

300617

28

28



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**"SELECCION E INSTALACION DE CABEZALES Y  
ARBOLES DE VALVULAS PARA EL CONTROL  
DE POZOS PETROLEROS"**

## **TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A:**

**JOSE LUIS RODRIGUEZ TABOADA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**MEXICO, D. F.**

**1988**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| - Introducción .....                 | 3  |
| - Generalidades .....                | 5  |
| <br>                                 |    |
| I. PERFORACION .....                 | 14 |
| 1.1 Proceso                          |    |
| 1.2 Lodo de perforación              |    |
| 1.3 Cementación                      |    |
| 1.4 Terminación de pozo              |    |
| <br>                                 |    |
| II. SELECCION .....                  | 27 |
| 2.1 Programa de tuberías             |    |
| 2.2 Límites de presión y temperatura |    |
| 2.3 Tipo de fluido                   |    |
| 2.4 Interiores                       |    |
| 2.5 Materiales                       |    |
| <br>                                 |    |
| III. FABRICACION .....               | 50 |
| 3.1 Requisición                      |    |
| 3.2 Diseño                           |    |
| 3.3 Equipo instalado                 |    |
| 3.4 Maquinado                        |    |
| <br>                                 |    |
| IV. ENSAMBLE .....                   | 71 |
| 4.1 Arreglos típicos                 |    |
| 4.2 Ensamble para cabeza de pozo     |    |
| 4.3 Arbol de Navidad                 |    |
| 4.4 Válvulas de producción           |    |
| 4.5 Pruebas                          |    |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| V. INSTALACION .....           | 99  |
| 5.1 Recomendaciones            |     |
| 5.2 Preventores de reventones  |     |
| 5.3 Actuadores                 |     |
| 5.4 Mantenimiento              |     |
| VI. ANALISIS ECONOMICO .....   | 116 |
| 6.1 Costo de equipo y material |     |
| 6.2 Recuperación de inversión  |     |
| CONCLUSIONES .....             | 123 |

## INTRODUCCION.

Actualmente la rentabilidad en muchos pozos petroleros terminados es marginal, esto representa la necesidad de encontrar formas tendientes o incrementar el rendimiento económico de los procedimientos de explotación a fin de producir con el mayor beneficio - los hidrocarburos recuperables de un yacimiento.

Para hacer recomendaciones válidas sobre la manera en que un pozo de aceite o gas debe producir, es necesario una comprensión clara de los principios que rigen el movimiento de los fluidos desde la formación hasta la superficie.

Basicamente es necesario conocer la situación real del pozo y la posibilidad de mejorar sus condiciones de explotación. Para esto se necesita información - sobre las características del sistema roca-fluidos, el estado actual del yacimiento, la eficiencia de terminación del pozo etc.

Si se encuentra que un pozo no está produciendo de acuerdo con su capacidad, se deben investigar las causas, las cuales correspondan a los siguientes tipos de problemas:

del yacimiento, del fluido, del equipo de producción.

La baja productividad de pozos es a menudo debida a un mal funcionamiento en alguna parte del - equipo de producción y control.

El control de pozos petroleros ya sean terrestres o marines constituye un factor muy importante para la correcta explotación de estos.

Del programa de terminación de pozo depende el buen funcionamiento y aprovechamiento del mismo, ya que un pozo descontrolado repercute grandes pérdidas económicas.

El objetivo de este estudio es el de poder elegir el cabezal y el árbol de válvulas apropiado para las terminaciones de pozos petroleros terrestres usuales, así como la correcta instalación, tomando en cuenta la seguridad del sistema y del mismo personal.

## GENERALIDADES

Para determinar la existencia de un yacimiento, o tanto petrolífero, se emplean métodos geológicos superficiales y de subsuelos, además de métodos geofísicos, y técnicas de geología, paleontología, geoquímica, sismología, -- gavinetría, magnetometría, y perforación.

Estas técnicas de exploración, permiten conocer las características de un yacimiento con bastante exactitud, es posible entonces determinar la profundidad, presión, - forma, y posible capacidad.

Una vez determinado el yacimiento, se lleva a cabo el programa de perforación, y de control de producción; Este control se realiza mediante cabezales y ensambles para-cabeza de pozo, conocidos comúnmente como Arboles de Navidad.

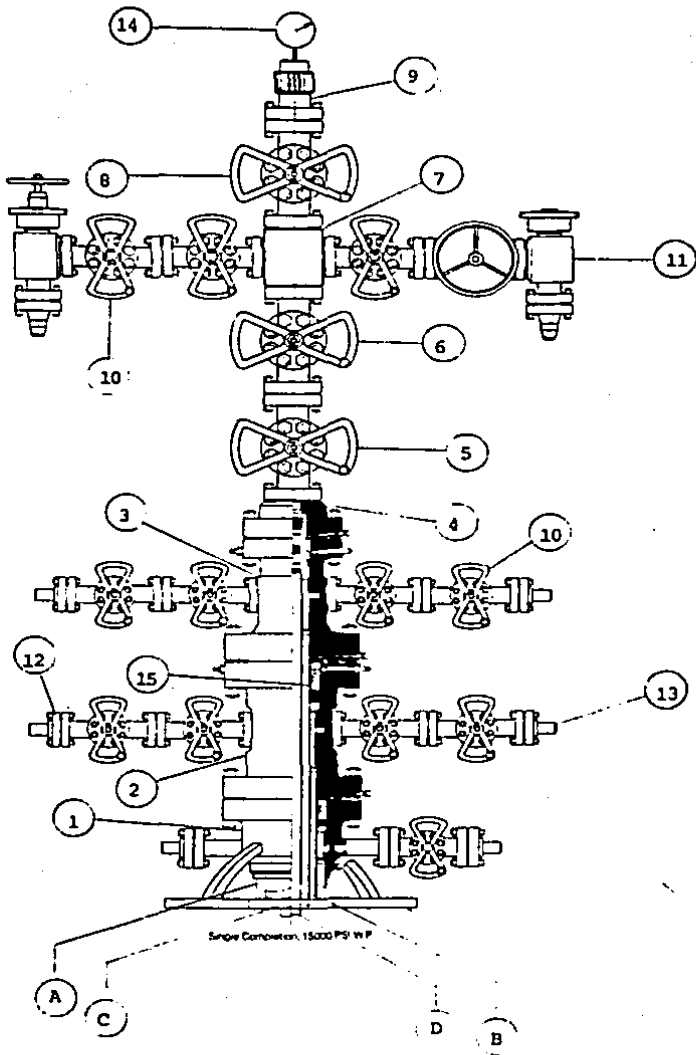
Un Arbol de Navidad es un conjunto de cabezales, - colgadores, válvulas, y otros accesorios que se colocan en el pozo petrolero ( Una parte durante la perforación, y otra al terminar esta ) para obtener la producción controlada de crudo y gas.

## ARBOL DE NAVIDAD.

### COMPONENTES.

- 1.- Cabezal de tubería de revestimiento
  - 2.- Carrete de tubería de perforación
  - 3.- Cabezal de tubería de producción
  - 4.- Carrete adaptador
  - 5.- Válvula maestra de seguridad
  - 5.- Válvula maestra de operación ( eventual )
  - 7.- Cruz
  - 8.- Válvula de sondeo ( eventual )
  - 9.- Adaptador para puertos de fondo
  - 10.- Válvulas para inyección y producción
  - 11.- Estranguladoras de flujo
  - 12.- Bridas compañeras
  - 13.- Válvulas de aguja
  - 14.- Manómetros
  - 15.- Colgadores ( para tubería de perforación y producción )
  - 16.- Conjunto de válvulas tipo block ( que equivalen a las válvulas maestras y de sondeo )
- 
- A.- Tubería de Adere
  - B.- Tubería de revestimiento
  - C.- Tubería de perforación
  - D.- Tubería de producción





El petróleo es un recurso natural no renovable, por lo que actualmente existen numerosos proyectos de investigación a fin de obtener nuevas fuentes de energía, a partir de elementos tales como el hidrógeno, y el Uranio.

A pesar de esto el petróleo constituye el energético más importante de nuestro tiempo, ya que guarda estrecha relación con casi todas las necesidades del hombre moderno, como son : Combustibles, fibras, fertilizantes y plásticos.

Tabla 1

RESERVAS Y PRODUCCION DE CRUDO Y GAS NATURAL EN EL MUNDO

| PAIS                  | RESERVAS PROBADAS<br>ESTIMADAS<br>(Al 31 de diciembre de 1985) |  | PRODUCCION PROMEDIO<br>DIARIA DE 1985 |  | RELACION<br>RESERVAS-PRODUCCION<br>(AÑOS) |     |
|-----------------------|--|--|---------------------------------------|--|---|-----|
|                       | CRUDO<br>(Millones de Bbl)                                     | GAS NATURAL<br>(Biliones Pies <sup>3</sup> ) | CRUDO<br>(Miles Bbl)                  | GAS NATURAL<br>(Millones Pies <sup>3</sup> ) | CRUDO                                     | GAS |
| <b>AMERICA:</b>       |  |  |                                       |  |   |     |
| <b>NORTE</b>          |  |  |                                       |  |   |     |
| Canada                | 6 500  | 100  | 1 453                                 | 7 185  | 12  | 38  |
| Estados Unidos        | 28 000   | 197  | 8 919                                 | 45 354                                       | 9   | 12  |
| México                | 48 612   | 78   | 2 630                                 | 3 604  | 51  | 58  |
| <b>SUMA:</b>          | <b>83 112</b>  | <b>373</b>                                   | <b>13 002</b>                         | <b>56 143</b>                                |   |     |
| <b>SUR</b>            |  |  |                                       |  |   |     |
| Argentina             | 2 300  | 24   | 448                                   | 999  | 14  | 60  |
| Brasil                | 2 070  | 3  | 541                                   | 531  | 10  | 15  |
| Ecuador               | 1 050  | 4  | 273                                   | 46   | 17  | 238 |
| Trinidad              | 540  | 10   | 179                                   | 311  | 8   | 88  |
| Venezuela             | 25 591   | 59   | 1 669                                 | 1 675  | 42  | 86  |
| Otros                 | 2 791  | 12   | 424                                   | 723  | 18  | 45  |
| <b>SUMA:</b>          | <b>34 842</b>  | <b>112</b>                                   | <b>3 534</b>                          | <b>4 285</b>                                 |   |     |
| <b>TOTAL AMERICA:</b> | <b>118 054</b>   | <b>485</b>                                   | <b>16 536</b>                         | <b>60 428</b>                                |   |     |
| <b>EUROPA:</b>        |  |  |                                       |  |   |     |
| <b>OCCIDENTAL</b>     |  |  |                                       |  |   |     |
| Holanda               | 251  | 67   | 69                                    | 7 056  | 10  | 28  |
| Noruega               | 10 800   | 104  | 771                                   | 2 577  | 39  | 111 |
| Reino Unido           | 13 000   | 23   | 2 520                                 | 3 802  | 14  | 17  |
| Otros                 | 2 262  | 22   | 364                                   | 3 362  | 17  | 18  |
| <b>TOTAL EUROPA:</b>  |  |  |                                       |  |   |     |
| <b>OCCIDENTAL:</b>    | <b>26 413</b>  | <b>216</b>                                   | <b>3 724</b>                          | <b>16 797</b>                                |   |     |
| <b>AFRICA:</b>        |  |  |                                       |  |   |     |
| Argelia               | 8 820  | 107  | 643                                   | 3 404  | 38  | 80  |
| Angola                | 2 000  | 2  | 229                                   | 33   | 24  | 100 |
| Egipto                | 3 850  | 7  | 886                                   | 395  | 12  | 49  |
| Libia                 | 21 300   | 21   | 1 045                                 | 430  | 56  | 131 |
| Nigeria               | 16 800   | 47   | 1 446                                 | 140  | 31  | 820 |
| Túnez                 | 1 800  | 4  | 125                                   | 43   | 39  | 255 |
| Otros                 | 2 364  | 10   | 467                                   | 77   | 14  | 350 |
| <b>TOTAL AFRICA:</b>  | <b>56 734</b>  | <b>198</b>                                   | <b>4 841</b>                          | <b>4 522</b>                                 |   |     |

FUENTE: Oil and Gas Journal, Petróleos Mexicanos y Worldwide Report.

Tabla 2

RESERVAS Y PRODUCCION DE CRUDO Y GAS NATURAL EN EL MUNDO

| PAIS                      | RESERVAS PROBADAS ESTIMADAS<br>(Al 31 de diciembre de 1985) |  | PRODUCCION PROMEDIO DIARIA DE 1985 |  | RELACION RESERVAS-PRODUCCION ANOS |           |
|---------------------------|---|--|------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------|
|                           | CRUDO<br>(Millones de Bts.)                                 | GAS NATURAL<br>(Billones Pies <sup>3</sup> ) | CRUDO<br>(Millas Bts.)             | GAS NATURAL<br>(Millones Pies <sup>3</sup> ) | CRUDO                             | IAS       |
| <b>ORIENTE:</b>           |   |  |                                    |  |                                   |           |
| <b>MEDIO</b>              |   |  |                                    |  |                                   |           |
| Arabia Saudita            | 168 800   | 121  | 3 295                              | 1 310  | 140                               | 253       |
| Emiratos Arabes Unidos    | 32 890  | 32   | 1 128                              | 834  | 80                                | 138       |
| Iran                      | 47 876  | 470  | 2 279                              | 1 310  | 58                                | 983       |
| Irak                      | 44 110  | 29   | 1 397                              | 56   | 87                                | 1 419     |
| Katar                     | 3 300   | 148  | 297                                | 576  | 30                                | 704       |
| Kuwait                    | 89 774  | 33   | 823                                | 483  | 299                               | 187       |
| Omán                      | 4 000   | 6  | 484                                | 132  | 23                                | 124       |
| Siria                     | 1 440   | 1  | 182                                | 13   | 24                                | 211       |
| Zona Neutral              | 5 380   | 8  | 358                                |  | 41                                |           |
| Otros                     | 356   | 8  | 42                                 | 394  | 23                                | 56        |
| <b>SUMA :</b>             | <b>398 026</b>  | <b>856</b>                                   | <b>10 265</b>                      | <b>4 908</b>                                 |                                   |           |
| <b>EXTREMO</b>            |   |  |                                    |  |                                   |           |
| Brunei                    | 1 480   | 7  | 150                                | 623  | 27                                | 23        |
| India                     | 3 736   | 17   | 614                                | 313  | 17                                | 149       |
| Indonesia                 | 8 500   | 36   | 1 220                              | 3 157  | 19                                | 31        |
| Malasia                   | 3 100   | 53   | 433                                | 526  | 20                                | 276       |
| Pakistán                  | 109   | 15   | 34                                 | 1 063  | 9                                 | 39        |
| Otros                     | 306   | 14   | 86                                 | 1 399  | 10                                | 27        |
| <b>SUMA :</b>             | <b>17 231</b>   | <b>142</b>                                   | <b>2 637</b>                       | <b>7 281</b>                                 |                                   |           |
| <b>TOTAL ORIENTE:</b>     | <b>415 257</b>  | <b>998</b>                                   | <b>12 802</b>                      | <b>12 189</b>                                |                                   |           |
| <b>OCEANIA:</b>           |   |  |                                    |  |                                   |           |
| Australia                 | 1 449   | 18   | 556                                |  | 7                                 |           |
| Otros                     | 176   | 6  | 18                                 |  | 27                                |           |
| <b>TOTAL OCEANIA:</b>     | <b>1 625</b>  | <b>24</b>                                    | <b>574</b>                         | <b>1 654</b>                                 |                                   | <b>40</b> |
| <b>PAISES COMUNISTAS:</b> |   |  |                                    |  |                                   |           |
| China                     | 18 420  | 30   | 2 474                              | 1 235  | 20                                | 67        |
| URSS                      | 61 000  | 1 500  | 11 905                             | 62 140                                       | 14                                | 68        |
| Otros                     | 1 950   | 18   | 461                                | 6 518  | 12                                | 7         |
| <b>TOTAL :</b>            | <b>81 370</b>   | <b>1 546</b>                                 | <b>14 840</b>                      | <b>69 894</b>                                |                                   |           |
| <b>TOTAL MUNDIAL:</b>     | <b>700 141</b>  | <b>3 467</b>                                 | <b>53 484</b>                      | <b>164 887</b>                               |                                   |           |

En las tablas 3 y 4 se muestra la producción media por pozo en México desde el año 1938 hasta 1985; así como datos tomados de Petróleos Mexicanos sobre las perforaciones realizadas en 1985.

