	"			Repara equipo (100%).
4.13	20	Mora 21	Camb.Fd			Transportó lento por malos caminos.
4.8	21	"	"			Instaló 100%. Espera unidad de alta contratista.
4.8	22	"	"			Suspende operación por falla unidad de alta.
	23	"	"			Opera.
G.1	24	"	"			Desmanteló y transportó 100% a Cardenas 401.
4.2	25	Card. 401	Inducc.			Espera pozo listo (Opera unidad de línea de acero).
D	26	"	"	-	-	Opera. Recupera TF observando fiatura a 3000m.
3.2	27	Taller	Reparar.			Repara TF (50%).
3.2	28	"	"			Repara TF (100%).
	29	Mora 21	Limpiez.			Transportó e instaló 100%.
4.8	30	"	"			Espera unidad de alta contratista
E.2	31	"	"			Opera.

4D	1G.1	2(5.1)	14 días operativos.
1DNR		5(3.1)	15 días de esperas.
1DFE		2(4.5)	2 días de descanso
2E.2		1(4.13)	-----
		4(4.8)	31 días laborables.
		1(4.2)	
		2(3.2)	

# FIG.72:A-FORMATO MENSUAL DE EVALUACION

UNIDAD: 1204

DISTRITO: VILLAHERMOSA.

PERIODO: ENERO 1984.

CALIF	FECHA	POZO	OBJETIVO	PRODUCCIONES		O B S E R V A C I O N E S
				ANTES	DESPUES	
5.1	1 <sup>o</sup>	Cactus 40	Inducc.	-	327	DESCANSO SEMANAL.
3.1	2	Taller	Reparar			Repara equipo (30%).
3.1	3	"	"			Repara equipo (80%).
3.1	4	"	"			Repara equipo (90%).
3.1	5	"	"			Repara equipo (100%).
D	6	"	Inducc.	-	-	Opera. Tomó una muestra.
	7	Cactus 43	Inducc.			Transportó e instaló 100%.
5.1	8	"	"			DESCANSO SEMANAL.
	9	"	"	-	-	Opera. Tomó una muestra.
DNR	10	Comoapa 2	Inducc.	-	-	Transportó 100%. Suspende Operación, pozo arrancado con 20kg/cm <sup>2</sup> .
4.5	11	Cactus 322	Inducc.			Transportó e instaló 100%. Espera nitrógeno (Nitropet).
D	12	"	"	-	-	Opera.
	13	Cactus 3	Inducc.	-	-	Opera.
5.2	14	BASE	"			DESCANSO GENERADO.
5.1	15	"	"			DESCANSO SEMANAL.
	16	Cund. 40	Inducc.			Transportó e instaló 100%.
4.1DF	17	"	"	-	-	Suspende operación Ing. Petrolero por presa llena.
4.13	18	M. Nuev. 54	Inducc.			Transportó 100%. Espera acondicionen localización.
D	19	"	"	-	-	Opera.
4.8	20	Jujo 26	Limpiez.			Transportó e instaló 100%. Espera unidad de alta contratista.
E.2	21	"	"			Opera.
5.1	22	"	"			DESCANSO SEMANAL.
3.1	23	Samar. 68	Inducc.			Transportó lento por fallar unidad.
D	24	"	"	-	-	Opera.
	25	Agave 82	Inducc.			Transportó e instaló 100%.
D	26	"	"	-	-	Opera. Pozo con 49 kg/cm <sup>2</sup> .
5.2	27	Samar. 590	"			DESCANSO GENERADO.
5.2	28	"	"			DESCANSO GENERADO.
5.1	29	"	"			DESCANSO SEMANAL.
	30	M. Nuev. 3A	Limpiez.			Transportó e instaló 100%.
E.2	31	"	"			Opera.
						7D : 5(5.1)      5(3.1)      14 días operativos.
						1DNR : 3(5.2)      1(4.5)      9 días de espera.
						1DF :                      1(4.1)      8 días de descanso.
						2E.2 :                      1(4.8)      -----
						1(4.13)      31 días laborables.



# FIG.73: FORMATO PARA EVALUAR INTERVENCIONES.

UNIDAD: 200

DISTRITO: VILLAHERMOSA.

PERIODO: ENERO-1984.

TIPO DE INTERVENCIONES	INTERVENCIONES REALIZADAS SATISFACTORIAMENTE	INTERVENCIONES SUSPENDIDAS	INTERVENCIONES FALLIDAS POR DIVERSAS CAUSAS		PRODUCCIONES M.T.P.		INCREMENTO DE PRODUCCION
			EQUIPO	OTRAS CAUSAS	ANTES	DESPUES	
A. REM. DEPOSITOS ORGANICOS. A.1 PARAFINA A.2 ASFALTO							
B. REM. DEPOSITOS INORGANICOS. B.1 CARBONATOS B.2 SAL.							
C. REM. DE OTROS DEPOSITOS. C.1 ARENA C.2 SEDIMENTOS							
D. INDUCCION.	Cund.41(1) Agav.82(1) Bell. 3(3) Card.401(1)	Sans.161(2)	Card.401(1)		-----	170.13	170.13
E. LIMPIEZA POZO Y/O TUBERIAS E.1 RESIDUOS DE ESTIMULACION E.2 RESIDUOS DIVERSOS.	2Card.401(1)						
F. CAMBIO DE FLUIDOS Y/O CONTROL DE POZO. F.1 CAMBIO DE FLUIDOS. F.2 CONTROL DE POZO.	1Mora.21(2) 1Mora.21(2)						

# FIG. 73A FORMATO PARA EVALUAR INTERVENCIONES.

UNIDAD: 1204

DISTRITO: VILLAHERMOSA.

PERIODO: ENERO-1984.

TIPO DE INTERVENCIONES	INTERVENCIONES REALIZADAS SATISFACTORIAMENTE	INTERVENCIONES SUSPENDIDAS	INTERVENCIONES FALLIDAS POR DIVERSAS CAUSAS		PRODUCCIONES		INCREMENTO DE PRODUCCION
			EQUIPO	OTRAS CAUSAS	ANTES	DESPUES	
A. - REM. DEPOSITOS ORGANICOS. A.1 PARAFINA A.2 ASFALTO							
B. - REM. DEPOSITOS INORGANICOS. B.1 CARBONATOS B.2 SAL.							
C. - REM. DE OTROS DEPOSITOS. C.1 ARENA C.2 SEDIMENTOS							
D. - INDUCCION.	Cact. 40(1) Cact. 43(2) Cact. 322(1) Cact. 3 (1) M. Nuev. 54(1) Sama. 68(1) Agav. 82(2)	Como. 2(1)		Cund. 40(1)			
E. - LIMPIEZA POZO Y/O TUBERIAS E.1 RESIDUOS DE ESTIMULACION E.2 RESIDUOS DIVERSOS.	2M. Nucv. 3-A(2)						
FIG. - CAMBIO DE FLUIDOS Y/O CONTROL DE POZO. F.1 CAMBIO DE FLUIDOS. F.2 CONTROL DE POZO.	1 Jujo. 26(1)						

# FIG.73-B FORMATO PARA EVALUAR INTERVENCIONES.

UNIDAD: 1205

DISTRITO: COMALCALCO.

PERIODO: ENERO-1984.

TIPO DE INTERVENCIONES	INTERVENCIONES REALIZADAS SATISFACTORIAMENTE	INTERVENCIONES SUSPENDIDAS	INTERVENCIONES FALLIDAS POR DIVERAS CAUSAS.		PRODUCCIONES M <sup>3</sup> X DIA		INCREMENTO DE PRODUCCION
			EQUIPO	OTRAS CAUSAS	ANTES	DESPUES	
A. REM. DEPOSITOS ORGANICOS. A.1 PARAFINA A.2 ASFALTO							
B. REM. DEPOSITOS INORGANICOS. B.1 CARBONATOS B.2 SAL.							
C. REM. DE OTROS DEPOSITOS. C.1 ARENA C.2 SEDIMENTOS							
D. INDUCCION.	Golp. 85(1) M. Nue Golp. 27(2) vo. 54 Golp. 28(1) (1) Golp. 30(1) Golp. Golp. 43(1) 17(1) Golp. 17(1) Golp. 61(1)				-----	563	563
E. LIMPIEZA POZO Y/O TUBERIAS E.1 RESIDUOS DE ESTIMULACION E.2 RESIDUOS DIVEROSOS.	2Musp. 44(1) 2M. Nuav. 3-A(1)						
FIG. CAMBIO DE FLUIDOS Y/O CONTROL DE POZO. F. CAMBIO DE FLUIDOS. G. CONTROL DE POZO							

# FIG.73-C FORMATO PARA EVALUAR INTERVENCIONES.

UNIDAD: 200,1204

DISTRITO: VILLAHERMOSA.