Estas perforaciones incluyen pozos de exploración, y pozos de desarrollo, así como la producción en este periodo de crudo y condensados y gas natural.

Tabla 3

PRODUCCION MEDIA POR POZO

| ANO  | POZOS | PRODUCCION DE<br>HIDROCARBUROS<br>TOTALES(1) (MMBLS) | PRODUCCION DE<br>HIDROCARBUROS<br>TOTALES POR POZO<br>(BLS/DIA) |
|------|-------|--|---|
| 1938 | 1 053 | 44   | 114   |
| 1939 | 1 069 | 50   | 128   |
| 1940 | 1 013 | 51   | 138   |
| 1941 | 1 052 | 50   | 130   |
| 1942 | 1 062 | 41   | 106   |
| 1943 | 1 041 | 40   | 105   |
| 1944 | 1 006 | 43   | 117   |
| 1945 | 1 043 | 49   | 129   |
| 1946 | 1 090 | 55   | 138   |
| 1947 | 1 129 | 63   | 153   |
| 1948 | 1 198 | 66   | 151   |
| 1949 | 1 267 | 71   | 154   |
| 1950 | 1 357 | 86   | 174   |
| 1951 | 1 461 | 95   | 178   |
| 1952 | 1 511 | 97   | 175   |
| 1953 | 1 671 | 92   | 151   |
| 1954 | 1 788 | 103  | 158   |
| 1955 | 1 927 | 115  | 164   |
| 1956 | 1 846 | 118  | 175   |
| 1957 | 2 049 | 123  | 164   |
| 1958 | 2 242 | 150  | 183   |
| 1959 | 2 500 | 168  | 184   |
| 1960 | 2 641 | 174  | 180   |
| 1961 | 2 923 | 186  | 174   |
| 1962 | 3 159 | 193  | 167   |
| 1963 | 3 258 | 202  | 170   |
| 1964 | 3 360 | 222  | 181   |
| 1965 | 3 120 | 226  | 189   |
| 1966 | 3 563 | 236  | 181   |
| 1967 | 3 513 | 259  | 202   |
| 1968 | 3 600 | 270  | 205   |
| 1969 | 3 897 | 278  | 191   |
| 1970 | 4 148 | 304  | 201   |
| 1971 | 4 455 | 298  | 183   |
| 1972 | 4 375 | 309  | 193   |
| 1973 | 4 339 | 318  | 201   |
| 1974 | 4 043 | 379  | 257   |
| 1975 | 4 074 | 439  | 295   |
| 1976 | 3 802 | 469  | 337   |
| 1977 | 4 079 | 533  | 358   |
| 1978 | 4 309 | 658  | 418   |
| 1979 | 4 390 | 785  | 490   |
| 1980 | 4 706 | 1 015  | 589   |
| 1981 | 4 621 | 1 199  | 711   |
| 1982 | 4 350 | 1 372  | 864   |
| 1983 | 4 349 | 1 338  | 842   |
| 1984 | 4 454 | 1 325  | 813   |
| 1985 | 4 211 | 1 317  | 857   |

(1) Incluye crudo, condensado, líquidos del gas natural y gas seco equivalente a crudo y considera el encogimiento del gas.

Tabla 4

RESUMEN ANUAL

1985

PERFORACION

|                      |                          |     |
|----------------------|--------------------------|-----|
| Exploración:         | Pozos terminados         | 69  |
|                      | Pozos productores        | 19  |
| Desarrollo:          | Pozos terminados         | 219 |
|                      | Pozos productores        | 171 |
|                      | Pozos inyectores de agua | 7   |
| Campos Descubiertos: | Acuíferos                | 5   |
|                      | Gas                      | 2   |

RESERVAS (Millones de barriles)

(al 31-XII-1985)

|                      |        |
|----------------------|--------|
| Cruda                | 48 612 |
| Líquidos del gas     | 6 981  |
| Gas seco eq. a crudo | 15 307 |
| Total:               | 70 900 |

PRODUCCION

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Cruda y condensado <sup>(1)</sup> | 2 703 281 Barriles diarios.               |
| Gas Natural                       | 3 601.0 Millones de pies cúbicos diarios. |

PROCESO

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Cruda                           | 1 210.1 Miles de barriles diarios.        |
| Líquidos del gas (sin etano)    | 189.5 Miles de barriles diarios.          |
| Gas húmedo                      | 3 140.2 Millones de pies cúbicos diarios. |
| Número de refinerías            | 9   |
| Número de plantas petroquímicas | 111                                       |

(1) Incluye sólo condensados recuperados en fase líquida.

# CAPITULO I

## PERFORACION



## CAPITULO I.

Para cada yacimiento que posea un conjunto de propiedades específicas, deben existir procedimientos de perforación, terminación y producción que optimicen su explotación, la selección de estos procedimientos se realiza generalmente mediante el desarrollo de estudios teóricos y experimentales.

### 1.1.- Proceso de perforación.

La primera perforación se realiza para acomodar la tubería de ademe ( tubería de gran diámetro ( 22" ) y longitud de 30m. ) y se cementa a mano. ( figura 1 )

Encima de esta tubería de ademe se instala el primer cabezal para tubería de revestimiento ( figura 2 )

La conexión inferior puede ser soldada o rosca y soldada.

La conexión superior en general es bridada. Arriba de este cabezal se instala el equipo de protección ( figura 3 ).

Para iniciar la segunda fase de perforación tanto la barrena como la tubería de perforación pasan através del ensamble de preventores. ( figura 4 ).

El lodo de perforación, circula por el interior de la tubería de perforación de arriba hacia abajo, impulsado por bombas especiales, para este trabajo, salen al espacio central y regresan pasando por el cabezal y el primer preventor, hasta llegar al carrete de control de lodos, el cual lo distribuye hacia la fosa de lodos ( figura 5 ).

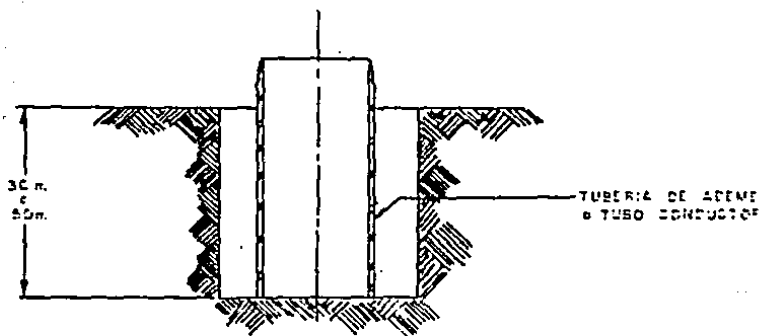


FIG. 1

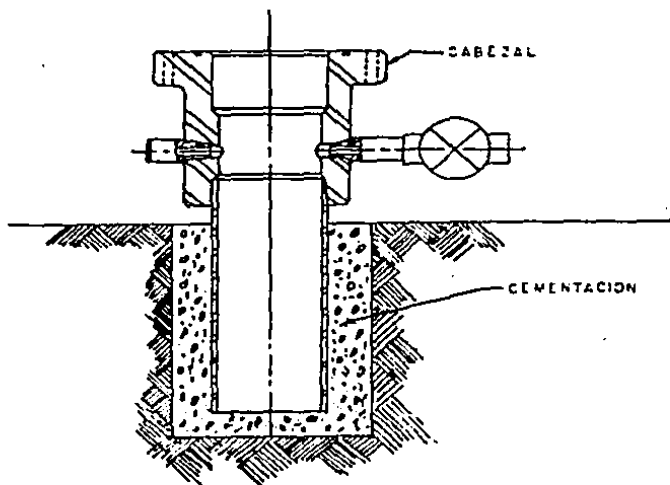


FIG. 2

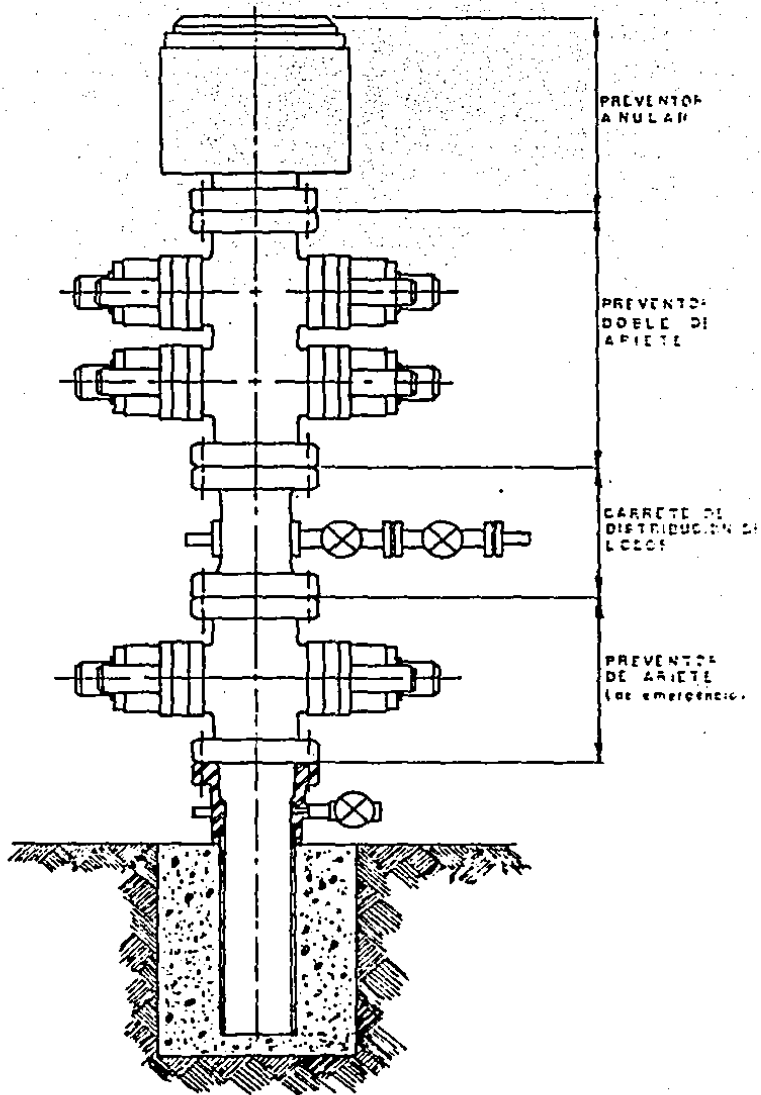
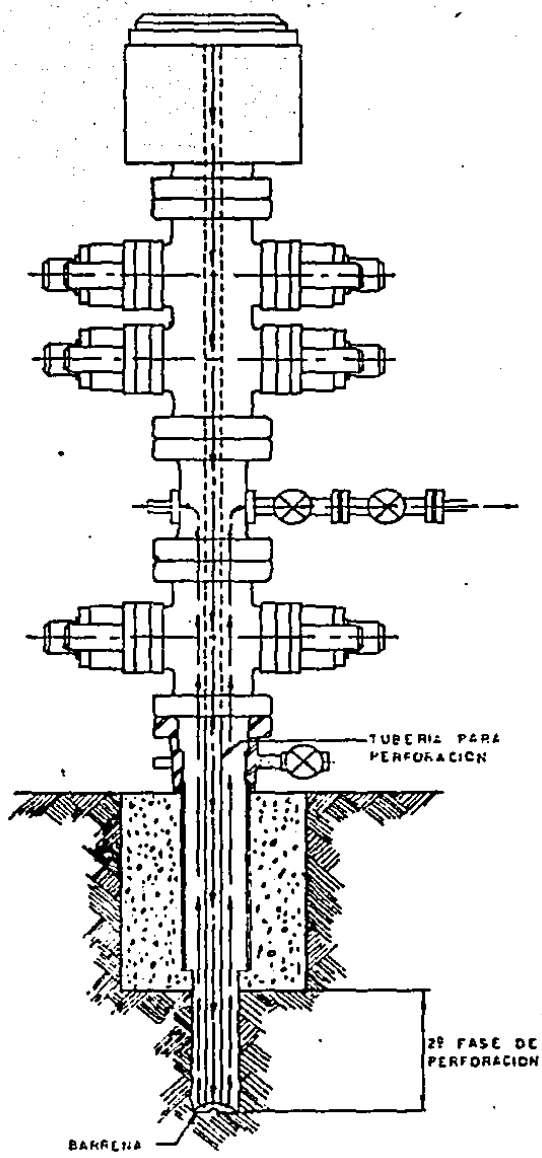


FIG. 3

FIG. 4



## 1.2.- Lodo de perforación.

Las funciones principales que debe cumplir el lodo son :

- a) Mantener limpio el fondo de la perforación para que la barrena pueda funcionar eficazmente.
- b) Remover los recortes ( ripsos ) subirlos a la superficie, debido al diferencial de densidad.
- c) Lubricar y refrigerar la barrena y la tubería de perforación.
- d) Controlar la presión de formación.
- e) Proporcionar información acerca de la formación que se va penetrando.

La circulación del lodo en el equipo rotatorio y sistema de tratamiento se muestra en la figura 5.

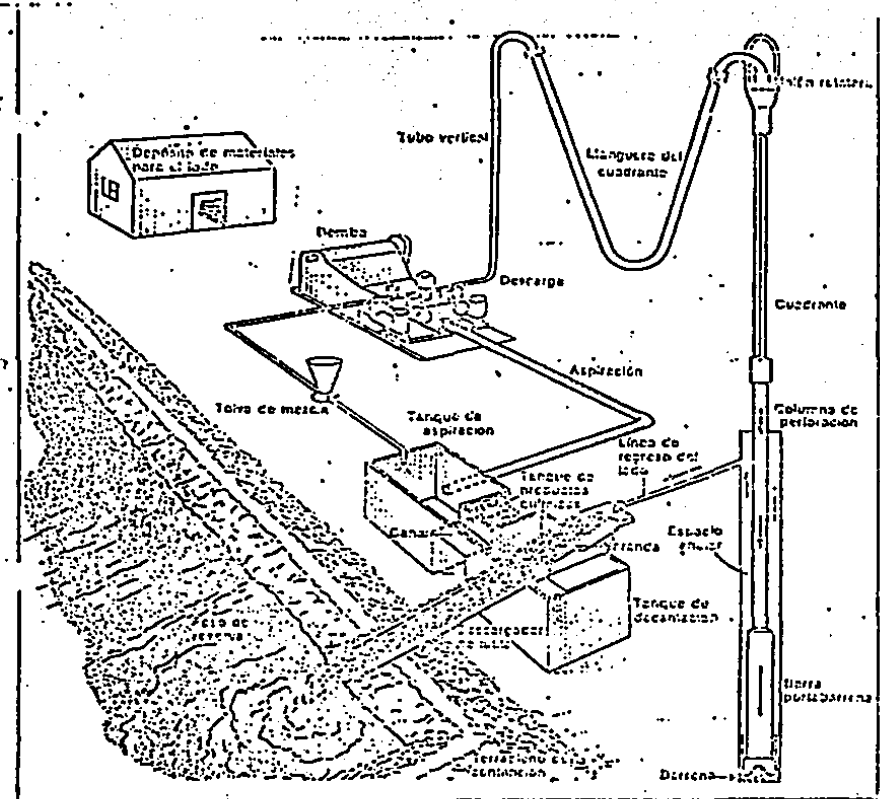


FIG. 5

CIRCULACION DEL LODO EN EL EQUIPO ROTATORIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODO.