PERIODO: ENERO-1984.

TIPO DE INTERVENCIONES	INTERVENCIONES REALIZADAS SATISFACTORIAMENTE	INTERVENCIONES SUSPENDIDAS	INTERVENCIONES FALLIDAS POR DIVERSAS CAUSAS		PRODUCCIONES M3 X DIA		INCREMENTO DE PRODUCCION
			EQUIPO	OTRAS CAUSAS	ANTES	DESPUES	
A. REM. DEPOSITOS ORGANICOS. A.1 PARAFINA A.2 ASFALTO							
B. REM. DEPOSITOS INORGANICOS. B.1 CARBONATOS B.2 SAL.							
C. REM. DE OTROS DEPOSITOS. C.1 ARENA C.2 SEDIMENTOS							
D. INDUCCION.	11 pozos 15 días operativos.	2 pozos 3 días	1 pozo 1 día	1 pozo 1 día	-----	170.13	170.13
E. LIMPIEZA POZO Y/O TUBERIAS E.1 RESIDUOS DE ESTIMULACION E.2 RESIDUOS DIVERSOS.	2 pozos 3 días operativos.						
F. CAMBIO DE FLUIDOS Y/O CONTROL DE POZO. F.1 CAMBIO DE FLUIDOS. F.2 CONTROL DE POZO.	3 pozos 5 días operativos.						

**FIG.73D-FORMATO PARA EVALUAR INTERVENCIONES.**  
 UNIDAD: 1205      DISTRITO: COMALCALCO,      PERIODO: ENERO-1984.

TIPO DE INTERVENCIONES	INTERVENCIONES REALIZADAS SATISFACTORIAMENTE	INTERVENCIONES SUSPENDIDAS	INTERVENCIONES FALLIDAS POR DIVERSAS CAUSAS		PRODUCCIONES		INCREMENTO DE PRODUCCION
			EQUIPO	OTRAS CAUSAS	ANTES	DESPUES	
A.- REM. DEPOSITOS ORGANICOS. A.1 PARAFINA A.2 ASFALTO							
B.- REM. DEPOSITOS INORGANICOS. B.1 CARBONATOS B.2 SAL.							
C.- REM. DE OTROS DEPOSITOS. C.1 ARENA C.2 SEDIMENTOS							
D.- INDUCCION.	9 pozos operati- 11 días operati- vos				-----	563	563
E.- LIMPIEZA POZO Y/O TUBERIAS E.1 RESIDUOS DE ESTIMULACION E.2 RESIDUOS OI-VERSOS.	2 pozos 2 días operati- vos.						

FIG.- CAMBIO DE FLUIDOS Y/O CONTROL DE - POZO.  
 F1.- CAMBIO DE FLUI- COS.  
 F.2.- CONTROL DE POZO

**FIG.73-E-FORMATO PARA EVALUAR INTERVENCIONES.**  
 UNIDAD: TUBERIA FLEXIBLE. DISTRITO: ZONA SURESTE. PERIODO: ENERO-1984.

TIPO DE INTERVENCIONES	INTERVENCIONES REALIZADAS SATISFACTORIAMENTE	INTERVENCIONES SUSPENDIDAS	INTERVENCIONES FALLIDAS POR DIVERSAS CAUSAS		PRODUCCIONES		INCREMENTO DE PRODUCCION
			EQUIPO	OTRAS CAUSAS	ANTES	DESPUES	
A.- REM. DEPOSITOS ORGANICOS. A.1 PARAFINA A.2 ASFALTO							
B.- REM. DEPOSITOS INORGANICOS. B.1 CARBONATOS B.2 SAL.							
C.- REM. DE OTROS DEPOSITOS. C.1 ARENA C.2 SEDIMENTOS							
D.- INDUCCION.	20 pozos 26 días netos de operación	2 pozos 3 días netos de operación	1 pozo 1 día neto de operación	1 pozo 1 día neto de operación	-----	753.13	75313
E.- LIMPIEZA POZO Y/O TUBERIAS E.1 RESIDUOS DE ESTIMULACION E.2 RESIDUOS DIVERSOS.	4 pozos 5 días netos de operación						
FIG.-CAMBIO DE FLUIDOS Y/O CONTROL DE POZO. F.1 CAMBIO DE FLUIDOS. F.2 CONTROL DE POZO	3 pozos 5 días netos de operación						

FIG: 74.- FORMAS DE DISTRIBUCION DEL TIEMPO DISPONIBLE.  
DISTRITO.

CONCEPTO.	VII	CO	/S.
1.- Equipo Operando.	28	13	41
2.- Equipo Disponible.	--	--	----
3.1.- Reparando Equipo de Tubería Flexible.	10	1	11
3.2.- Reparando Tubería Flexible.	2	1	3
3.0.- TOTAL DE REPARACIONES.	12	2	14
4.1.- Programa de Ingeniería Petrolera.	1	1	2
4.2.- Pozo en Condiciones de Intervenir.	1	2	3
4.3.- Personal.	--	5	5
4.4.- Acondicionamiento de Instalaciones Superf.	---	---	-----
4.5.- Servicio de Nitrógeno.	3	1	4
4.6.- Fluidos Transportados por Contratista.	---	---	-----
4.7.- Fluidos Transportados por PEMEX.	---	---	-----
4.8.- Unidad de Alta Contratista.	5	---	5
4.9.- Unidad de Alta PEMEX.	---	---	-----
4.10.-Unidad de Aceite Caliente.	---	---	-----
4.11.-Transporte para Equipo Especial.	1	---	1
4.12.-Material Químico y/o Accesorios.	---	---	-----
4.13.-Acondicionamiento de Localización y/o Camino.	1	3	4
4.14.-Solución Conflicto Campesino.	---	---	-----
4.15.-Mejoren Condiciones Climatológicas.	---	---	-----
Servicios Auxiliares y/o Solución Problemas	---	---	-----
4.16.-Compañía Contratista de Equipo de Tub. Flex.	---	---	-----
4.17.-Servicios y/o Personal Auxiliar de PEMEX.	---	---	-----
4.0.- TOTAL DE ESPERAS DIVERSAS.	12	12	24
5.1. Descanso Normal.	7	3	10
5.2.- Descanso Generado.	3	1	4
5.0.- TOTAL DE DESCANSOS.	10	4	14

UNIDAD : 200,1204

DISTRITO : VILLAHERMOSA.