Para la preparación del lodo y su acondicionamiento, el elemento principal es la barita pulverizada a la que se le mezclan arcillas y productos químicos varios, además de substancias sólidas tales como celofán, asbesto y mica . Todo lo anterior se diluye en agua o en aceite mineral.

Además del lodo los otros elementos del sistema de circulación incluyen el depósito de los materiales de mezcla, las bombas, las mezcladoras y los tanques de circulación de tratamiento y de reserva. Deben también considerarse como componentes del sistema el equipo auxiliar para el mantenimiento del fluido y el equipo de control del sistema de circulación propiamente dicho, el lodo tiene la siguiente trayectoria:

Comienza desde el tanque a la bomba de inyección pasa a través del tubo vertical y de la manguera del cuadrante a la unión rotatoria o giratoria y de allí baja dentro del cuadrante y entra dentro de la sarta de perforación, alcanza la barrena y es expulsado a través de las toberas, sube por el espacio anular entre la sarta y la pared de la perforación pasa por los preventores a la línea de descarga, entra al tamíz para depositar los rípios, va al tanque de sedimentación y finalmente entra al tanque de reserva.



### 1.3.- Cementación.

Una de las operaciones mas críticas en la perforación y terminación de un pozo es la cementación del casing o tubería de revestimiento.

Durante este periodo se determina el éxito o fracaso de la operación completa.

Cuando el casing, se ha bajado y se ha asentado en el lugar deseado es aconsejable circular un volumen equivalente, al volumen interior de la tubería, antes de iniciar el desplazamiento del cemento.

Antes de la lechada de cemento, se inyecta lodo de baja viscosidad para evitar posibilidades de contaminación.

Enseguida se instala el tapón de fondo, y sobre él vendrá el bombeo del cemento.

Antes de que la última parte del cemento, se haya desplazado de las bombas, se introduce al casing el tapón superior, seguido por el fluido de desplazamiento que generalmente es lodo de perforación de baja viscosidad.

La presión para el desplazamiento del cemento, se debe mantener a un mínimo, ya que es muy fácil romper las formaciones por un aumento en la presión del cemento.

En caso de perder circulación durante el desplazamiento de la lechada, el gasto de las bombas debe reducirse al mínimo posible, para que el cemento deshidrate y tapone las zonas por donde se estaba perdiendo circulación.

Es esencial esperar un tiempo razonable para asegurarse de que el cemento haya fraguado, lo suficiente, para apoyar firmemente la tubería de revestimiento.

Con la mayoría de los cementos bajo condiciones normales de presión y temperatura, el tapón puede ser perforado - dentro de doce a veinticuatro horas.

#### Tercera fase de perforación.

Una vez que ha fraguado el cemento de la etapa anterior, se procede a desmontar el ensamble inicial de preventores. Esta operación se hace teniendo cuidado de mantener la columna de lodo de tal forma que asegure no ocurrirá sobrepresión del pozo. En seguida se monta el siguiente cabezal que apropiadamente sería carrete-cabezal - por contar generalmente con conexiones inferiores y superiores de bridas . Arriba de este carrete cabezal se monta otro ensamble de preventores adecuados a las nuevas medidas y presiones para esta fase.

#### 1.4.- Terminación de pozo.

Consiste en colocar la tubería de producción, instalar el árbol de Navidad, y terminar propiamente dicho el pozo, alistándolo para producir. ( figura 6 )

El tipo de trabajo de terminación, depende de las características del yacimiento, y de su capacidad de producción.

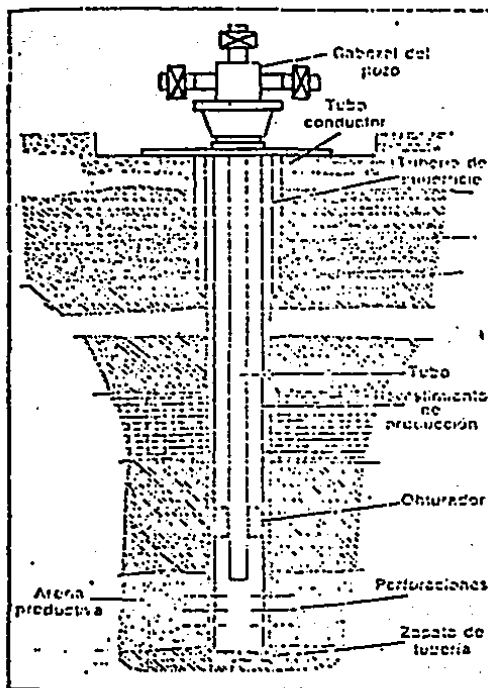
Las terminaciones usuales pueden ser de dos tipos:

- a) Terminación sencilla
- b) Terminación múltiple

La terminación sencilla es la mas común y consta de una sola tubería de producción.

La terminación múltiple es la preferida, para producir simultáneamente desde dos o mas zonas, a través de la misma perforación, sin mezclar los fluidos.

La separación de fluidos es necesaria para registrar y controlar los respectivos datos de presión y producción.



TERMINACION SENCILLA.

FIG. 6

# CAPITULO II

## SELECCION

## CAPITULO II.

Para seleccionar el Arbol de Navidad que se instalará en la cabeza de pozo , deben tomarse en cuenta - los siguientes factores: Presión de trabajo, tipo de fluido, y temperatura del mismo.

De acuerdo a lo anterior, se elegirá el tipo de Arbol que será instalado.

Estos se clasifican en :

- a) Arboles para campos de exploración
- b) Arboles para campos de producción

los Arboles para campos de exploración, son generalmente los de mayor rango de presión de trabajo.

Muchas veces estan sobrediseñados para las condiciones finales que se encuentran. Esto es debido a las posibilidades de poder encontrar una serie de condiciones desfavorables, ya que la información con que se cuenta en esta etapa exploratoria es puramente experimental.

Los Arboles para campos productivos, ( ya definidos previamente por los pozos de exploración ) son diseñados bajo condiciones conocidas y es menos difícil poder establecer, previamente a la perforación, presiones, programas de tuberías, lodos a usar, cementos, condiciones de perforación, profundidades, etc.

Subdivisión de los Arboles de Navidad.

Los Arboles se subdividen en dos grandes grupos:

- a) Para perforación costa - adentro
- b) Para perforación costa - afuera

Los Arboles para perforación costa - afuera se clasifican a su vez en:

- 1) Arboles submarinos
- 2) Arboles de plataforma ó Arboles marinos.

Los Arboles submarinos se instalan en el fondo del mar y solo son Arboles para campos de producción.

## 2.1. Programa de tuberías.

Se le llama programa de tuberías, al conjunto de diferentes medidas de tubería de revestimiento y producción que intervienen en el ensamble, así por ejemplo un programa:

16" X 10 3/4" X 7 5/8" X 3.500"

Indicará que la primera tubería de ademe será de 16" de diámetro, le seguirá una tubería de revestimiento de 10 3/4" de diámetro, después otra de revestimiento de 7 5/8" y finalmente una sola de producción de 3.500" de diámetro.

Otro programa de tubería:

13 3/8" X 9 5/8" X 6 5/8" X 2 3/8" X 2 3/8"

Lo anterior indicará que la primera tubería de ademe es de 13 3/8" de diámetro, le seguirá una tubería de revestimiento de 9 5/8" de diámetro, otra tubería de revestimiento de 6 5/8" y finalmente dos tuberías de producción de 2 3/8" de diámetro cada una.

Estos programas de tuberías son proporcionados por ingeniería petrolera, de acuerdo al tipo de pozo a explotar.

Los diámetros de las tuberías de ademe, revestimiento, y producción, dependerán de las características del suelo y de la formación del yacimiento.



Presiones a las que trabaja un Arbol.

Presiones de prueba.

Por lo general, la presión con la que se designa a un Arbol, es la máxima presión de trabajo.

Las presiones de trabajo mas comunes son :

|       |     |                               |
|-------|-----|-------------------------------|
| 2000  | PSI | ( 140 kg / cm <sup>2</sup> )  |
| 3000  | PSI | ( 210 kg / cm <sup>2</sup> )  |
| 5000  | PSI | ( 351 kg / cm <sup>2</sup> )  |
| 10000 | PSI | ( 700 kg / cm <sup>2</sup> )  |
| 15000 | PSI | ( 1050 kg / cm <sup>2</sup> ) |

Aunque actualmente todavia no son muy usuales, puede haber Arboles para presiones de 20000, y 30000 PSI.

## 2.2 Límites de presión y temperatura.

Los máximos rangos de presión dados son aplicables a las partes de acero del cuerpo, bonete, tapas bridas, anillos, vástagos, conectores, para temperaturas comprendidas entre - 20°F hasta 250°F .

( - 29°C hasta 121°C). .

La presión de trabajo de una conexión de carrete ensamblada a un cabezal y un miembro tubular esta determinada por el rango del elemento tubular, en tal caso el máximo rango de presión de trabajo de la conexión debe ser tomada según las estipulaciones del API.

En el tamaño y tipo particular del carrete, así como el grado de la tubería, se aplicara un factor de seguridad como se muestra en la tabla 5.

TABLE 5

API MAXIMUM WORKING PRESSURE RATINGS FOR WELLHEAD MEMBERS HAVING FEMALE THREADED END OR OUTLET CONNECTIONS

(1 BAR = 100 kPa)

(See Foreword for Explanation of Units)

| Type of Thread                                 | Size   |               | Maximum Working Pressure Rating<br>psi (Bar) |
|--|--|---------------|--|
|  | Inches   | (mm)          |  |
| Line Pipe<br>(Nominal Sizes)                   | 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -2                               | (114.3)       | 10,000* (690)                                |
|  | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -6                               | (63.5-152.4)  | 3,000 (207)                                  |
| Tubing, Non-Upset & Ext. Upset (API Rnd Thd)   | 1.050-4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                            | (26.7-114.3)  | 5,000 (345)                                  |
| Casing<br>(E round, buttress and extreme line) | 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -10 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>  | (114.3-273.1) | 5,000 (345)                                  |
|  | 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> | (294.3-339.7) | 3,600 (248)                                  |
|  | 16-20  | (406.4-508.0) | 1,500 (103)                                  |

| RANGO DE PRESION<br>(PSI) | RANGO<br>D. E<br>TEMPERATURA | MATERIALES |         | INTERIORES |
|---------------------------|------------------------------|------------|---------|------------|
|                           |                              | COMPUERTA  | ASIENTO |            |
| 2000                      | -20°F a 250°F                | 4140       | 4140    | F-21       |
| 3500                      |                              |            |         |            |

| RANGO DE PRESION<br>(PSI) | RANGO<br>DE<br>TEMPERATURA | MATERIALES |          | INTERIORES |
|---------------------------|----------------------------|------------|----------|------------|
|                           |                            | COMPUERTAS | ASIENTOS |            |
| 2000                      | -20°F a 250°F              | 410        | 410      | F-24       |
| 3500                      |                            | HF-6       | HF-6     |            |
| 10000                     |                            | 17-4-PH    | 17-4-PH  |            |
| 15000                     |                            | 410        | 410      |            |
|                           |                            | HF-6       | HF-6     |            |

| RANGO DE PRESION<br>(PSI) | RANGO<br>DE<br>TEMPERATURA | MATERIALES |          | INTERIORES |
|---------------------------|----------------------------|------------|----------|------------|
|                           |                            | COMPUERTAS | ASIENTOS |            |
| 2000                      | -20°F a 250°F              | 410        | 410      | F-26       |
| 3500                      |                            | HF-6       | HF-6     |            |
| 10000                     |                            | 17-4-PH    | 17-4-PH  |            |
| 15000                     |                            | 410        | 410      |            |
|                           |                            | HF-6       | HF-6     |            |

| RANGO DE PRESION<br>(PSI) | RANGO<br>DE<br>TEMPERATURA | MATERIALES |          | INTERIORES |
|---------------------------|----------------------------|------------|----------|------------|
|                           |                            | COMPUERTAS | ASIENTOS |            |
| 2000                      | -20°F a 650°F              | 410        | 410      | F-31       |
| 3500                      |                            | HF-6       | HF-6     |            |

| TIPO DE FLUIDO             | INTERIORES | MATERIALES                            |                                       | TRATAMIENTO SUPERFICIAL |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
|                            |            | COMPUERTAS                            | ASIENTOS                              |                         |
| GAS AMARGO<br>Y<br>ACEITES | F-24       | 410<br>HF-6<br>17-4-PH<br>410<br>HF-6 | 410<br>HF-6<br>17-4-PH<br>410<br>HF-6 | NITRURADO               |



| TIPO DE FLUIDO                                | INTERIORES | MATERIALES |          | TRATAMIENTO SUPERFICIAL |
|---|------------|------------|----------|-------------------------|
|   |            | COMPUERTAS | ASIENTOS |                         |
| CRUDO<br>GASES NATURALES<br>ACEITES REFINADOS | F-21       | 4140       | 4140     | NITRURADO               |

| TIPO DE FLUIDO                     | INTERIORES | MATERIALES |          | TRATAMIENTO SUPERFICIAL |
|------------------------------------|------------|------------|----------|-------------------------|
|                                    |            | COMPUERTAS | ASIENTOS |                         |
| GAS AMARGO                         | F-26       | 410        | 410      | NITRURADO               |
| ACEITE                             |            | HF-6       | HF-6     |                         |
| $\text{CO}_2 > \text{H}_2\text{S}$ |            | 17-4-PH    | 17-4-PH  |                         |
|                                    |            | 410        | 410      |                         |
|                                    |            | HF-6       | HF-6     |                         |

RANGOS DE PRESION DE TRABAJO -  
A ALTAS TEMPERATURAS

|                  | TEMPERATURA (°F) |      |      |      |
|------------------|------------------|------|------|------|
|                  | 20 hasta 250     | 300  | 350  | 400  |
| PRESION MAXIMA - | 2000             | 1955 | 1905 | 1860 |
| DE               | 3000             | 2930 | 2860 | 2785 |
| TRABAJO          | 5000             | 3880 | 4765 | 4645 |
| (PSI)            |                  |      |      |      |
|                  | 20 hasta 500     | 550  | 600  | 650  |
| PRESION MAXIMA - | 1735             | 1635 | 1540 | 1430 |
| DE               | 2605             | 2455 | 2310 | 2145 |
| TRABAJO          | 4340             | 4090 | 3850 | 3575 |
| (PSI)            |                  |      |      |      |

## 2.4 Interiores.

Los interiores o partes internas del Arbol, son las que estan en contacto con el fluido, es pues muy importante seleccionar el tipo de interiores, dependiendo de las características del fluido que se va a manejar.

El API ( American Petroleum Institute ) utiliza las nomenclaturas F-21, F-22, F-23, F-24, F-26, F-27, F-30, F-31, para identificar los diferentes arreglos de interiores mas usuales.

### F-21. Estándar.

Para servicio de productos no corrosivos líquidos o gas natural y refinado y otros hidrocarburos procesados.

Para uso en ensambles de cabeza de pozo y Arboles de Navidad, líneas de flujo de múltiple distribución de paso completo y continuado.

Rango de temperatura de  $- 20^{\circ}\text{F}$  a  $250^{\circ}\text{F}$ .  
(  $- 28.6^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C}$  ).

F-22. Interiores de Inoxidable.

Mismas aplicaciones básicas que F-21, sin embargo las partes interiores de la válvula, ofrecen incremento de la resistencia a la corrosión, al ser de acero Inoxidable 13%Cr.

Pueden usarse en servicios de fluidos moderadamente corrosivos, rango de temperatura -20°F a 250°F (-28.6°C a 120°C ).

F-23. Cuerpo e interiores de Inoxidable.

Para aplicaciones corrosivas limitadas a la resistencia del acero inoxidable 13% Cr.

Pueden usarse para fluidos con contenido de CO2 y sin contenido de H2S.

Rango de temperatura - 20°F a 250°F (-28.6°C a 120°C ).

F-24. Gases y aceites amargos.

Para aplicaciones de gases y aceites amargos que requieran resistencia a la fragilación por el ácido sulfúrico, pueden usarse para productos químicos y servicios de hidrocarburos, con contenidos de H2S.

Rango de temperatura - 20°F a 250°F (-28.6°C a 120°C ).

F-26. Cuerpo e interiores de inoxidable para gases y aceites amargos.

Para aplicaciones de gases y aceites amargos con alto contenido de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$ . Resistente a la corrosión y a la fragilización producida por la existencia de ácido sulfúrico.

Rango de temperatura -  $20^\circ\text{F}$  a  $250^\circ\text{F}$  .  
( -  $28.6^\circ\text{C}$  a  $120^\circ\text{C}$  ).

F-27. Aguas tratadas o salubres.

Diseñada para resistir corrosión de agua salada por medio del uso de un revestimiento en toda la superficie interna del cuerpo.

Sus aplicaciones incluyen procesos de recuperación de yacimientos petroleros por agua y presión, las partes internas son también resistentes a la fragilización por  $\text{H}_2\text{S}$  y a la corrosión por  $\text{CO}_2$ .

Rango de temperatura -  $20^\circ\text{F}$  a  $250^\circ\text{F}$  .  
( -  $28.6^\circ\text{C}$  a  $120^\circ\text{C}$  ).

F-30. Altas temperaturas.

Sus interiores de acero inoxidable con revestimiento de estelite, son apropiados para usarse en rangos de temperatura hasta  $650^{\circ}\text{F}$  (  $340^{\circ}\text{C}$  ) debido a su resistencia a la abrasión y corrosión.

Su diseño de prensa estopa exterior y vástago ascendente protege la rosca del vástago y asegura mas larga vida a los empaques, al quedar alejados de la zona crítica de alta temperatura. Para aplicaciones en procesos de inyección de vapor al yacimiento, pozos de energía geotérmica, y otros procesos de alta temperatura.

Rango de temperatura de  $-20^{\circ}\text{F}$  a  $650^{\circ}\text{F}$   
(  $-28.6^{\circ}\text{C}$  a  $340^{\circ}\text{C}$  ).

F-31. Altas temperaturas con cuerpo e interiores inoxidables.

Para uso en las mismas aplicaciones básicas del arreglo F-30, pero con mayor resistencia a la corrosión del cuerpo por ser de acero inoxidable 13% Cr.

Rangos de temperatura  $-20^{\circ}\text{F}$  a  $650^{\circ}\text{F}$  (  $-28.6^{\circ}\text{C}$  a  $340^{\circ}\text{C}$  ).

## 2.5 Materiales.

La mayoría de los componentes de un Arbol de Navidad deben llenar los requisitos de material, dimensiones principales e intercambiabilidad indicados en la especificación API-6A (American Petroleum Institute ), Instituto Americano del Petroleo como se muestra en las tablas 6, 7 y 8.

La tabla 6 muestra las propiedades mecánicas de los materiales tipo 1, tipo 2, tipo 3, tipo 4, y tipo 5 (nomenclatura seleccionada por el API para válvulas y equipo de control de Pozo ).

La tabla 7 muestra la aplicación de los diferentes tipos de materiales dependiendo del rango de presión al que se va a trabajar.



TABLE 6

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES\*\*  
(See Forward for Explanation of Units)

| 1<br>Property                      | 2<br>Type 1  | 3<br>Type 2  | 4<br>Type 3   | 5<br>Type 4  |
|------------------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| Tensile strength, min., psi (MPa)  | 70,000 (482) | 80,000 (552) | 100,000 (690) | 70,000 (482) |
| Yield strength, min., psi (MPa)    | 36,000 (248) | 60,000 (414) | 75,000 (517)  | 45,000 (310) |
| Elongation in 2 in., min., percent | 22           | 18           | 17            | 19           |
| Reduction in area, min., percent   | 30           | 35           | 26            | 33           |
| Carbon, max., percent              | †            | †            | †             | 0.35         |
| Manganese, max., percent           | †            | †            | †             | 0.50         |
| Sulfur, max., percent              | †            | †            | †             | 0.05         |
| Phosphorus, max., percent          | †            | †            | †             | 0.03         |

\*\*The designation, Type 1, Type 2, Type 3, and Type 4 is a nomenclature selected by the API Committee on Standardization of Valves and Wellhead Equipment to identify material falling within the ranges of tensile requirements listed above. Chemical analysis of Type 1, 2, and 3 materials are purposely omitted from this specification in order to provide the manufacturer with complete freedom to develop steels most suitable for the multiplicity of requirements encountered in this critical service.

NOTE 1: Flange made from Type 2 steel are recognized as readily weldable, however, experience indicates that a mechanical preheating is desirable under all conditions, and a necessary U welding is done at ambient temperatures below 40F (4°C).

NOTE 2: Comparisons of the physical properties of the material used in API and ANSI flange connections as well as the applicable pressure ratings are given in Appendix A.

TABLE 7

MATERIAL APPLICATION  
API MATERIAL TYPES SHOWN  
(See Foreword for Explanation of Units)

| 1   | 2            | 3             | 4             | 5             | 6               | 7                | 8                |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|------------------|------------------|
| Pressure Ratings PSI (Bar)                            |              |               |               |               |                 |                  |                  |
| Component   | 1000<br>(69) | 2000<br>(138) | 3000<br>(207) | 5000<br>(345) | 10,000<br>(690) | 15,000<br>(1035) | 20,000<br>(1380) |
| 1. Body (Valve, Christmas Tree or Wellhead Equipment) | ...          | 2 or 1*       | 2 or 1*       | 2 or 1*       | 2 or 1*         | 3                | 3                |
| a) Integral End Connection                            |              |               |               |               |                 |                  |                  |
| Flanged   | ...          | 2             | 2             | 2             | 2               | 3                | 3                |
| Threaded  | ...          | 2             | 2             | 2             | ...             | ...              | ...              |
| Clamp Type  | ...          | ...           | ...           | 2             | 2               | ...              | ...              |
| 2. Bonnets  | ...          | 1, 2<br>3, 4  | 1, 2<br>3, 4  | 1, 2<br>3, 4  | 1, 2<br>3, 4    | 1, 2<br>3, 4     | 1, 2<br>3, 4     |
| 3. Independent Screwed Equipment                      | 1, 2<br>3, 4 | 1, 2<br>3, 4  | ...           | ...           | ...             | ...              | ...              |
| 4. Lapse Pieces                                       |              |               |               |               |                 |                  |                  |
| Well-neck Flange                                      | ...          | 4             | 4             | 4             | 2               | 3                | ...              |
| Blind Flange  | ...          | 2             | 2             | 2             | 2               | 3                | 3                |
| Threaded Flange                                       | ...          | 2             | 2             | 2             | ...             | ...              | ...              |

\*Providing end connections are Type 2 and welding is done according to Paragraph 15.2.

NOTE: 1 Bar = 100 kPa.

TABLA 8

| Arreglo (Trim) | Presión de Trabajo (1000 PSI) | Cuerpo, Bonete  | Sello del Bonete                            | Material de la compuerta  | Material de los sellos  | Tuerca de vástago                    | vástago  |
|----------------|-------------------------------|---|---|---|---|--------------------------------------|--|
| F-21           | 2<br>3/5                      | Acero de baja Aleación API tipo 2                                   | Buna N<br>AISI-1020                         | AISI-4140<br>AISI-4140  | AISI- 4140<br>AISI- 4140  | --<br>--                             | AISI-4140<br>AISI-4140                           |
| F-22           | 2<br>3/5<br>10<br>15          | Acero de baja Aleación API tipo 2<br>API tipo 3 forjado             | Buna-N<br>AISI-1020<br>Inox 304<br>Inox 304 | Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410                            | Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410                            | --<br>--<br>ASTM B-148<br>ASTM B-148 | Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410     |
| F-23           | 2<br>3/5<br>10<br>15          | ASTM CA15<br>ASTM CA15<br>ASTM CA15<br>Inox 410 forjado             | Buna-N<br>Inox 304<br>Inox 304<br>Inox 304  | Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410                            | Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410                            | --<br>--<br>ASTM B-148<br>ASTM B-148 | Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410<br>Inox 410     |
| F-24           | 2<br>3/5<br>10<br>15          | Acero de baja Aleación API tipo 2 RC-22<br>API-Tipo 3 RC-22 Forjado | Viton<br>AISI-1020<br>Inox 304<br>Inox 304  | Inox 410 +<br>Stellite No 6<br>o 17-4 PH<br>Inox 410 +<br>Stellite No 6 | Inox 410 +<br>Stellite No 6<br>o 17-4 PH<br>Inox 410 +<br>Stellite No 6 | --<br>--<br>ASTM-B-148<br>ASTM-B-148 | Monel K-500<br>Monel K-500<br>17-4 PH<br>17-4 PH |
| F-26           | 2<br>3/5<br>10<br>15          | ASTM CA-15<br>RC 22 Max<br>Inox 410<br>Forjado                      | Viton<br>Inox 304<br>Inox 304<br>Inox 304   | Inox 410 +<br>Stellite No 6<br>o 17-4 PH<br>Inox 410 +<br>Stellite No 6 | Inox 410 +<br>Stellite No 6<br>o 17-4 PH<br>Inox 410 +<br>Stellite No 6 | --<br>--<br>ASTM B-148<br>ASTM B-148 | Monel K-500<br>Monel K-500<br>17-4 PH<br>17-4 PH |
| F-27           | 2<br>3/5                      | F-24 + Rec Int. plástico  | Viton<br>Inox 304                           | 17-4 PH<br>17-4 PH  | 17-4PH<br>17-4PH  | --<br>--                             | Monel K-500<br>Monel K-500                       |
| F-30           | 2<br>3/5                      | Acero de baja Aleación API tipo 2                                   | Inox 304<br>Inox 304                        | Inox 410 +<br>Stellite No 6   | Inox 410 +<br>Stellite No 6   | ASTM B-148<br>&<br>Monel K-500       | Inox-410<br>Inox-410                             |
| F-31           | 2<br>3/5                      | ASTM CA-15  | Inox 304<br>Inox 304                        | Inox 410 +<br>Stellite No 6   | Inox 410 +<br>Stellite No 6   | ASTM-B-148<br>&<br>Monel K 500       | Inox-410<br>Inox-410                             |

# C A P I T U L O III

## FABRICACION

## CAPITULO III.

### 3.1 Fabricación.

Una vez que los ingenieros geólogos determinan la existencia de un yacimiento petrolífero, y realizan estudios sobre éste, para determinar con bastante exactitud datos como son:

La profundidad del manto, la presión, y la posible capacidad, toca entonces a ingeniería petrolera llevar a cabo un buen programa de perforación, e inclusive de producción, al seleccionar el equipo de control de pozo.

En las requisiciones siguientes se describen las características, que deben cumplir Arboles de navidad terrestres y marinos, para el tipo de servicio que han sido seleccionados, así como el programa de tuberías, y accesorios complementarios.

800-22360-4631

16 06 81

03 07

CANION

01 07 81

CCIA-DES.DE YACS.E INCORP. RESERVAS

13-52-000 6 4

PIEZA 2111

ARBOL DE VALVULAS TERRESTRE, TERMINACION SENCILLA, PARA SERVICIO STANDARD, NORMA API 6BX, PARA 700 KG/CM2 DE PRESION DE TRABAJO, DE 13 3/8" (3M) BUTTRESS X 9 5/8" (5M) X 7" X 3 1/2" (10M) DSS-HT (339.7 MILIMETROS Y 210 KG/CM2 X 244.5 MILIMETROS Y 350 KG/CM2 X 177.8 X 88.9 MILIMETROS Y 700 KG/CM2

12-52-000 7 2

PIEZA 2020

ARBOL DE VALVULAS TERRESTRES, TERMINACION SENCILLA, PARA SERVICIO STANDARD, NORMA API 6BX, PARA 700 KG/CM2 DE PRESION DE TRABAJO, DE 13 3/8" (3M) BUTTRESS X 9 5/8" (5M) X 6 5/8" X 2 7/8" (10M) EUE (339.7 MILIMETROS Y 210 KG/CM2 X 244.5 MILIMETROS Y 350 KG/CM2 X 168.3 X 73 MILIMETROS Y 700 KG/CM2

ACC-22260-4631

15 05 81

C5 09

01 07 81

GCIA. DES. DE YACS. E INCORP. RESERVAS

PIEZA 2310 ARBOL DE VALVULAS TERRESTRE, TERMINACION SENCILLA, PARA SERVICIO STANDARD, NORMA API 6B, PARA 350 KG/CM2 DE PRESION DE TRABAJO DE 20 3/4" (5M) CCG X 7 5/8" X 2 7/8" (5M) EUR (272.0 MILIMETROS Y 250 KG/CM2 X 143.3 X 73.0 MILIMETROS Y 350 KG/CM2

PIEZA 2350 ARBOL DE VALVULAS MARINO, COMPACTO, DE TAZON MULTIPLE, TERMINACION SENCILLA, PARA SERVICIO EN HRS, NORMA API 6B, PARA 350 KG/CM2 DE PRESION DE TRABAJO, PROTECCION ANTICORROSIVA SUPER TRIM COLMONOY, DE 20" (5M) BUTTRESS X 13 3/8" (5M) X 9 5/8" (5M) BUTTRESS X 4 1/2" (5M) H9CS (506 X 339.7 MILIMETROS Y 350 KG/CM2 X 244.5 X 134.3 MILIMETROS Y 350 KG/CM2).

PDA.

1

PZAS.

3

ARBOL DE VALVULAS TERRESTRE, TERMINACION SENCILLA PARA SERVICIO EN H<sub>2</sub>S; NORMA API 6BX PARA 1050 Kg/cm<sup>2</sup> DE PRESION DE TRABAJO, EL CARRETE DE TP CON BRIDA INFERIOR DE 11"-15000 PSI, Y SUPERIOR DE 9"-15000 PSI CON PASO MINIMO INTERIOR DE 8", LOS COLGADORES DE TR Y TP DEL TIPO ENVOLUENTE, EL DE TP CON SELLOS PARA ALTA TEMPERATURA (200°C), LAS TRES VALVULAS DE LA SECCION VERTICAL DE 3 1/16" 15000 PSI; LAS RAMAS EN LA SECCION DE PRODUCCION CON SALIDA A 90 GRADOS Y 2 VALVULAS DE 1 13/16" 15000 PSI EN CADA ALERO CON SU PORTAESTRANGULADOR; EN EL CARRETE DE TP, INSTALAR 2 VALVULAS EN CADA LADO DE 1 13/16"-15000 PSI; TODAS LAS VALVULAS DE LA PARTE DE PRODUCCION CON PROTECCION PARA TRABAJAR EL H<sub>2</sub>S INCLUIR UN JUEGO DE BUJES DE DESGASTE PARA CADA UNIDAD, UN JUEGO DE HERRAMIENTAS NECESARIO PARA INSTALAR, PROBAR Y RECUPERAR ESTOS.



PROGRAMA DE TUBERIAS

20 BUTT.  
 16 BUTT.  
 13 3/8 HDTS 77#.  
 9 7/8 HD5-FJP 62.8#.  
 7 3/4 HD SFJP 46.1#.  
 3 1/2 VAM.

BRIDAS DE SELLOS

20 3/4 210 Kg/cm<sup>2</sup> X 16 CSG.  
 16 3/4 350 Kg/cm<sup>2</sup> X 13 3/8 CSG.  
 13 5/8 750 Kg/cm<sup>2</sup> X 9 7/8 CSG.  
 11 1050 Kg/cm<sup>2</sup> X 7 3/4 CSG.

COLGADOR ROSCADO

16 3/4 X 13 3/8 HDTS.  
 13 5/8 X 9 7/8 HD5 FJP.  
 11 X 7 3/4 HD5FJP.

CABEZAL Y CARRETES

20 3/4 210 Kg/cm<sup>2</sup> X 20 BUTT.  
 20 3/4 210 Kg/cm<sup>2</sup> X 16 3/4 350 Kg/cm<sup>2</sup>.  
 16 3/4 350 Kg/cm<sup>2</sup> X 13 5/8" 700 Kg/cm<sup>2</sup>.  
 13 3/4 700 Kg/cm<sup>2</sup> X 11" 1050 Kg/cm<sup>2</sup>.  
 11 1050 Kg/cm<sup>2</sup> X 9 1050 Kg/cm<sup>2</sup>.  
 9 1050 Kg/cm<sup>2</sup> X 3 1/2 1050 Kg/cm<sup>2</sup>.