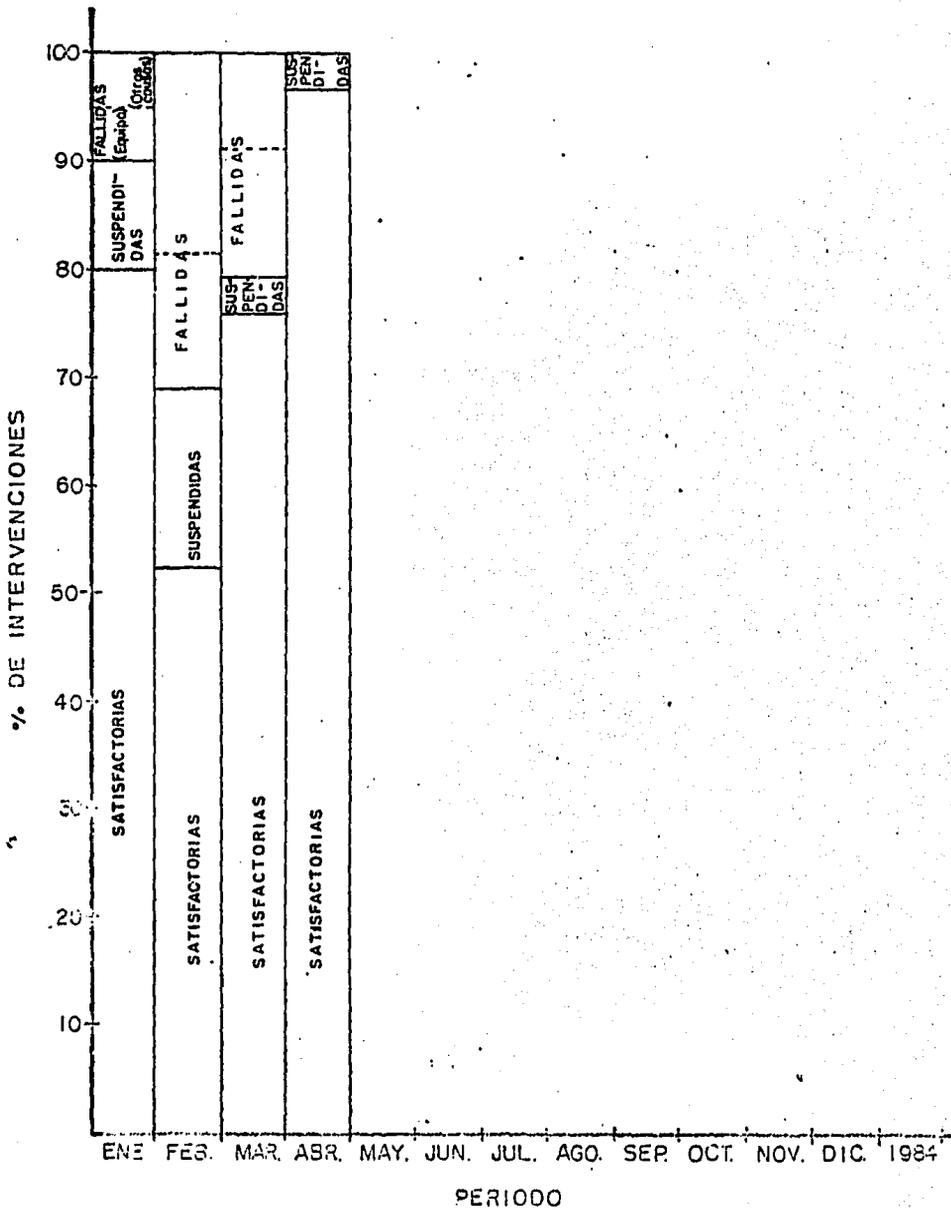


FIG: 75 - HISTOGRAMA DE INTERVENCIONES.

UNIDAD: 1205

DISTRITO: COMALCALCO.

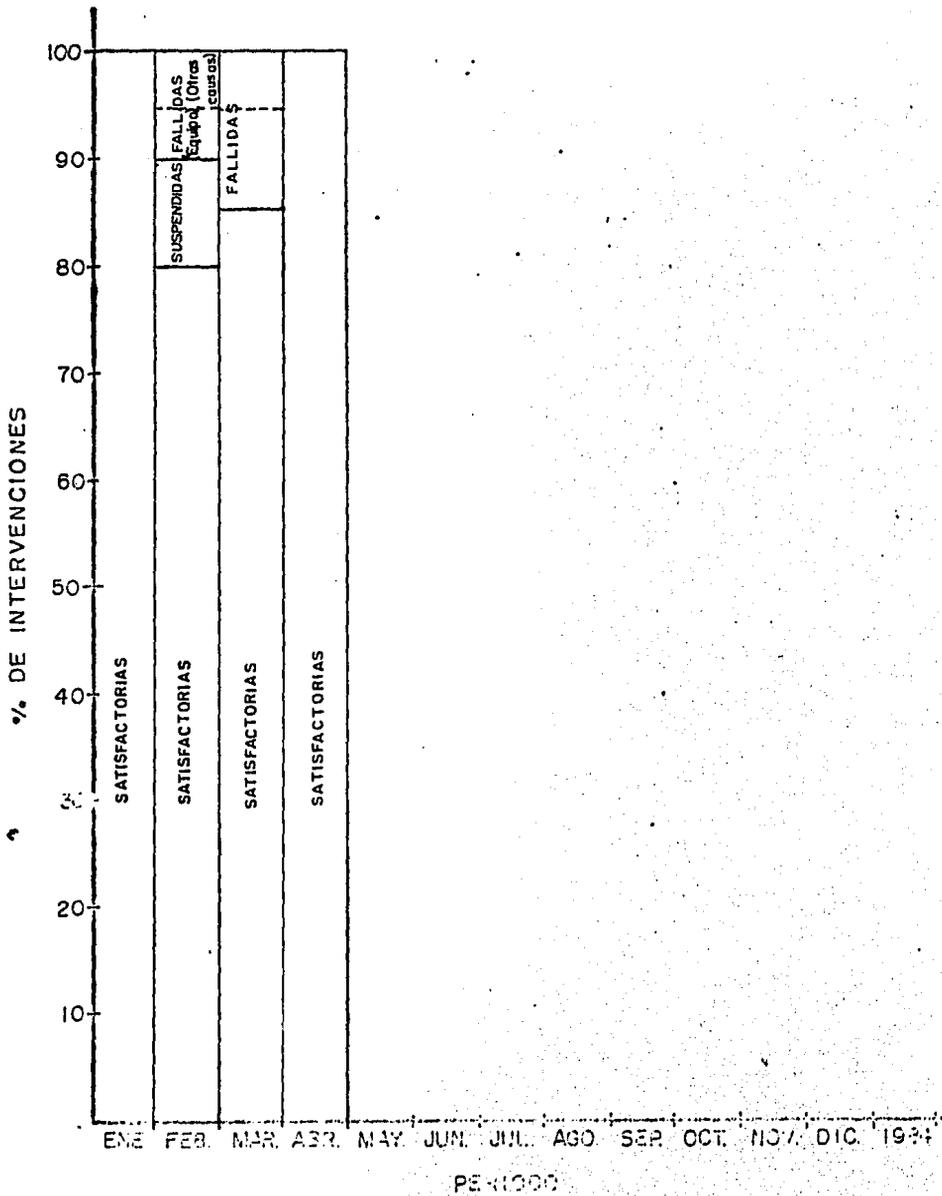


FIG.75-A.