COLGADOR CON CURAS EMERGENCIA

20 3/4 X 16.  
 16 3/4 X 13 3/8.  
 13 5/8 X 9 7/8.  
 11 X 7 3/4.

BUGES REDUCTORES

11 X 7 3/4.  
 13 5/8 X 9 7/8.

### 3.2 Diseño.

Después de que la requisición del equipo llega al fabricante, éste sigue los siguientes pasos para el diseño:

- 1.- Revisión de diseño
- 2.- Verificación del diseño
- 3.- Modificaciones al diseño
- 4.- Diseños proporcionados por el comprador

#### 1.- Revisión de diseño.

El fabricante a través del gerente de ingeniería del producto asignará un ingeniero calificado para la revisión del diseño y especificaciones del cliente.

#### 2.- Verificación del diseño.

Se lleva a cabo por medio de pruebas de comportamiento de cada nuevo producto diseñado en la compañía fabricante.

#### 3.- Modificaciones al diseño.

Las modificaciones al diseño serán solicitadas por los ingenieros del departamento de ingeniería del producto, y en su caso aprobadas por el gerente de ingeniería del producto.

#### 4.- Diseños proporcionados por el cliente.

En este caso el cliente es responsable de que los diseños, verificación, y revisión, estén de acuerdo con el API 6 A .

## Procedimientos

### - Documentos de ingeniería.

- 1.- Lista de ensamble de material.
- 2.- Dibujos.
- 3.- Especificaciones de material y procesos.

### I.- Listas de ensamble de material.

Deberán identificar los artículos aplicables por número de parte y cantidad requerida.

### 2.- Dibujos.

Se deberá identificar la configuración del artículo, dimensiones, tolerancias, requisitos de marcaje, acabados superficiales y especificaciones aplicables.

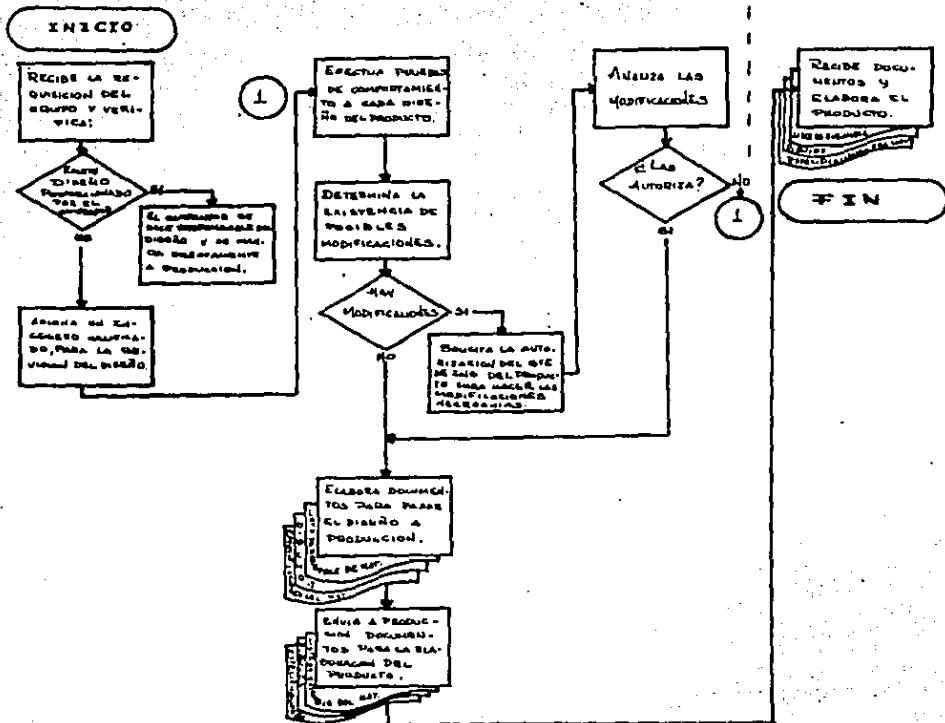
### 3.- Especificaciones del material.

Serán preparadas para todas aquellas piezas metálicas y no metálicas tanto contenedoras de presión como controladoras de presión, se debe definir:

- 1.- Requisitos de propiedades mecánicas.
- 2.- Calificación del material ( pruebas de tensión, impacto).
- 3.- Prácticas de fusión.
- 4.- Prácticas de formado.
- 5.- Tratamientos térmicos ( incluyendo temperatura y tiempo del ciclo, enfriamiento).
- 6.- Composición química del material.
- 7.- Pruebas no destructivas.
- 8.- Documentación y certificados.

INGENIERIA DEL PRODUCTO

PRODUCCION



### 3.3 Equipo instalado.

| PROCESO | EQUIPO PRINCIPAL          | CAPACIDAD              |
|---------|---------------------------|------------------------|
| Forja   | Martillo de forja abierta | 20000 lbs              |
|         | Martillo de forja abierta | 12000 lbs              |
|         | Martillo de forja abierta | 6000 lbs               |
|         | Martillo de forja abierta | 2500 lbs               |
|         | Martillo de forja abierta | 1500 lbs               |
|         | Hornos de calentamiento   | 5000 a<br>10000 lbs/hr |

| PROCESO | EQUIPO PRINCIPAL  | CAPACIDAD         |
|---------|-------------------|-------------------|
| Corte   | Sierra de cinta   | Hasta 25" de sec. |
|         | Sierra de disco   | Hasta 14" de sec. |
|         | Sierra de segueta | Hasta 8" de sec.  |
|         | Oxicorte Messer   | Hasta 30" de sec. |

| PROCESO                    | EQUIPO PRINCIPAL                                | CAPACIDAD                        |
|----------------------------|---|----------------------------------|
| Manejo<br>de<br>materiales | Manipuladoras Dango<br>Manipuladoras Long Feach | 10 Tonelómetros<br>1 Tonelómetro |

| PROCESO                  | EQUIPO PRINCIPAL   | CAPACIDAD |
|--------------------------|--|-----------|
| Tratamientos<br>térmicos | Hornos para:<br>Normalizado<br>Recocido<br>Austenizado<br>Revenido |           |

| PROCESO | EQUIPO PRINCIPAL                     | CAPACIDAD |
|---------|--------------------------------------|-----------|
| Acabado | Saud Blasted<br>( Granalla de Zinc ) |           |

### Cabezales y Carretes.

Todos los cabezales y carretes de los Arboles de navidad son fabricados de acero forjado, algunos son de dos partes premaquinadas y soldadas con el tratamiento térmico correspondiente con el fin de llenar los requisitos necesarios de acuerdo con su especificación.

El maquinado de estas piezas se realiza de acuerdo con tolerancias muy reducidas para que los empaques y las roscas no tengan fugas.

### Colgadores.

Todas las partes metálicas de los colgadores son de acero forjado, las partes que estan en contacto con la tubería tales como mordazas ( en los colgadores tipo envolvente) así como los cuerpos de colgador ( cuando son roscados) son de acero, aleados y tratados térmicamente con el fin de cumplir con los requisitos de uso; como ejemplo, las mordazas deben tener una dureza muy alta con el fin de que no se resbale la tubería.

Todos los colgadores llevan un empaque que sirve para sellar interiormente con el cabezal o con el carrete, con el fin de aislar una tubería de otra evitando paso de presión y no permitiendo que el flujo se mezcle.

## Otros Componentes.

De los demas componentes de un Arbol de navidad, se consideran los mas importantes los siguientes:

- Cruz maestra.
- Cruz de flujo.
- Adaptación para pruebas de fondo.

Todas estas partes tambien se fabrican de acero - forjado y se maquinan de acuerdo con la función que desempeña cada una, cuidando que esten dentro de tolerancia.



Operaciones previas al maquinado.

### Forja Abierta.

Este proceso tambien se conoce como forja en herramientas, mediante el cual el material que se encuentra a elevada temperatura toma la forma de los suajes o herramientas - a base de repetidos impactos producidos por martillos de forja, se forjan asi:

bridas, bonetes, cabezales, tuercas de golpe, y otras piezas.

### Soldadura.

Todas las partes soldadas llevan un control e inspección del proceso de soldadura este control consiste en :

- a) Determinación del WPS aplicable.
- b) Selección de soldadores y equipo.
- c) Obtención del material de soldadura.
- d) Preparación de la junta.
- e) Parámetros para soldar.
- f) Examen visual.

## Tratamiento térmico.

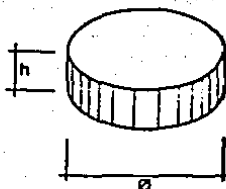
Las especificaciones de proceso de material para tratamiento térmico, y tratamiento térmico después de la soldadura incluyen:

- a) Calificación del equipo.
- b) Utilización de registradoras y termopares calibrados.
- c) Cargado de hornos.
- d) Tiempo a la temperatura y tolerancia.
- e) Temple, según sea aplicado.
- f) Prueba.
- g) Documentación.

MATERIALES

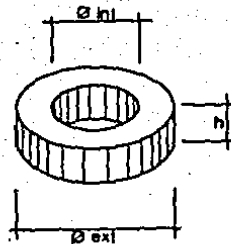
| Tipo de material |   | TEMPERATURA   |                   |         | Recomendaciones   |
|------------------|---|---|-------------------|---------|---|
|                  |   | Precalentamiento  | Rango de Forjado  |         |   |
|                  |   |   | Maxima            | Minima  |   |
| Aceros           | Al Carbon<br>1010, 1018, 1020<br>1026, 1030, 1035<br>1040, 1045, 1049     |   | 1260 °C           | 927 °C  | Enfriar al aire   |
|                  | Aleados<br>4130, 4135, 4140<br>4320, 4330, 4340<br>8620, BE40, 9840       | En secciones mayores<br>de 16 Ø a 760 °C<br>durante dos horas | 1204 a<br>1260 °C | 927 °C  | Enfriar al aire<br>lentamente   |
|                  | Especiales<br>F-5, F-9, F-11<br>F-12, H-11, H-12                          |   | 1204 a<br>1260 °C | 871 °C  | Enfriar al aire   |
|                  | Inox serie 300<br>Austeníticos<br>302, 303, 304<br>304L, 316, 316<br>316L |   | 1149 a<br>1204 °C | 927 °C  | Enfriar en agua después<br>de forjar, piezas de 300 kg<br>en adelante recalentar<br>1066/1121 °C y enfriar en<br>agua |
|                  | Inox serie 400<br>Martensíticos<br>410, 416                               | De 760 °C a 816 °C  | 1093 a<br>1177 °C | 899 °C  | El sobrecalentamiento<br>provoca precipitación de<br>Ferrita Densa, enfriar<br>lentamente en berricuita               |
|                  | De Precipitación<br>17-4PH  |   | 1177 a<br>1204 °C | 1010 °C | Enfriar en aire quieto  |
| Otros            | Monel K-500   |   | 1150 °C           | 900 °C  | Enfriar en agua   |

**TEJOS**



| Medidas de Maquinado |                              | Margen de Maquinado  |                      | Radio Máximo      | Tolerancias          |                      |
|----------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| Díametro             | Altura                       | Díametro             | Altura               |                   | Díametro             | Altura               |
| 5 a 10               | 2 a 5<br>5 a 10              | -1.2<br>-1.2         | -3.8<br>-3.8         | 3.8<br>1.2        | ±1.4<br>±1.4         | ±1.4<br>±1.4         |
| 10 a 30              | 3 a 5<br>5 a 15<br>15 a 30   | -5.8<br>-1.2<br>+3.4 | -1.2<br>-1.2<br>-5.8 | 5.8<br>1.2<br>1.2 | ±3.8<br>±1.4<br>±3.8 | ±1.4<br>±1.4<br>±3.8 |
| 30 a 40              | 5 a 10<br>10 a 20<br>20 a 30 | +1<br>-1<br>-1       | +5.8<br>-3.4<br>+3.4 | 1<br>3.4<br>3.4   | ±5.8<br>±1.2<br>±1.2 | ±3.8<br>±1.2<br>±1.2 |
| 40 a 50              | 5 a 10<br>10 a 20<br>20 a 25 | +1.4<br>-1.4<br>-1.4 | +1<br>-1<br>-1.4     | 1.4<br>3.4<br>3.4 | ±3.4<br>±3.4<br>±3.4 | ±3.4<br>±5.8<br>±3.4 |
| 50 a 55              | 10 a 15                      | +1.2                 | +1.2                 | 1.4               | ±1"                  | ±3.4                 |

\*Todas las dimensiones y tolerancias son en pulgadas.  
\*El radio máximo se entiende en las aristas.



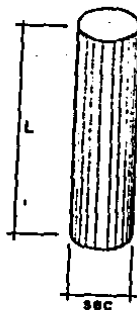
## ANILLOS

| Medidas de Maquinado |          |        | Margen de Maquinado |          |        | Radio<br>Maximo | Tolerancias |          |        |
|----------------------|----------|--------|---------------------|----------|--------|-----------------|-------------|----------|--------|
| Diámetro             |          | Altura | Diámetro            |          | Altura |                 | Diámetro    |          | Altura |
| Exterior             | Interior |        | Exterior            | Interior |        |                 | Exterior    | Interior |        |
| 5 a 10               | 3 a 7    | 2 a 5  | + 1/2               | -1/2     | + 3/8  | 3/8             | ±1/4        | ±1/4     | ±3/16  |
| Hasta<br>20          | 3 a 4    | 3 a 5  | + 5/8               | -5/8     | +1/2   | 5/8             | ±1/4        | ±3/8     | ±3/8   |
|                      | 5 a 10   | 3 a 10 | + 3/4               | -5/8     | +5/8   | 1/2             | ±1/2        | ±3/8     | ±3/8   |
|                      | 10 a 15  | 5 a 10 | + 3/4               | -3/4     | +3/4   | 1/2             | ±1/2        | ±1/2     | ±1/2   |
|                      |          |        |                     |          |        |                 |             |          |        |
| Hasta<br>30          | 5 a 10   | 5 a 15 | + 3/4               | -3/4     | +3/4   | 1/2             | ±1/2        | ±3/8     | ±3/8   |
|                      | 10 a 20  | 5 a 15 | + 1                 | -1       | +3/4   | 5/8             | ±1/2        | ±1/2     | ±1/2   |
|                      | 20 a 25  | 6 a 15 | + 1 1/8             | -1       | +7/8   | 3/4             | ±1/2        | ±5/8     | ±1/2   |
|                      |          |        |                     |          |        |                 |             |          |        |
| Hasta<br>40          | 5 a 15   | 5 a 10 | +1                  | -1 1/4   | +3/4   | 3/4             | ±5/8        | ±1/2     | ±1/2   |
|                      | 15 a 25  | 6 a 20 | +1                  | -1 1/4   | +1     | 3/4             | ±5/8        | ±5/8     | ±1/2   |
|                      | 25 a 34  | 6 a 20 | +1                  | -1 1/4   | +1     | 7/8             | ±5/8        | ±3/4     | ±5/8   |
|                      |          |        |                     |          |        |                 |             |          |        |
| Hasta<br>50          | 10 a 15  | 5 a 17 | +1 1/4              | -1 1/4   | +1     | 7/8             | ±5/8        | ±3/4     | ±5/8   |
|                      | 15 a 25  | 6 a 17 | +1 1/4              | -1 1/2   | +1     | 1               | ±3/4        | ±3/4     | ±3/4   |
|                      | 25 a 35  | 6 a 25 | +1 1/4              | -1 1/2   | +1 1/4 | 1               | ±3/4        | ±1       | ±7/8   |
|                      | 35 a 42  | 6 a 25 | +1 1/2              | -1 1/2   | +1 1/4 | 1               | ±3/4        | ±1       | ±1     |
| Hasta<br>60          | 15 a 25  | 6 a 12 | +1 1/2              | -1 1/2   | +1 1/4 | 1 1/4           | ±1          | ±1       | ±1     |
|                      | 25 a 35  | 7 a 15 | +1 3/4              | -1 1/2   | +1 1/4 | 1 1/2           | ±1 1/8      | ±1 1/8   | ±1     |
|                      | 35 a 45  | 7 a 15 | -2                  | -1 3/4   | +1 1/2 | 1 1/2           | ±1 1/4      | ±1 1/4   | ±1     |