UNIDAD: TUBERIA FLEXIBLE

DISTRITO: ZONA SURESTE

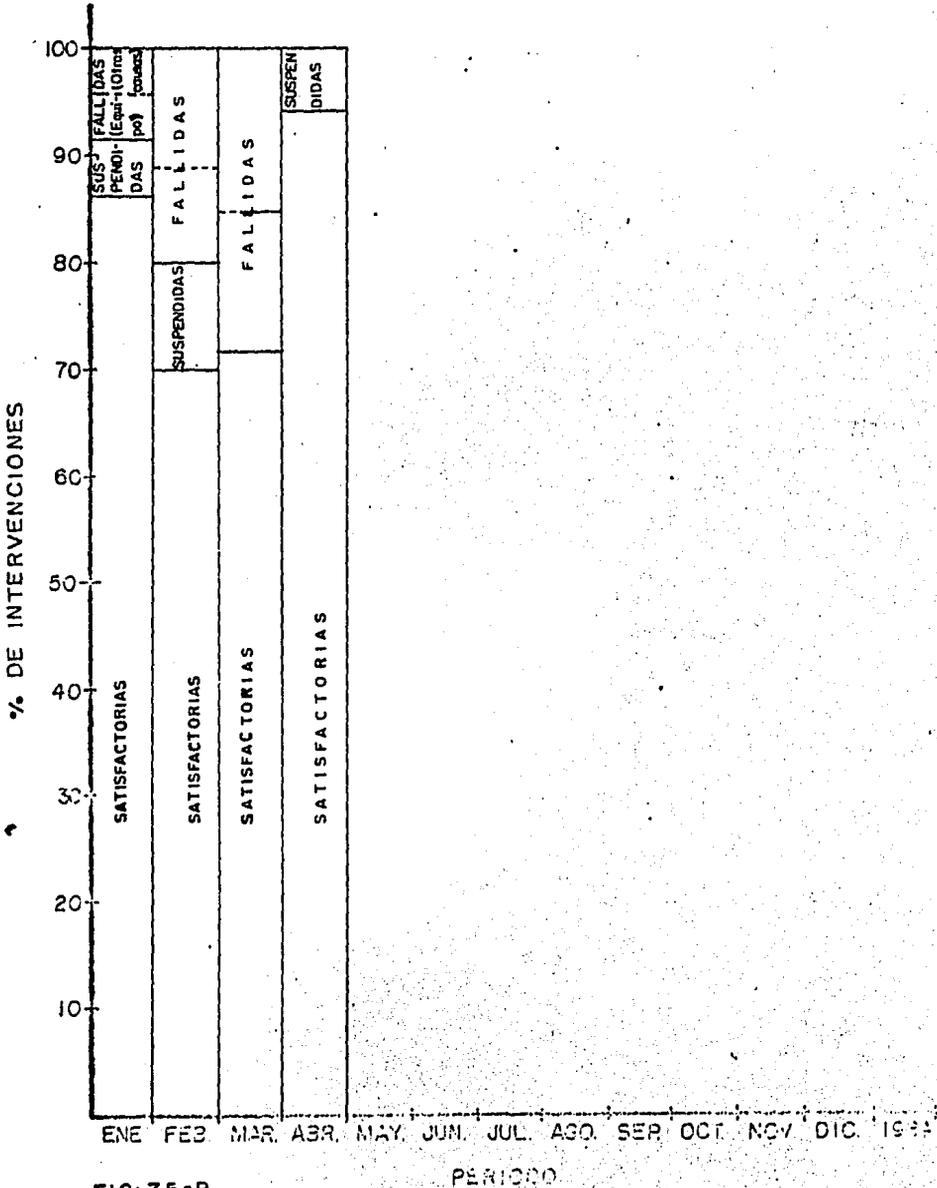


FIG: 75-B

UNIDAD: 200, 1204

DISTRITO: VILLAHERMOSA

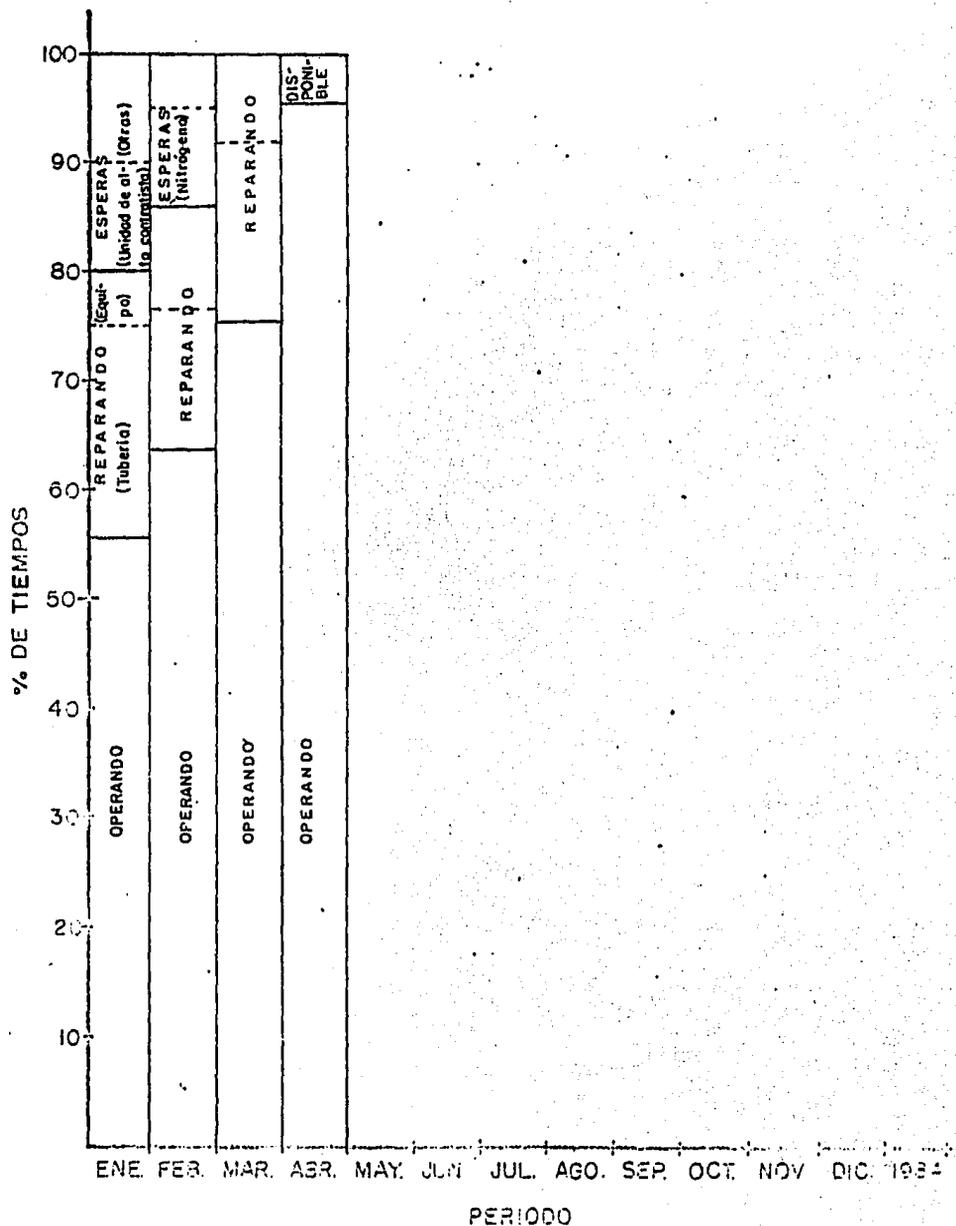


FIG: 76.- HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE TIEMPOS

UNIDAD: 1205

DISTRITO: COMALCALCO

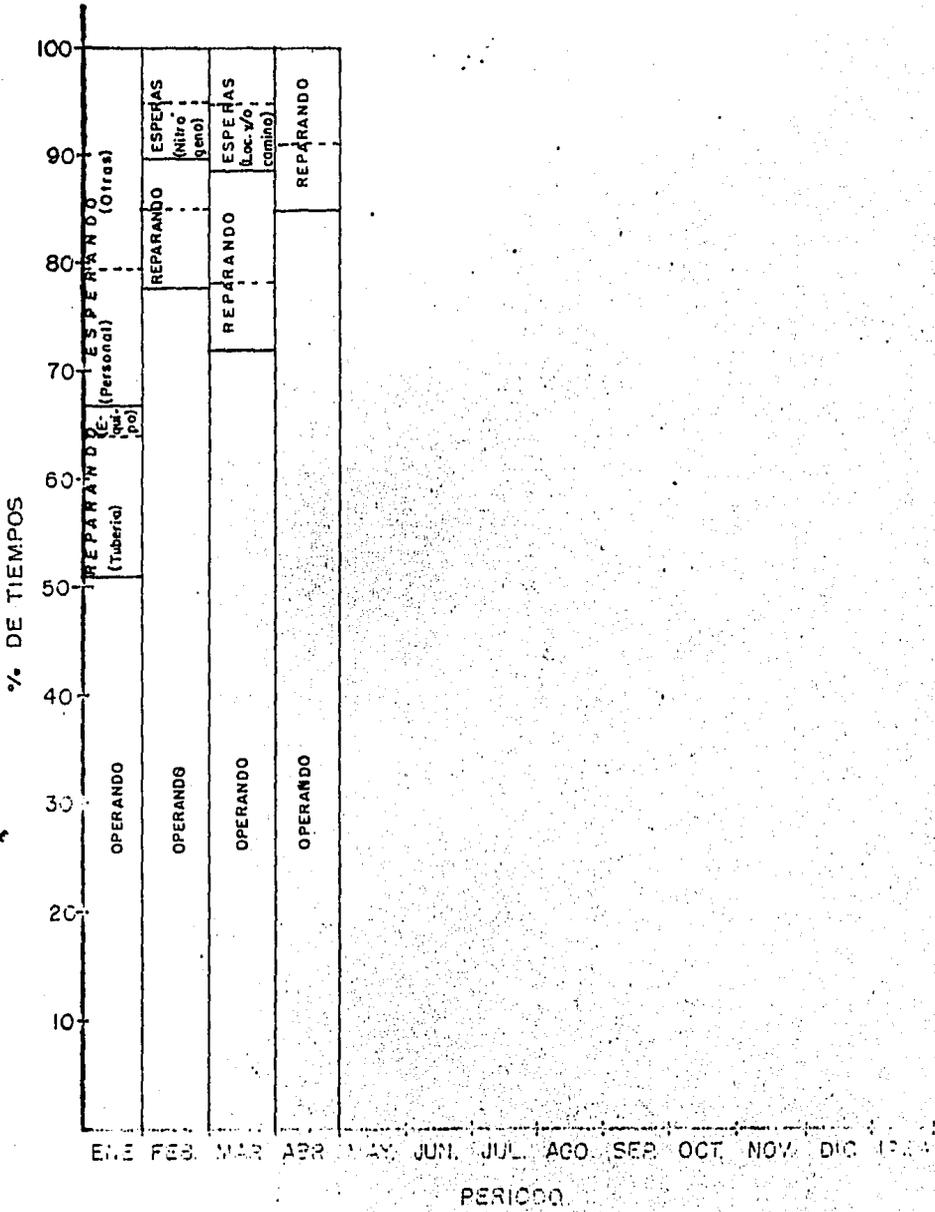


FIG. 76-A

UNIDAD: TUBERIA FLEXIBLE

DISTRITO: ZONA SURESTE

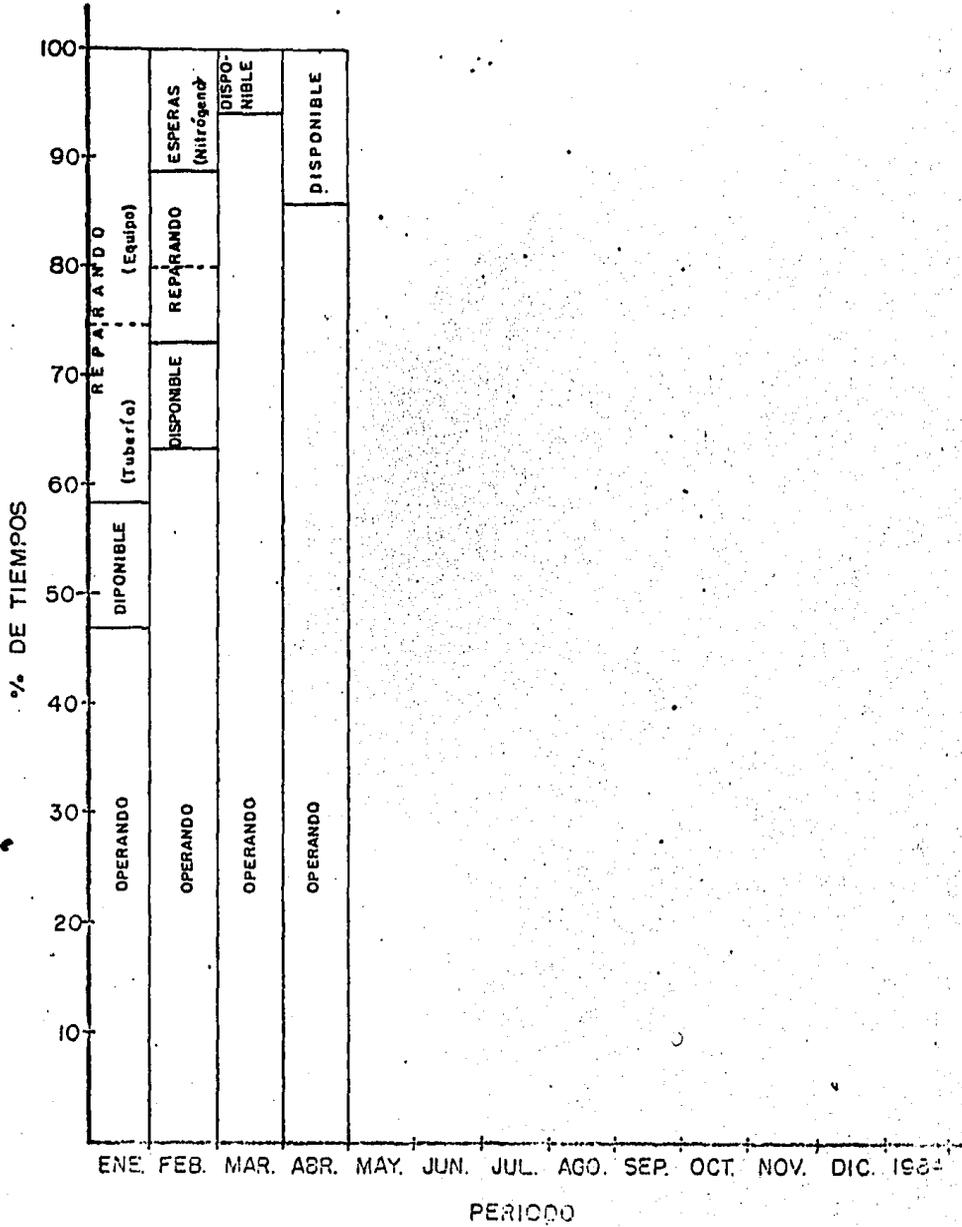


FIG:76-B

UNIDAD: TUBERIA FLEXIBLE

DISTRITO: ZONA SURESTE

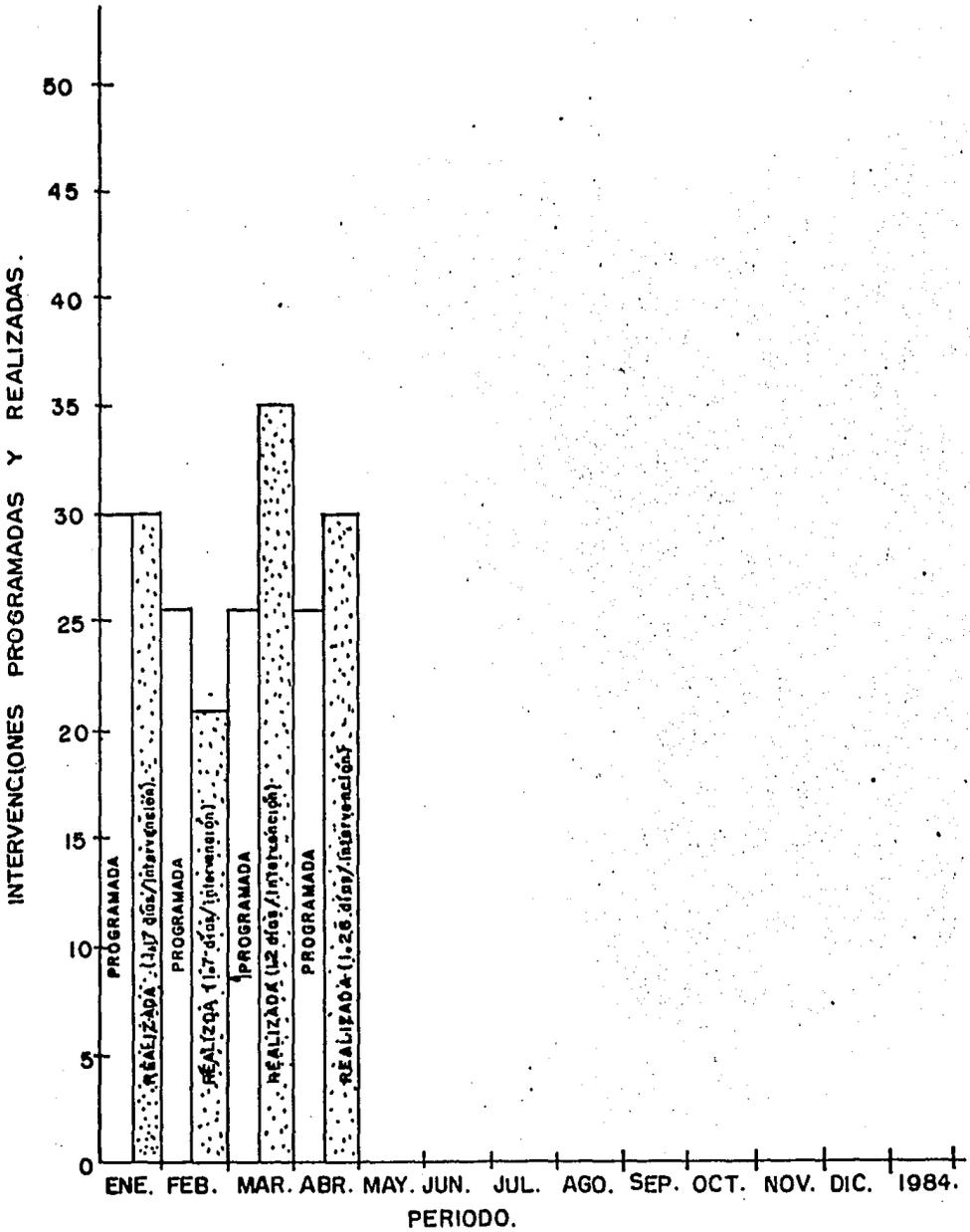


FIG. 77 - HISTOGRAMA DE LAS INTERVENCIONES PROGRAMADAS Y REALIZADAS.

UNIDAD: TUBERIA FLEXIBLE

DISTRITO: ZONA SURESTE.