Todas las dimensiones y tolerancias son en pulgadas

\*Ejemplo máximo en el ancho de los anillos

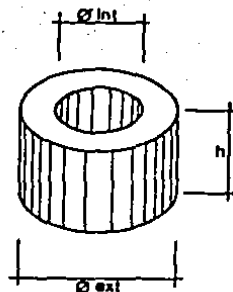
## BARRAS



| Medidas de Maquinado |          | Margen de Maquinado |          | Radio Máximo | Tolerancias |          |
|----------------------|----------|---------------------|----------|--------------|-------------|----------|
| Sección              | Longitud | Sección             | Longitud |              | Sección     | Longitud |
| 2 a 5                | 5 a 30   | +1/4                | +3/4     | 1/2          | ±1/8        | ±1/2     |
|                      | 30 a 80  | -3/4                | +1       | 1/2          | ±1/4        | ±1/2     |
| 5 a 15               | 10 a 40  | -3/4                | -1       | 1/2          | ±1/4        | ±1/2     |
|                      | 40 a 80  | -3/4                | -1 1/4   | 3/4          | ±1/4        | ±3/4     |
|                      | 80 a 150 | +1                  | -1 1/2   | 1            | ±1-2        | ±1       |
| 15 a 25              | 20 a 60  | +1                  | +2       | 1            | ±1/2        | ±1       |
|                      | 60 a 90  | +1 1/2              | +2       | 1 1/4        | ±3/4        | ±1 1/4   |

\*Todas las dimensiones y Tolerancias son en pulgadas  
 \*El radio máximo se entiende en las aristas

# TUBOS



| Medidas de Maquinado |          |         | Margen de Maquinado |          |        | Radio<br>Máximo | Tolerancias |          |        |
|----------------------|----------|---------|---------------------|----------|--------|-----------------|-------------|----------|--------|
| Diámetro             |          | Altura  | Diámetro            |          | Altura |                 | Diámetro    |          | Altura |
| Exterior             | Interior |         | Exterior            | Interior |        |                 | Exterior    | Interior |        |
| 10 a 20              | 4 a 12   | 7 a 12  | +1/2                | -1/2     | -1     | 1/2             | ±1/4        | ±1/4     | ±3/8   |
|                      |          | 12 a 20 | +1/2                | -5/8     | -1     | 5/8             | ±1/4        | ±1/4     | ±3/8   |
|                      |          | 20 a 25 | +5/8                | -5/8     | -1     | 5/8             | ±1/4        | ±3/8     | ±1/2   |
| 20 a 35              | 6 a 10   | 10 a 15 | +3/4                | -3/4     | +1     | 5/8             | ±1/4        | ±3/8     | ±1/2   |
|                      |          | 15 a 25 | +3/4                | -1       | +1     | 3/4             | ±3/8        | ±1/2     | ±5/8   |
|                      |          | 31 a 35 | -1                  | -1       | +1 1/4 | 3/4             | ±1/2        | ±1/2     | ±5/8   |
|                      | 10 a 15  | 10 a 15 | +3/4                | -1       | -1     | 3/4             | ±3/8        | ±1/2     | ±5/8   |
|                      |          | 15 a 25 | +1                  | -1       | -1 1/4 | 3/4             | ±1/2        | ±5/8     | ±3/4   |
|                      |          | 25 a 40 | +1 1/4              | -1 1/4   | -1 1/2 | 3/4             | ±5/8        | ±3/4     | ±3/4   |
| 35 a 35              | 10 a 15  | 15 a 20 | -1                  | -1 1/4   | +1 1/2 | 1               | ±5/8        | ±3/4     | ±3/4   |
|                      |          | 20 a 30 | +1 1/4              | -1 1/2   | +1 1/2 | 1               | ±3/4        | ±1       | ±1     |
| 35 a 40              | 10 a 20  | 15 a 25 | +1 1/2              | -1 3/4   | -1 1/2 | 1 1/4           | ±3/4        | ±1       | ±1     |

1. Todos los diámetros de los tubos se refieren al diámetro exterior.  
 2. Los márgenes de maquinado se refieren al diámetro exterior.

Manejo, Almacenamiento y Embarque.

Procedimientos.

- Drenado y lubricación despues de la prueba.
- Protección contra la oxidación.
- Protección de superficies de sello.
- Embalajes de los empaques.

Uso del monograma API.

Todo fabricante que cumpla con las especificaciones anteriores y con las especificaciones que marca el API 6A estan autorizadas para utilizar el uso del monograma API en sus productos.



# CAPITULO IV

ENSAMBLE

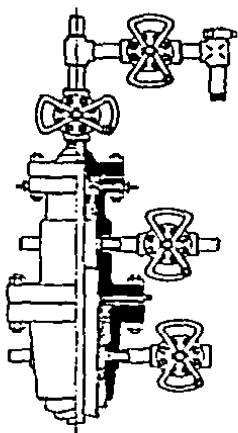
## CAPITULO IV.

Los diferentes niveles de ensamble completo para control de pozo, se dividen en dos partes:

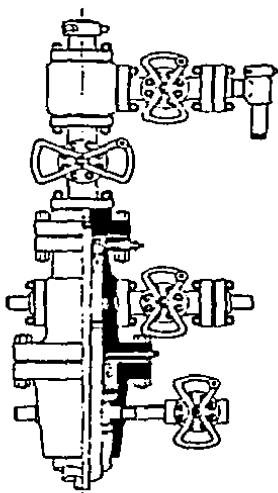
- a) Ensamble para cabeza de pozo ( cabezales )  
Nivel inferior.
- b) Arbol de navidad  
Nivel superior.

### 4.1 Arreglos típicos.

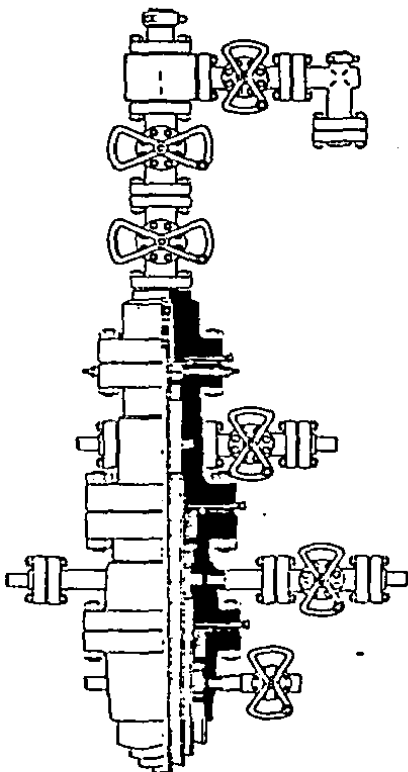
ARREGLOS TÍPICOS PARA  
TERMINACIONES SENCILLAS.



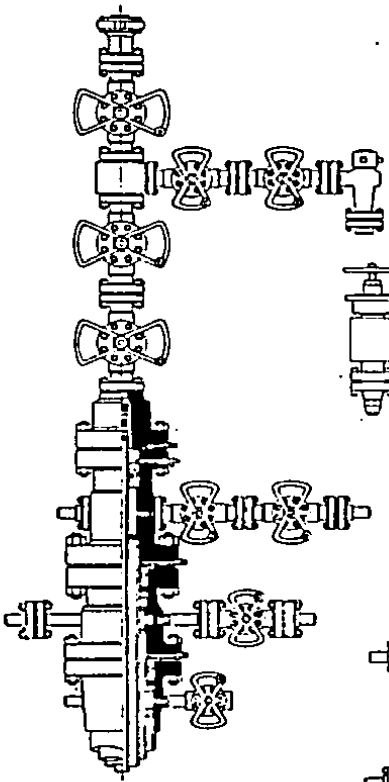
2000 PSI.



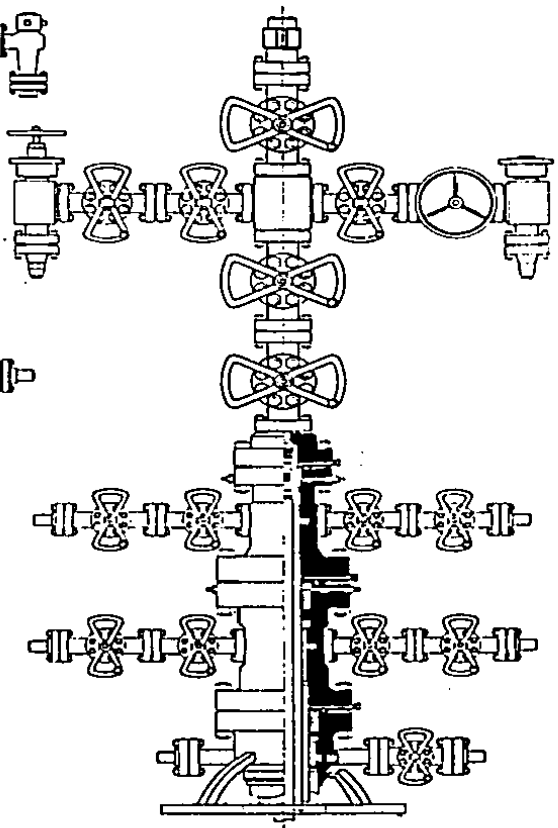
3000 PSI.



5000 PSI.

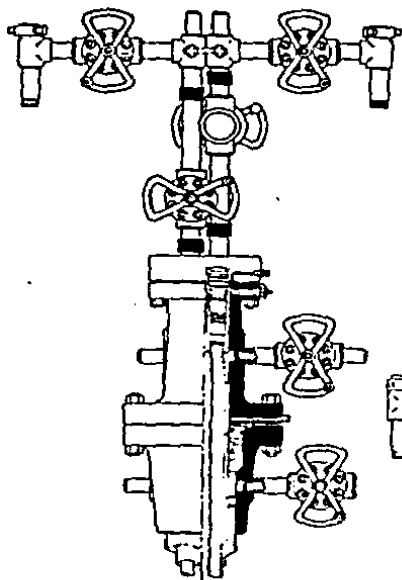


10000 PSI

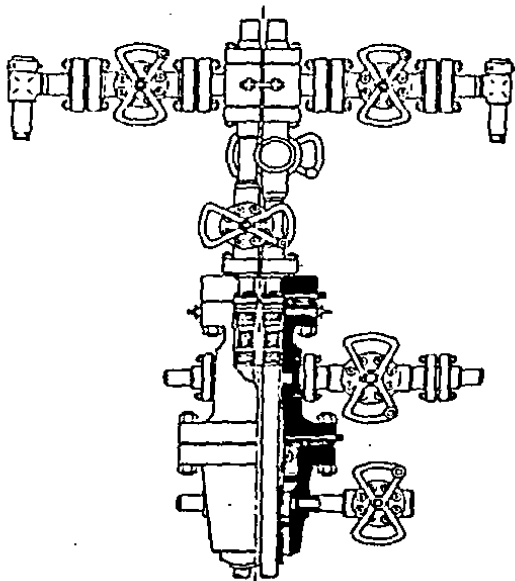


15000 PSI.

ARREGLOS TÍPICOS PARA  
TERMINACIONES MÚLTIPLES.



3000 PSI.



5000 PSI.

#### 4.2- Cabezales y Carretes.

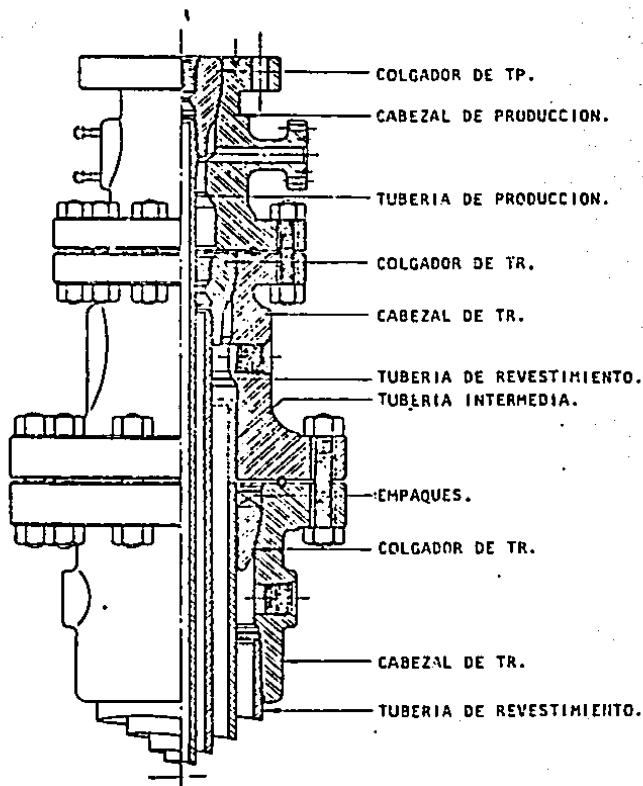
Todos se fabrican en acero forjado, pueden ser fabricados en una sola pieza o bien en dos piezas soldadas y tratadas termicamente con el fin de llevar los requisitos necesarios segun la especificación correspondiente. Los materiales mas usados son:

Acero al carbón AISI - 1045 ó 1049 .

Aceros aleados 4130 - 4140 - 5630 .

Aceros inoxidables martensíticos 410 .

El maquinado de estas piezas se realiza de acuerdo con tolerancias muy reducidas para que los empaques y las roscas no tengan fugas.



ENSAMBLE PARA CABEZA DE POZO

## Colgadores.

Los colgadores, tienen la función de sujetar las tuberías de revestimiento, y producción.

Todas las partes metálicas de los colgadores son de acero forjado. Los materiales usados son similares a los de cabezales y carretes.

Solo en el caso de las mordazas es muy usual el AISI S620, endurecido superficialmente por cianuración, y nitruración, hasta valores tan altos como 60-65 Rc.

Las empaquetaduras son de diferentes materiales, dependiendo de las condiciones de servicio, como tipo de fluido, condiciones de abrasión, corrosión, etc.

Sin embargo los materiales mas usados son:

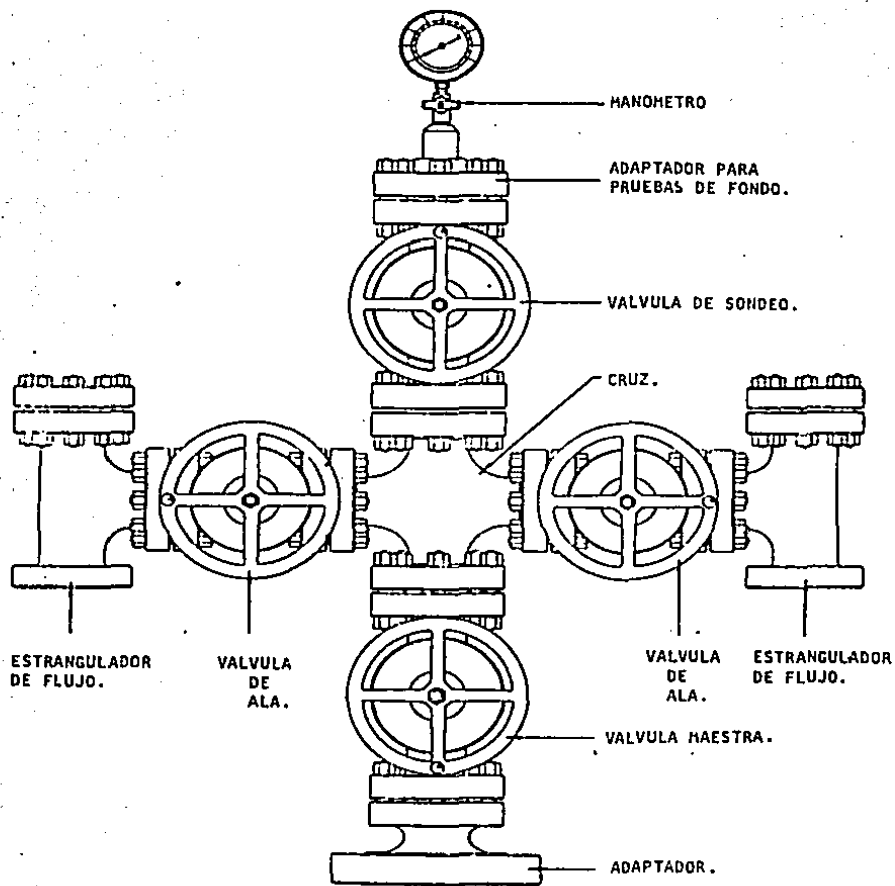
- Nitrilo.
- Buna N.
- Epiclorohidrina-hidrin.
- Baquelitas



#### 4.3 Arbol de Navidad.

Los Arboles de Navidad son ensambles formados basicamente por :

- a) Cabezales.
- b) Colgadores de tubería.
- c) Adaptadores.
- d) Válvulas de control.
- e) Tees, o cruces.
- f) Estranguladores.
- g) Accesorios.