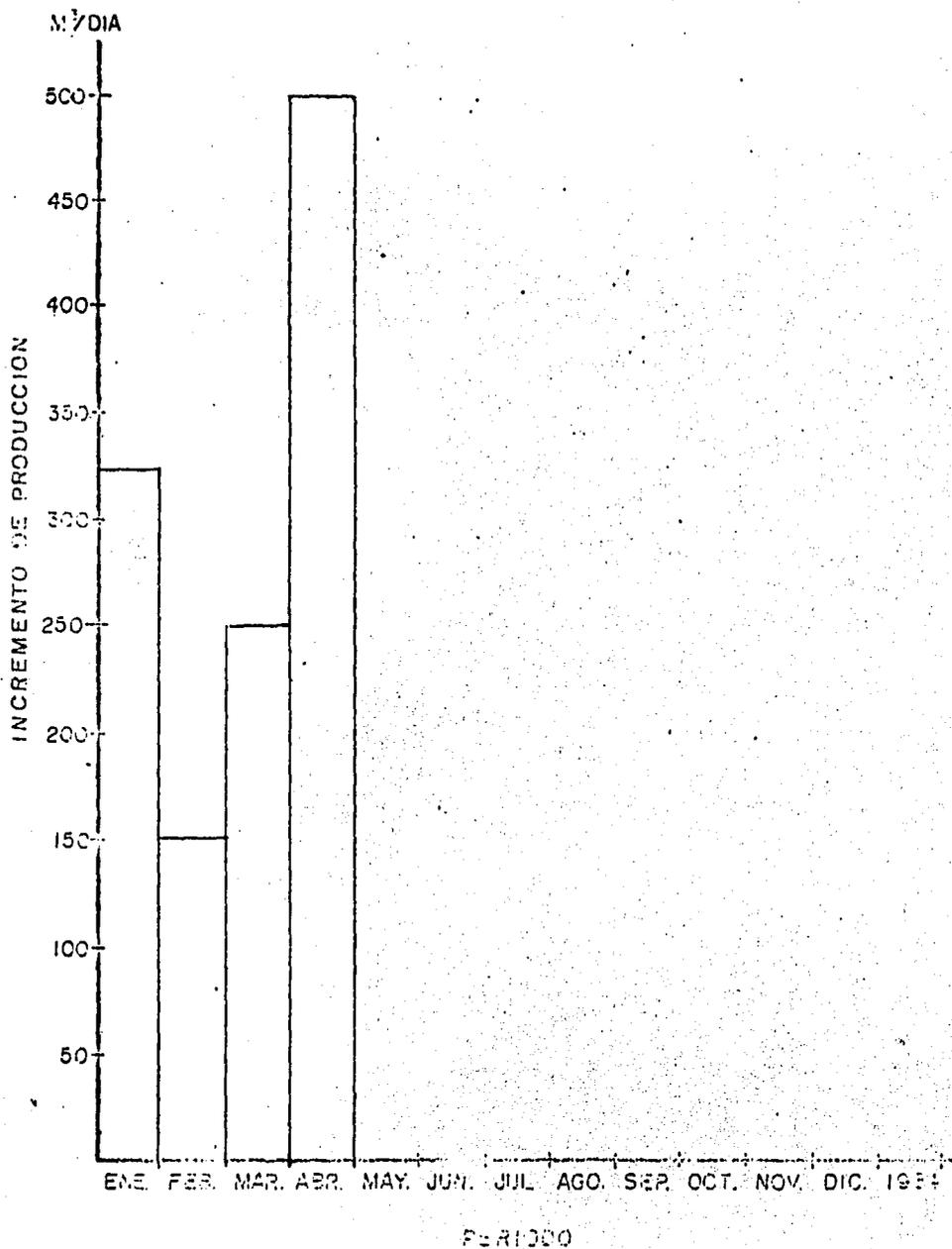


FIG.78 - HISTOGRAMA DEL INCREMENTO DE PRODUCCION.

V I

C A S O S D E C A M P O

## VI.- DATOS DE CAMPO.

Una vez que se establece el programa de la intervención se procede a su ejecución, los pasos contenidos en el programa pueden modificarse debido a un sinnúmero de causas que se presentan comunmente. Estas divergencias pueden deberse a una mala programación o a causas no inherentes a la misma.

Con fines de ilustración se presenta el trabajo que realizó la unidad 600 en el Distrito de Villahermosa los días 23, 24, 25 y 26 de Marzo de 1984. Esta unidad pertenece a la compañía Petrotec, la cual esta al servicio de PFMEEX.

### VI.1.- INDUCCION DEL POZO CARDENAS 114-B.

#### VI.1.1.- ANTECEDENTES.

Este pozo es de Terminación de Desarrollo para definir el yacimiento productor, la cual es realizada por el equipo número 0005 de Reparación y Terminación de Pozos.

#### VI.1.2.- ESTADO MECANICO.

Tubería de Revestimiento de 27.3 cm (10 3/4") de diámetro de 0 a 2600 m de profundidad.

Tubería de Revestimiento Intermedia de 19.37-cm (7 5/8") de diámetro de 0 a 5313 m.

Tubería Corta de Revestimiento de 12.7 cm (5") de diámetro de 3800 a 5600 m.

Empacador "Backer" 413-08 (89-44); 19.37 cm--  
( 7 5/8") de diámetro, anclado a 3800 m.

Camisa "RA" cerrada de 9 cm (3 1/2") de diáme-  
tro con rosca redonda de 8 hilos por pulgada a 3770 m.

Tubería de producción de 9 cm (3 1/2") de diá-  
metro, C-75; 14.15 kg/m.

Multi-V 80-44 con 4 unidades sellantes.

Intervalo disparado: 5465 m a 5530 m.

Profundidad interior: 5575 m.

Profundidad total: 5600 m.

#### VI.1.3.- ANALISIS DE DATOS PRELIMINARES.

La unidad de Geofísica calibró la tubería de-  
producción y reconoció la profundidad interior con he-  
rramienta de sello de plomo de 6.66 cm (2 5/8") y con--  
5.7 cm (2 1/4") de diámetro a las profundidades de-----  
3786 m y 5575 m respectivamente. Con registro de "Amera-  
da" se detectó el nivel de fluidos a 3902 m y con la Cu-  
beta muestreadora se recuperaron muestras, los análisis  
de las mismas determinaron agua dulce.

#### VI.1.4.- PROGRAMACION.

Se calculan los parámetros más importantes pa-  
ra comparación con los datos que se obtengan en el cam-  
po.

Para calcular la tensión máxima permisible se  
requiere de la distribución por grados de la Tubería---  
Flexible.

Espesor de pared:	Longitud:
0.21 cm .	1567 m.
0.19 cm.	827 m.
0.16 cm.	<u>2484 m.</u>
	4878 m.

La Tubería Flexible deberá bajar a su profundidad máxima de trabajo que es de 4700 m.

De la ecuación 1 se obtiene:

$$\text{TENSION} = W * L * \text{FF}$$

De la ecuación 2 y considerando que la densidad del nitrógeno es despreciable, se tiene lo siguiente:

$$\text{FF} = 1 - \frac{\text{DF}}{\text{DA}}$$

$$\text{FF} = 1 - \frac{0 \text{ gr/cc}}{7.85 \text{ gr/cc}}$$

$$\text{FF} = 1$$

$$\text{TENSION MAXIMA} = (1.24 \text{ kg/m} * 1567 \text{ m} * 1) + (1.12 \text{ kg/m} * 827 \text{ m} * 1) + (0.94 \text{ kg/m} * 2306 \text{ m} * 1)$$

$$\text{TENSION MAXIMA} = 5048 \text{ kg.}$$

PRESION DE TRABAJO MAXIMA PERMISIBLE.

Inicialmente se calcula la presión interna y posteriormente la presión de trabajo máxima permisible, ambas para cada espesor de pared.

Para tubería de espesor de pared de 0.16 cm:

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * SY * T}{DE}$$

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * 4927 \text{ kg/cm}^2 * 0.16 \text{ cm}}{2.54 \text{ cm}}$$

$$\underline{\underline{\text{PRESION INTERNA} = 621 \text{ kg/cm}^2.}}$$

Para tubería de espesor de pared de 0.19 cm:

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * SY * T}{DE}$$

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * 4927 \text{ kg/cm}^2 * 0.19 \text{ cm}}{2.54 \text{ cm}}$$

$$\underline{\underline{\text{PRESION INTERNA} = 737 \text{ kg/cm}^2.}}$$

Para tubería de espesor de pared de 0.21 cm:

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * SY * T}{DE}$$

$$\text{PRESION INTERNA} = \frac{2 * 4927 \text{ kg/cm}^2 * 0.21 \text{ cm}}{2.54 \text{ cm}}$$

$$\underline{\underline{\text{PRESION INTERNA} = 815 \text{ kg/cm}^2.}}$$

Se calcula la presión de trabajo.

Para tubería de espesor de pared de 0.16 cm:

$$\text{PTM} = \text{PRESION INTERNA} * 0.90$$

$$\text{PTM} = 621 \text{ kg/cm}^2 * 0.90$$

$$\underline{\underline{\text{PTM} = 559 \text{ kg/cm}^2.}}$$

Para tubería de espesor de pared de 0.19 cm:

$$PTM = \text{PRESION INTERNA} * 0.90$$

$$PTM = 621 \text{ kg/cm}^2 * 0.90$$

$$\underline{\underline{PTM = 663 \text{ kg/cm}^2.}}$$

Para tubería de espesor de pared de 0.21 cm:

$$PTM = \text{PRESION INTERNA} * 0.90$$

$$PTM = 815 \text{ kg/cm}^2 * 0.90$$

$$\underline{\underline{PTM = 734 \text{ kg/cm}^2.}}$$

Como los valores calculados de la presión de trabajo máxima permisible son mayores que el valor de presión utilizado en la práctica, se demuestra con esto que se opera en un buen rango de seguridad.

#### VELOCIDAD DEL INYECTOR.

De la figura 69 se obtienen los datos de esta velocidad. Se baja la tubería con el motor 8V-71 a 2000 RPM y la presión del sistema hidráulico inicialmente es de  $105 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual en la gráfica representa 65 metros por minuto. Al iniciar a recuperar la tubería, la cabeza inyectora soportará una carga de 4554 kg, que es lo que pesa la tubería, la cual ira disminuyendo conforme se vaya recuperando en la superficie.

#### VI.1.5.- DESARROLLO DE LA OPERACION EN EL CAMPO.

En este inciso se detalla la secuencia de la operación realizada en el pozo Cardenas 114-B y se comparan los datos de campo con los calculos realizados

para la programación de este pozo.

SABADO 25 DE MARZO.

Con la unidad 100% transportada en la localización, espera terminen de quitar estibas con tubería.- Antes de dar comienzo a la instalación se checa el árbol notando que es de 11.4 cm de diámetro, por lo que se requiere de una combinación de 11.4 cm \* 9 cm de diámetro y además un tubo madrina de 6 m de largo y diámetro de 9 cm; porque es necesario que solo sobresalga 1 m (del tubo) de la mesa rotaria. Se encontró en los bastidores un tubo con las características requeridas, la combinación fué facilitada por el coordinador del Área de Cardenas.

Una vez completo el árbol, se procede a instalar la unidad, primero se pone a funcionar el motor 8V-71 y se accionan los gatos hidráulicos para mantener nivelada la unidad. Por medio de la grua se izan los preventores y se enroscan en el tubo madrina, este tubo tiene roscada la combinación para los preventores que es de 9 cm \* 7.3 cm, enseguida se inspeccionan las cadenas de la cabeza inyectora (para que tengan la tensión adecuada) y se enrosca arriba de los preventores. Se colocan las patas telescópicas para sostener la cabeza junto con la grua, por lo tanto la unidad quedó instalada sobre la mesa rotaria y lista para realizar la operación.

La unida de nitrógeno "Nitropet", con capacidad de 5300 m<sup>3</sup> de nitrógeno, conectó sus líneas a la conexión rápida del carrete de la Tubería Flexible. Se prueban las conexiones superficiales de la Tubería-----

Flexible con  $350 \text{ kg/cm}^2$ , saliendo satisfactoria la prueba. Se abre la válvula de sondeo y se inicia la intervención de inducción.

Se baja la tubería a 105 m y se inicia el bombeo de nitrógeno con una presión inicial de  $63 \text{ kg/cm}^2$ , al obtener circulación en la superficie, se continúa bajando la tubería hasta 4700 m con una presión máxima de bombeo de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , una velocidad de 31 metros por minuto, el gasto es de  $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Durante la operación se desalojó agua salada a la presa de quema.

Se levanta la tubería a 3493 m con una velocidad de 45 m/min, se continúa desalojando agua salada, a esta profundidad se realiza en la superficie el cambio de termo de nitrógeno (tardándose 5 minutos en realizarlo). Se continúa recuperando la tubería en la superficie, con la misma velocidad, gasto y presión. Posteriormente a la profundidad de 105 m, se corta el bombeo de nitrógeno y se recupera totalmente la tubería en la superficie. La tensión máxima que soportó la cabeza inyectora, fué a la profundidad de 4700 m con 3900 kg.

El pozo quedó franco a la atmósfera sin manifestar y queda en estudio para su estimulación.

Se inicia el proceso de desmantalamiento, con la grua se baja la cabeza inyectora colocandola en su lugar al igual que los preventores, se guardan los gatos hidráulicos y por último se mueve la unidad de Tubería Flexible a un lado de la localización en espera de programa.

## VI.2.- LIMPIEZA E INDUCCION DEL POZO JUJO 54.

### VI.2.1.- ANTECEDENTES.

Este pozo es una Terminación de Desarrollo y fué realizada por un equipo de Perforación de la Compañía "Itsmo".

El pozo fué estimulado con ácido clorhídrico al 15% por la Compañía "Halliburton" y manifestó fluidos con una presión de 90 kg/cm<sup>2</sup>. Al intentar conectarlo a la línea de recolección, se notó fuga en la válvula maestra. Se bombeo agua salada con densidad de 1.17-gr/cc y lodo bentonítico de 1.47 gr/cc de densidad y 50 segundos de viscosidad para controlar el pozo.

### VI.2.2.- ESTADO MECANICO.

Tubería de Revestimiento de 27.3 cm (10 3/4") de diámetro de 0 a 3500 m.

Tubería de Revestimiento Intermedia de 19.37-cm (7 5/8") de diámetro de 0 a 4600 m.

Tubería Corta de Revestimiento de 12.7 cm (5") de diámetro de 4005 m a 5540 m.

Empacador "Backer" 413-08 (80-44), 19.37 cm (7 5/8") de diámetro anclado a 3990 m.

Camisa Otis "RA", 9 cm de diámetro, cerrada a 3975 m.

Tubería de Producción de 9 cm (3 1/2") de diámetro, C-75, 14.15 kg/m, de 0 a 3400 m.

Multi-V 80-44 con 6 unidades sellantes.

Intervalo: 5350 m a 5415 m.

Profundidad Interior: 5435 m.

Profundidad Total: 5560 m.

### VI.2.3.- ANALISIS DE DATOS PRELIMINARES.

Debido a que el pozo estaba fluyendo y por fu en el árbol de válvulas se tuvo que controlar, no se ca libró ni se recuperaron muestras, ya que se considera-- que la tubería esta en buenas condiciones y el nivel de fluidos cerca de la superficie.

### VI.2.4.- PROGRAMACION.

Se calculan los diferentes parámetros.

#### TENSION MAXIMA PERMISIBLE.

Espesor de Pared:	Longitud:
0.21 cm.	1567 m.
0.19 cm.	827 m.
0.16 cm.	<u>2484 m.</u>
	4878 m.

La tubería deberá bajar a la profundidad de--- 4700 m, primero circulando agua para desalojar el lodo- y despues cambiar por circulación de nitrógeno para des alojar el agua e inducir el pozo. Se realizan dos consi deraciones:

- a) Recuperar la tubería con el pozo lleno de agua.
- b) Recuperar la tubería con el pozo lleno de aceite.

a) Con pozo lleno de agua.

De la ecuación 1 se tiene:

$$\text{TENSION MAXIMA} = W * L * FF$$

De la ecuación 2 se obtiene:

$$FF = 1 - \frac{DF}{DA}$$

$$FF = 1 - \frac{1 \text{ gr/cc}}{7.85 \text{ gr/cc}}$$

$$\underline{\underline{FF = 0.873}}$$

Por lo tanto:

$$\text{TENSION MAXIMA} = (1.24 \text{ kg/m} * 1567 \text{ m} * 0.873) + (1.12 \text{ kg/m} * 827 \text{ m} * 0.873) + (0.94 \text{ kg/m} * 2306 \text{ m} * 0.873)$$

$$\underline{\underline{\text{TENSION MAXIMA} = 4407 \text{ kg.}}}$$

b) Con el pozo lleno de aceite.

De la ecuación 1 se tiene:

$$\text{TENSION MAXIMA} = W * L * FF$$

De la ecuación 2 y considerando aceite de una densidad de 0.85 gr/cc.

$$FF = 1 - \frac{DF}{DA}$$

$$FF = 1 - \frac{0.85 \text{ gr/cc}}{7.85 \text{ gr/cc}}$$

$$\underline{\underline{FF = 0.892}}$$

Por lo tanto:

$$\text{TENSION MAXIMA} = (1.24 \text{ kg/m} * 1567 \text{ m} * 0.892) + (1.12 \text{ kg/m} * 827 \text{ m} * 0.892) + (0.94 \text{ kg/m} * 2306 \text{ m} * 0.892)$$

$$\text{TENSION MAXIMA} = 4503 \text{ kg.}$$

PRESION DE TRABAJO MAXIMA PERMISIBLE.

El procedimiento de calculo es semejante al del inciso VI.1.4.

VELOCIDAD DEL INYECTOR.

El procedimiento de calculo es semejante al del inciso VI.1.4.

VI.2.5.- DESARROLLO DE LA OPERACION EN EL CAMPO.

Se detalla la secuencia de la operaci3n realizada en el pozo Jujo 54.

SABADO 24 DE MARZO:

Se program3 a la unidad 600 para que terminando de operar en el pozo Cardenas 114-B, se transporte al pozo Jujo 54 para limpiar el pozo con agua desplazando lodo bentonítico de 1.47 \* 50 y posteriormente inducirlo con nitr3geno.

DOMINGO 25 DE MARZO:

La unidad 600 es acondicionada y se transpor-

ta a el pozo Jujo 54, en la localización espera pozo---  
 listo, o sea, quitan los preventores y herramienta que-  
 se encuentra a un lado de la estructura. Una vez que se  
 han quitado, la unidad realiza maniobras para acomodarse  
 y quedar lo más cerca a la estructura del equipo de  
 Perforación y para tener el mejor ángulo de visibilidad  
 durante la operación. Esta maniobra de acomodo fué lenta  
 debido a que la localización estaba saturada de uni-  
 dades de Halliburton, Newsco y equipos auxiliares.