ARBOL DE NAVIDAD

Adaptadores.

Adaptador de tubería de producción.

Su función es de unión, y transición entre el cabezal de producción, y la válvula de control de producción denominada válvula maestra. En la mayoría de los casos, este adaptador tiene una rosca interior en su parte inferior, para colgar de ella a la tubería de producción, o para colgar un cople colgador que a su vez también es roscado para colgar la tubería de producción.

Una vez roscado el cople a la tubería se rosca el Arbol al cople y se ensamblan las bridas del cabezal de producción, y del adaptador.

Válvulas de control de producción.

Válvulas maestras.

Es una válvula de flujo completo y continuado, de operación abrir-cerrar, su función básica es interrumpir o permitir el paso del fluido.

En la mayoría de los casos, el usuario prefiere tener dos válvulas maestras, una sobre otra, por razones de seguridad.

En este caso la válvula maestra inferior permanece abierta, y el control de producción se efectúa con la maestra superior. La válvula maestra inferior se operará únicamente como emergencia si llega a fallar la maestra superior.

Te maestra y Cruz maestra.

Se usen una u otras; es la pieza de distribución del producto.

Depende del usuario especificar Te o Cruz, en función de que requiera una o dos líneas de distribución.

Válvulas de distribución.

Válvulas de ala.

A las salidas de distribución se les llama " alas" En cada una de ellas se localiza una o dos válvulas de ala, que sirven para el control de distribución del producto, también son de paso completo y continuado, la razón de que existan una o dos válvulas en cada ala, es la misma que se mencionó para las válvulas maestras.

Estranguladores de flujo.

A continuación de las válvulas de ala., viene el estrangulador de flujo, cuyas funciones son las de controlar el flujo y la presión, los estranguladores pueden ser : positivos y ajustables.

Estrangulador positivo.

Cuenta con una barra que contiene un orificio de diámetro conocido, por el cual circula el fluido. Si se desea cambiar las condiciones de producción en flujo y/o presión basta con cambiar la barra por otra que tenga el diámetro apropiado.

## Estrangulador ajustable.

Estos estranguladores forman la zona de restricción que hace las veces de orificio por medio de un vástago que en un extremo forma una terminación de cono (aguja) y un asiento también cónico fijo.

Mediante el movimiento del vástago se opera a través de un volante, se puede ajustar sobre la marcha el tamaño del orificio, inclusive llegar al ajuste mínimo de cero flujo.

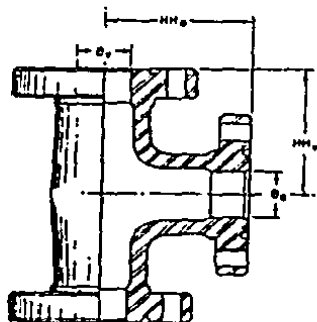
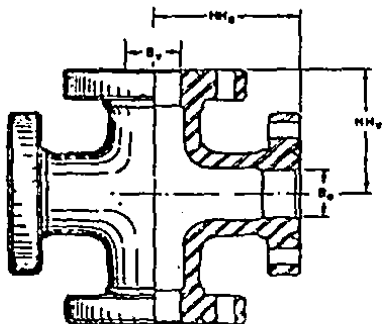
En algunos arreglos se pueden tener los dos tipos de estranguladores, uno a continuación del otro y en la misma línea.

A continuación de los estranguladores se conecta una brida compañera o una brida para soldar, las cuales sirven de unión para las tuberías de distribución.

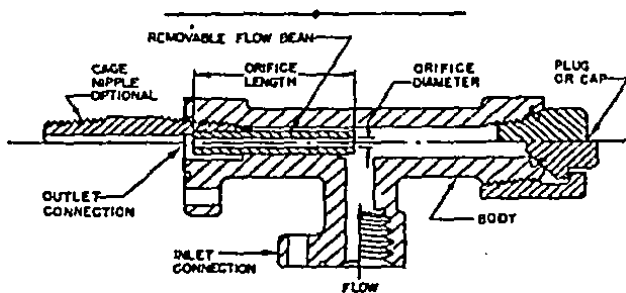
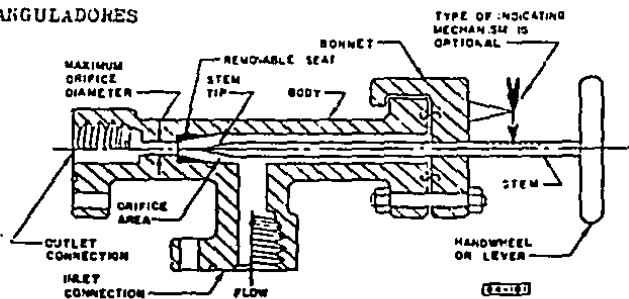
## Válvulas de sondeo.

Es una válvula de paso completo y continuado de la misma medida que las válvulas maestras. Va montada en la parte superior de la Te o Cruz maestra. Su función es permitir el acceso de herramientas y accesorios (válvulas de contra presión) a través del Arbol, controlando al mismo tiempo la presión dentro del pozo.

En ocasiones el usuario decide no instalar esta válvula de sondeo.



ESTRANGULADORES



Adaptador para pruebas de fondo.

Es una pieza que está preparada para poder izar o bajar el Arbol, durante su instalación o remoción.

Cuenta con una tuerca de golpe para remover fácilmente su parte superior y queda preparada para instalar las diferentes herramientas como el cable para tronar en el fondo herramientas de remoción de válvulas de contrapresión, para matado del pozo.

Este adaptador se monta sobre la válvula de sondeo si la hay, o bien, sobre la cruz maestra.

Accesorios.

Como accesorios mas comunes, se acostumbran instalar válvulas de aguja, manómetro en diferentes localizaciones en el Arbol.

Otros accesorios comunes y además necesarios son :

- Birlos
- Tuercas
- Anillos de sello
- Bridas adaptadoras

#### 4.4 Válvulas de producción.

Las válvulas de producción de un Arbol de Navidad, son del tipo paso completo y continuado, y deben cumplir las siguientes condiciones :

- a) Que la compuerta sea de caras paralelas.
- b) Que el conducto de paso sea una reforzada circular contenido íntegramente en la compuerta.
- c) Que el diámetro interior de los asientos, sea igual al de los conductos laterales del cuerpo, para formar el paso continuado completo.

Tipos de compuertas de paso completo y continuado.

Básicamente existen dos tipos de compuertas : Compuerta sólida y asientos flotantes, y Compuerta de expansión y asientos a presión. ( figura 7 ).

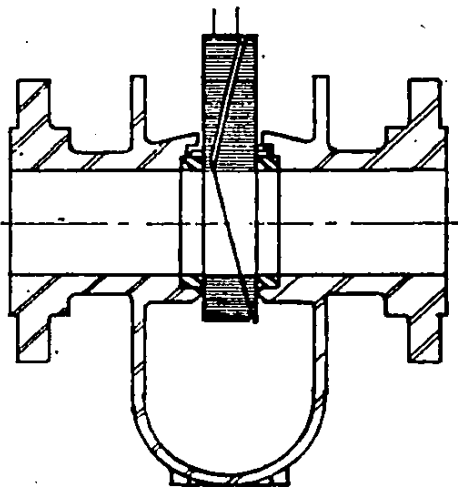
Compuerta sólida y asientos flotantes.

El sello de la compuerta y los asientos se logra mediante la presión existente dentro de la línea, lo cual desplaza la compuerta contra el asiento del lado de baja presión ( asiento aguas abajo ) contra la compuerta. Esta facilidad o característica de los asientos de moverse hacia uno u otro lado de las cajas hace que se les de el nombre de " asientos flotantes " .

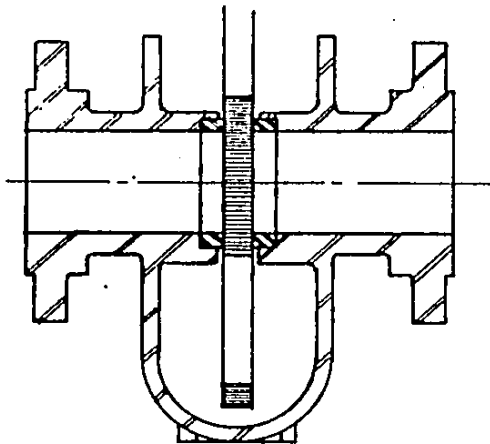


FIGURA 7

COMPUERTA DE EXPANSION



COMPUERTA SOLIDA.



Compuerta de expansión y asientos a presión.

Este tipo de compuerta al llegar a sus puntos extremos de la carrera abrir - cerrar, se expande. Esta acción se aprovecha para lograr que cada pieza de la compuerta presione al asiento respectivo logrando un eficiente sello metal - metal. Fuera de estas posiciones extremas, ( cuando esta expandida ) la compuerta vuelve a su posición original dejando un claro entre ella y los asientos, esto hace que la compuerta viaje libremente.

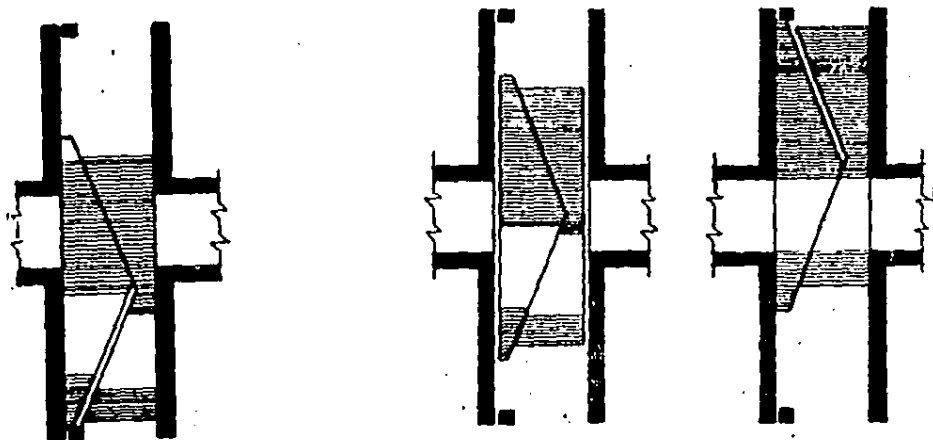
Este tipo de válvulas deben operar totalmente abiertas o totalmente cerradas, no están diseñadas para regular y son de flujo unidireccional.

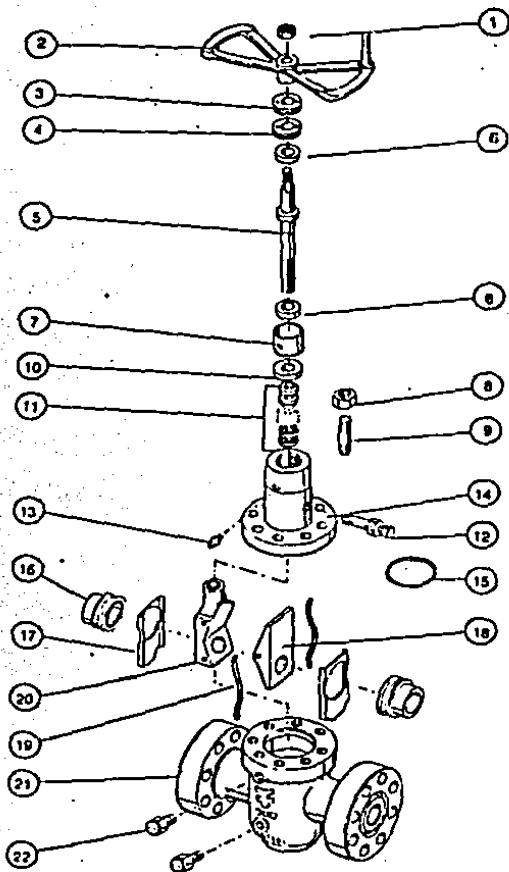
En su gran mayoría las válvulas de producción son del tipo compuerta de expansión.

Válvulas de compuerta de expansión  
API 2000, API 3000, y API 5000.

Su aspecto constructivo se muestra en la figura B. Consta de dos candados resorte, que van a cada lado de la compuerta. Su proposito es el de centrar el segmento de la compuerta, y mantenerlo en esa posición toda la carrera; Solo en los puntos extremos de totalmente abierta y totalmente cerrada la fuerza de deslizamiento provocada por los planos en conjunto que hacen el efecto de cuña, hace que el resorte ceda y permita que la compuerta se expanda sellando por lo tanto contra los asientos.

FUNCIONAMIENTO ESQUEMATICO DE LA COMPUERTA DE EXPANSION



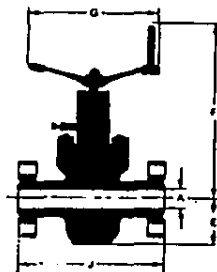


| Part. | Descripción                   | Cant.   |
|-------|-------------------------------|---------|
| 1)    | Tuerca y roldana del volante  | 1 Jgo.  |
| 2)    | Volante                       | 1 Pza.  |
| 3)    | Tuerca candado del balero     | 1 Pza.  |
| 4)    | Tuerca retén del balero       | 1 Pza.  |
| 5)    | Vástago                       | 1 Pza.  |
| 6)    | Baleros                       | 2 Pzas. |
| 7)    | Camisa espaciadora del balero | 1 Pza.  |
| 8)    | Tuerca                        | 8 Pzas. |
| 9)    | Birlo del bonete              | 6 Pzas. |
| 10)   | Retén del empaque             | 1 Pza.  |
| 11)   | Empaque de vástago            | 1 Jgo.  |
| 12)   | Alimentador de empaque        | 1 Pza.  |
| 13)   | Grasera de rodamientos        | 1 Pza.  |
| 14)   | Bonete                        | 1 Pza.  |
| 15)   | Anillo sellador               | 1 Pza.  |
| 16)   | Asiento                       | 2 Pzas. |
| 17)   | Guía de compuertas            | 2 Pzas. |
| 18)   | Segmento                      | 1 Pza.  |
| 19)   | Candado                       | 2 Pzas. |
| 20)   | Compuerta                     | 1 Pza.  |
| 21)   | Cuerpo                        | 1 Pza.  |
| 22)   | Grasera del cuerpo            | 2 Pzas. |

FIGURA 8.

Otra característica importante, es el anillo de teflón que se inserta en una ranura circular del asiento. Esto da un sello secundario adicional, a la vez que sirve como limpiador de las superficies de la compuerta.

A continuación se muestran las dimensiones para las válvulas de producción. API 2000, API 3000, y API 5000.