Realizada esta maniobra se revisan las condi-  
 ciones del árbol notando que es de 11.4 cm (4 1/2") de  
 diámetro y que el tubo madrina sobresale 4 m de la mesa  
 rotaria, por lo que la unidad 600 espera acondicionen-  
 o consigan un tubo madrina que mida aproximadamente 6 m  
 y sobresalga solo un metro de la mesa rotaria.

Conseguido el tubo de 9 cm (3 1/2") de diáme-  
 tro y la combinación de 11.4 cm \* 9 cm ( 4 1/2" \*-----  
 3 1/2") de diámetro, la unidad procede a izar con la---  
 grua los preventores para colocarlos en el piso de la--  
 estructura, en seguida levanta la cabeza inyectora y la  
 depósita en la tierra porque se cambiará el hule del---  
 estopero(stripper), esto se debe a que el pozo puede---  
 manifestar con una presión lata. Despues de cambiarlo--  
 se procede a levantar la cabeza y depósitarla en la es-  
 tructura, debido a lo alto de la misma y lo defectuoso-  
 de la localización, se instalan los preventores con el  
 malacate auxiliar del equipo de Perforación; pero para-  
 instalar la cabeza inyectora fué necesario contar con--  
 la polea viajera y que ademas la sostuviera durante la-  
 operación, por lo que respecta a la unidad de Tuberfa--  
 Flexible, esta quedó lista para cmpezar la operación,--  
 pero debe esperar debido a que se volverá a probar el--

árbol de válvulas con nitrógeno para que se verifique-- si quedó arreglado el desperfecto anterior; la prueba-- salio satisfactoria. Por lo tanto se inicia la opera-- ción.

LUNES 26 DE MARZO.

Se prueban las conexiones superficiales de la unidad de Tuberfa Flexible con una presión máxima de---  $350 \text{ kg/cm}^2$ , se abre la válvula de sondeo y se inicia a bajar la tuberfa sin bombeo hasta la profundidad de 100 metros, en donde circuló  $2 \text{ m}^3$  de agua con una presión-- de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y un gasto de  $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Se pretende llenar la capacidad del pozo con  $26 \text{ m}^3$  de agua, por lo que se continua bajando la tuberfa hasta 1000 m bombeando agua con una presión de  $246 \text{ kg/cm}^2$  y la velocidad de bajada es de 21 m/min, no se tiene aun circulación en-- la superficie.

Se han bombeado  $16 \text{ m}^3$  de agua y no se obtiene circulación, por lo que el Ingeniero Petrólero programa que se suspenda el bombeo de agua y se induzca el pozo con nitrógeno. Por lo tanto se desconecta la unidad de Alta(Halliburton) y se conecta el termo de nitrógeno--- Nowsco. A la profundidad de 1000 m se inicia la induc-- ción, se continua bajando la tuberfa con un gasto de---  $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$  y una presión de  $246 \text{ kg/cm}^2$  hasta la profundidad de 3437 m en donde encuentra una resistencia-- franca(se supone que es un tapón de lodo), se aplica un peso de 454 kg con la tuberfa y se vence dicha resisten-- cia. Se continua bajando con bombeo de nitrógeno a la-- profundidad de 3524 m, donde encuentra otra resistencia y se aplican 454 kg de peso con la tuberfa sin lograr--

vencerla, por lo que se levanta la tubería a 3474 m circulando nitrógeno y desalojando agua lodosa.

Se baja nuevamente la tubería y se observa--- que la resistencia se encuentra a 3520 m (4 m arriba de donde se encontraba), por lo que se toma la decisión de volver a bombear agua.

Con circulación de nitrógeno se levanta la tubería a 2927 m (con el mismo gasto, presión y velocidad), donde se estaciona la tubería y se realiza el cambio de nitrógeno por agua. Se pretende bombear  $1006 \text{ m}^3$  de agua para llenar la tubería de producción desde la última resistencia hasta la superficie. Cuando se habían bombeado  $13 \text{ m}^3$  de agua, se registro en el manómetro de la cabina (este manómetro indica la presión en el espacio anular entre la tubería flexible y la tubería de producción) un incremento de la presión de 0 a  $14 \text{ kg/cm}^2$ , lo implica que el pozo esta manifestando fluidos, los cuales son agua lodosa, gas y aceite.

Se recupera la tubería a la superficie con un gasto y presión constantes, pero con una velocidad de 61 m/min. Cuando faltan 50 m para sacar la tubería, se reduce el gasto a la mitad de su valor y la velocidad es de 10 m/min.

Al pasar la tubería por el estopero se accionan los preventores de la unidad de Tubería Flexible y enseguida se cierra la válvula de sondeo del árbol, esto implica la terminación de la intervención al pozo Jujo 54.

### VI.3.- ANALISIS COMPARATIVO DE LA PROGRAMACION CON LA-- OPERACION DE CAMPO.

Se observa que los resultados obtenidos en la programación calculada como en la operación del campo-- difieren ligeramente debido a que los calculos se reali-- zan tomando en cuenta las condiciones extremas de la--- operación, lo que se busca es que la tuberfa quede so-- brada con respecto a los parámetros involucrados cuando se esta realizando la intervención y que ademas se ten-- ga un margen de seguridad que muchas veces ayuda a evi-- tar problemas mayores como roturas de tuberfa, pescados de la misma, etc.

V I I

- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -

## VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Este trabajo se ha realizado con la finalidad de tener una base de la importancia del uso de la Tubería Flexible, dada su amplia versatilidad, su fácil----transportación y operabilidad.

Para que el rendimiento operativo sea el óptimo se requiere de una buena programación y de un buen--mantenimiento.

Se recomienda para una buena programación el conocimiento explícito que se pretende realizar en cuanto a transportación, instalación y operación en los pozos a intervenir. Así como de requerir a tiempo las unidades auxiliares para que se trabaje con rápidez y efectividad.

La frecuencia del mantenimiento se programa--para que se efectue cada 3 meses, para evitar que las--fallas del equipo se presenten durante la operación, esto acarrea pérdida de tiempo debido a que se tendrá que componer la parte dañada en el mismo pozo o se transportará la unidad al taller. Cada vez que se realiza este--mantenimiento se deberá actualizar el inventario del---refaccionamiento para que se requieran las partes que--se estén agotando.

### CONCLUSIONES.

La unidad de Tubería Flexible es una de las--herramientas más eficaz que se ha fabricado en cuestión de equipos especiales para la intervención de pozos productores o inyectoros. Debido a que es un equipo versatil y además, si se cuenta con unidades auxiliares efi-

cientes se tendrán altos porcentajes de éxito.

Estos equipos están limitados en cuestión de profundidad, puesto que solo pueden introducir la tubería hasta 5500 m, pero sería conveniente realizar un estudio para adaptar tanto la potencia de la cabeza inyectora como a la tubería para alcanzar profundidades de 7000 m con el fin de operar en pozos de mayor profundidad. Es tan eficaz que en muchos casos los equipos de Perforación o de Terminación y Reparación de Pozos dependen de la Tubería Flexible debido a la rapidez con que realiza sus operaciones.

A futuro estos equipos tendrán que ir creciendo tanto en número como en características propias, debido a que se encuentran más yacimientos que explotar y se perforan pozos a mayor profundidad, que implicarán operaciones para restituir la producción de hidrocarburos en forma más económica y rápida, por lo que se requiera del uso de la Tubería Flexible, la cual realizará las intervenciones para la que fue diseñada.

## B I B L I O G R A F I A .

" WIRELINE OPERATIONS AND PROCEDURES " .

American Petroleum Institute.

" NOWSCO STABLE FOAM FRACTURING " .

Nitrógen Oil Well Service CO.

" INSTRUCTIVO SOBRE EMPLEO DE LA UNIDAD DE TUBERIA FLEXI  
BLE " .

Superintendencia General de Servicios a Pozos.

" COIL TUBING UNITED " .

Hidra Rig.

" CONSTRUCCION, APLICACION Y FUNCIONAMIENTO DEL CALIBRA-  
DOR DE PRESION AMERADA " .

Tesis Profesional- Crisofó Cortes León.

" COILED TUBING MANUAL " .

P.E.M.E.X.

" FORMATOS DE EVALUACION DE LAS INTERVENCIONES CON TUBE-  
RIA FLEXIBLE " .

Superintendencia General de Servicios a Pozos.

" CONCEPTOS GENERALES SOBRE INTERVENCIONES A POZOS " .

Superintendencia General de Servicios a Pozos.

" OBJETIVOS Y FUNCIONES DE LA GERENCIA DE REPARACION Y--  
TERMINACION DE POZOS " .

Gerencia de Terminación y Reparación de Pozos.