Sizes in inches. N = No. of turns to open

| Size   | Working Pressure (PSI) | A      | E      | F       | G  | J       | M       | WT.<br>Lbs./Kg. |
|--------|------------------------|--------|--------|---------|----|---------|---------|-----------------|
| 2 1/2" | 2 000                  | 2 1/2" | 8 1/2" | 18 1/2" | 11 | 13 1/2" | 13      | 81441           |
|        | 3 000, 3 500           |        | 9 1/2" | 19 1/2" | 12 | 14 1/2" |         | 152503          |
| 2 3/4" | 2 000                  | 2 3/4" | 5 1/2" | 20 3/4" | 13 | 13 1/2" | 15 1/2" | 135437          |
|        | 3 000, 5 000           |        | 5 1/2" | 20 3/4" | 16 | 16 1/2" |         | 205493          |
| 3 1/2" | 2 000                  |        | 6 1/2" | 22 1/2" | 13 | 14 1/2" |         | 181182          |
|        | 3 000                  | 3 1/2" | 7 1/2" | 22 3/4" | 16 | 17 1/2" | 20      | 263120          |
| 4 1/2" | 5 000                  |        | 7 1/2" | 22 3/4" | 16 | 18 1/2" |         | 298134          |
|        | 2 000                  |        | 8 1/2" | 25 1/4" | 18 | 17 1/2" |         | 343157          |
| 4 1/2" | 3 000                  | 4 1/2" | 9 1/2" | 26 3/4" | 20 | 20 1/2" | 24 1/2" | 815134          |
|        | 5 000                  |        | 9 1/2" | 26 3/4" | 20 | 21 1/2" |         | 533141          |

Válvulas de compuerta de expansión  
API 10000, y API 15000.

Estas válvulas cuentan con vástago inferior llamado " vástago de balance ", debido a las altas presiones que soportan ( 10000 Psi o mas ); La resultante sobre la compuerta es una fuerza de mucha magnitud, la cual se reparte en dos apoyos ( los dos vástagos ), facilitando la operación de las válvulas.

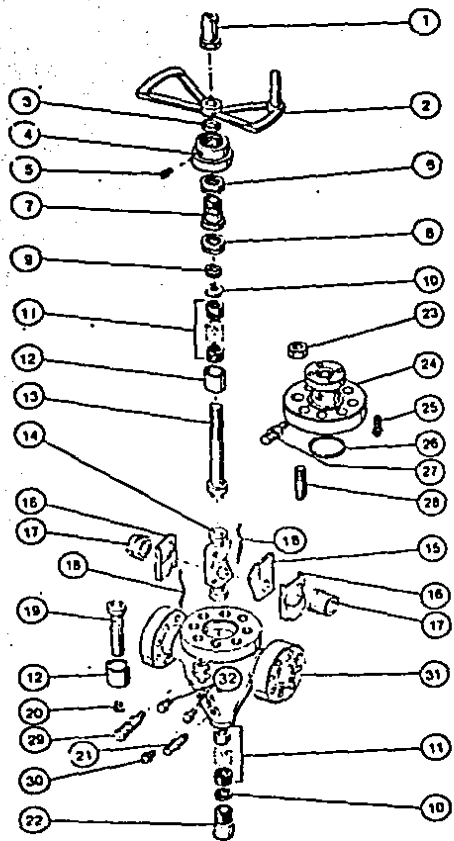
Los asientos en lugar de anillo de teflón llevan una ranura circular la cual se conecta hasta el exterior por medio de ranuras y barrenos hechos tanto en el asiento como en el cuerpo. El objeto de este arreglo es que se pueda inyectar un sellante plástico, y contar con un sello secundario o adicional, además de servir como lubricante. Como se muestra en la figura 9.

Válvulas de compuerta de expansión  
para altas temperaturas.

El diseño prensa estopa exterior y vástago ascendente, protege la rosca del vástago y asegura mas larga vida a las empaquetaduras, al quedar ambos alejados de la zona crítica de alta temperatura.

Para aplicaciones en procesos de inyección de vapor al yacimiento, y servicios a altas temperaturas.

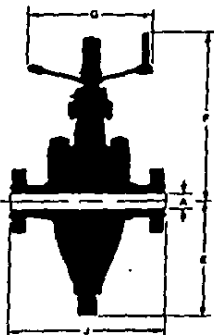
Los materiales dependen del arreglo ( trim ) de servicio, en la tabla 8 se muestran los mas comunes.



| Part. | Descripción                        | Cant.   |
|-------|------------------------------------|---------|
| 1)    | Protector del vástago de operación | 1 Pza.  |
| 2)    | Volante                            | 1 Pza.  |
| 3)    | Sello de intemperie                | 1 Pza.  |
| 4)    | Caja de rodamientos                | 1 Pza.  |
| 5)    | Grasera de rodamientos             | 1 Pza.  |
| 6)    | Balero                             | 1 Pza.  |
| 7)    | Tuerca del vástago                 | 1 Pza.  |
| 8)    | Balero                             | 1 Pza.  |
| 9)    | Tuerca candado de empaque          | 1 Pza.  |
| 10)   | Tuerca retén de empaque            | 2 Pzas. |
| 11)   | Empaque de vástago                 | 2 Pzas. |
| 12)   | Tuerca de compuerta                | 2 Pzas. |
| 13)   | Vástago de operación               | 1 Pza.  |
| 14)   | Compuerta                          | 1 Pza.  |
| 15)   | Segmento                           | 1 Pza.  |
| 16)   | Gula de compuerta                  | 2 Pzas. |
| 17)   | Asiento                            | 2 Pzas. |
| 18)   | Candado                            | 2 Pzas. |
| 19)   | Vástago de balance                 | 1 Pza.  |
| 20)   | Tornillo protector                 | 1 Pza.  |
| 21)   | Alimentador de empaque             | 1 Pza.  |
| 22)   | Protector del vástago de balance   | 1 Pza.  |
| 23)   | Tuerca                             | 8 Pzas. |
| 24)   | Bonete                             | 1 Pza.  |
| 25)   | Tornillo de la caja de rodamientos | 4 Pzas. |
| 26)   | Anillo sellador                    | 1 Pza.  |
| 27)   | Alimentador de empaque             | 1 Pza.  |
| 28)   | Birlo del Bonete                   | 8 Pzas. |
| 29)   | Grasera de alivio de presión       | 1 Pza.  |
| 30)   | Grasera de drenaje                 | 1 Pza.  |
| 31)   | Cuerpo                             | 1 Pza.  |
| 32)   | Grasera de asientos                | 2 Pzas. |

FIGURA 9.





Sizes in inches  
N = No. of turns of hand-wheel to open

| Size   | Wt.<br>pdl       | A      | E      | F      | G      | J      | N      | Wt.<br>Lbs/Kg       |
|--------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| 1 1/2" | 10 000<br>15 000 | 1 1/2" | 1 1/2" | 2 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 14     | 275-125<br>350-156  |
| 2"     | 10 000<br>15 000 | 2 1/2" | 1 1/2" | 2 3/4" | 1 1/2" | 2 1/2" | 12     | 545-247<br>760-345  |
| 2 1/2" | 10 000<br>15 000 | 2 1/2" | 1 1/2" | 2 7/8" | 2 1/2" | 2 1/2" | 15     | 565-257<br>790-356  |
| 3"     | 10 000<br>15 000 | 3 1/2" | 2 1/2" | 2 7/8" | 2 1/2" | 2 1/2" | 17 1/2 | 900-408<br>1150-522 |
| 4"     | 10 000           | 4 1/2" | 2 7/8" | 3 1/4" | 2 1/2" | 2 1/2" | 22     | 1080-490            |

Flange specifications conform to API Standard 6A

#### 4.5 Pruebas y especificaciones.

La manufactura de los Arboles de Navidad y terminación de vozo, deben sujetarse a normas y especificaciones estrictas, tanto en materiales, dimensiones, ( tolerancia ), acabados, condiciones de prueba, y las especificaciones básicas generales que son:

##### API 6A.

La cual establece condiciones de intercambiabilidad ( dimensiones ), materiales, condiciones de prueba, etc.

##### ASME sección IX.

Que fija normas para soldadura a emplear, calificación de procedimientos de soldadura, recubrimientos metálicas, así como de soldadura y equipo.

##### ASME Sección V

Que fija normas para pruebas no destructivas aplicadas básicamente para control de calidad, tales como líquidos penetrantes, partículas magnéticas, rayos x o gama, y ultrasonido.

##### ASME sección VIII.

Que formula reglas y estándares para el diseño, fabricación e inspección de recipientes sujetos a presión.

##### ASME sección II

- a.- Partes ferrosas
- b.- Partes no ferrosas

Cubren especificaciones de materiales básicos.

ASTM.

En sus diferentes subdivisiones , son equivalentes a las especificaciones ASME y se pueden complementar unas con otras.

MACE. Esp. MR-0175.

Esta es una especificación muy importante, ya que controla estrictamente la composición y dureza de materiales a usar cuando haya presencia de H<sub>2</sub>S.

De acuerdo con las especificaciones, todos los Arboles de Navidad y sus componentes, deben ser probados en la planta del fabricante a las siguientes presiones:

| Presión de trabajo.<br>(psi) | Presión de prueba.<br>(psi) |
|------------------------------|-----------------------------|
| 2000                         | 4000                        |
| 3000                         | 6000                        |
| 5000                         | 10000                       |
| 10000                        | 15000                       |
| 15000                        | 22500                       |

Esta presión de prueba no es aplicable en las partes roscadas, ya que por el tipo de sello que tienen las roscas, no se deben usar uniones roscadas para altas presiones.

La presión máxima de trabajo y prueba para partes roscadas es de acuerdo con su tamaño y son los siguientes :

|         | Tamaño y tipo de la rosca | Presión de trabajo y prueba |
|---------|---------------------------|-----------------------------|
| para    | 1/2"                      | 10000 ( psi )               |
| tubería | 3/4"-2"                   | 5000 "                      |
| LP      | 2 1/2"-6"                 | 3000 "                      |
| tubing  | 1.050"-4 1/2"             | 5000 ( psi )                |
| casing  | 4 1/2"-13 3/8"            | 3000 ( psi )                |
|         | 16"                       | 2000 "                      |

Todos los Arboles no deberán presentar ninguna fuga a las presiones indicadas anteriormente.

Pruebas generales para equipos de control de pozo según marca el API.

- Prueba de tensión
- Prueba de impacto o charpy
- Inspección dimensional
- Prueba de dureza
- Acabado superficial
- Acabado volumétrico
- Prueba hidrostática
- Prueba de gas
- Prueba de sonda
- Prueba funcional
- Examen visual

# CAPITULO

## INSTALACION

## CAPITULO V.

### 5.1 recomendaciones.

La instalación de los Arboles de Navidad sigue la secuencia indicada a continuación :

- a) Cabezal de tubería de revestimiento y sus partes.
- b) Colgador de tubería de revestimiento ( preventor).
- c) Anillo sellador API.
- d) Birlos y tuercas.
- e) Carrete de tubería de revestimiento y sus partes ( preventor ).
- f) Colgador de tubería de revestimiento.
- g) Cabezal de tubería de producción y sus partes.
- h) Colgador de tubería de producción.
- i) Cople colgador.
- j) Adaptadores.
- k) Válvulas maestras.
- l) Cruz maestra.
- m) Válvula de ala.
- n) Cruces de flujo.
- o) Válvula de sondeo.
- p) Adaptador para pruebas de fondo.
- q) Accesorios.

## 5.2 Preventores.

El equipo principal de control de la presión del pozo, está colocado debajo del nozzle de la torre, arriba de los cabezales, y consta del ensamble de los preventores.

El primero de estos elementos localizado en la parte superior, es del tipo anular y puede cerrarse alrededor de la tubería o del cuadrante.

Debajo del preventor anular siguen dos o tres del tipo de ariete. Entre estos preventores va colocado el carrito de distribución de lodos.

Este carrito tiene varias salidas que permiten conectar diferentes líneas de tubos o mangueras, una para llevar el lodo al tamiz separador de rípios, otra para rellenar de lodo la perforación mientras se efectúan los cambios de barrena o tubería, otra para bombear más lodo en caso de emergencia para reestablecer el equilibrio de presión, y otros conectados al múltiple de válvulas de control de cateceos, sirve para controlar la presión por medio de la regulación del flujo del lodo.

Las válvulas y estranguladores, pero sobre todo estos últimos son de varios tipos : fijos, regulables o automáticos.

El fluido de perforación y el gas que pasan através del estrangulador van al separador de lodo y gas, que recupera el lodo, devolviendolo al sistema y descarga el gas inflamable a una distancia prudente de la instalación.

Después y através del ensamble de preventores, se corre la tubería de revestimiento o casing. En la última fase se instala el colgador pasendolo también através del ensamble de preventores. Este colgador soporta inicialmente el peso completo de la tubería y servirá también para sellar el espacio anular entre el casing y tubería de ademe.

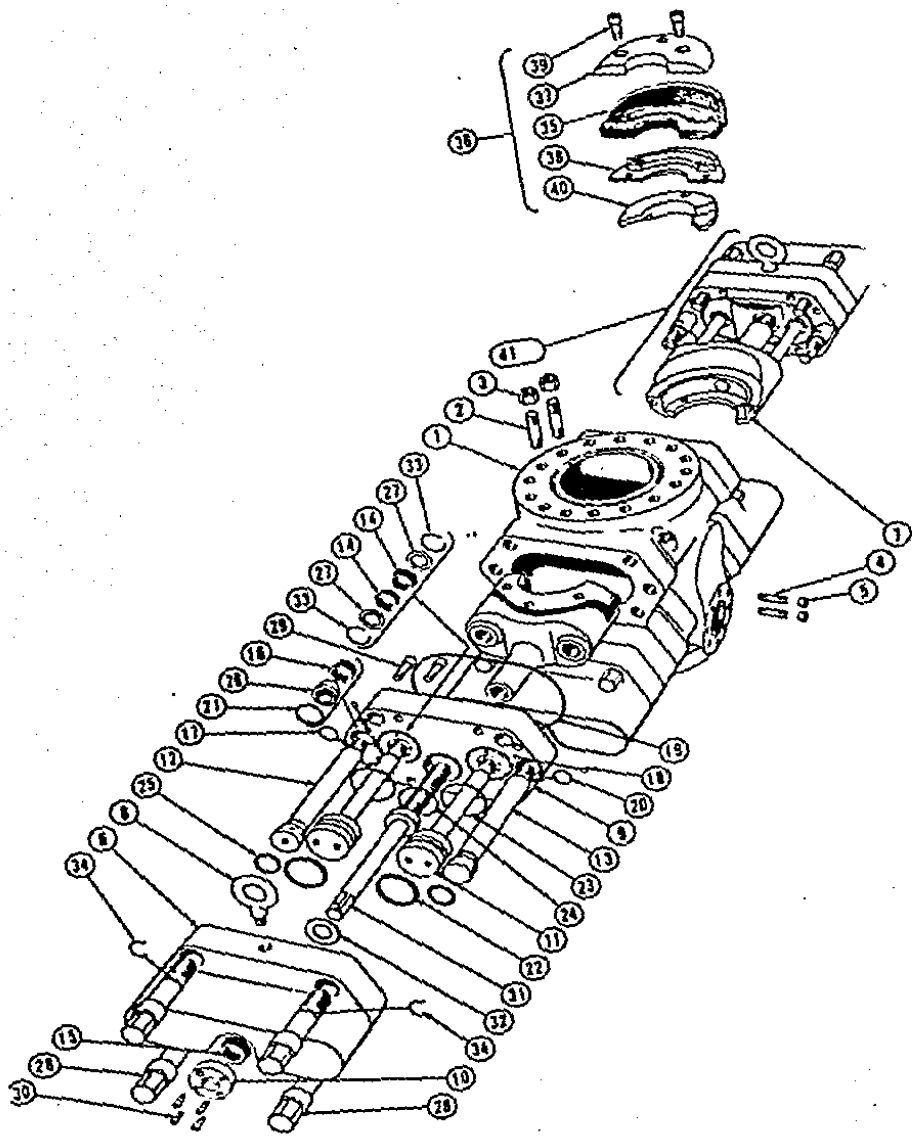
Los preventores se conocen también como válvulas de seguridad contra reventones, estas válvulas tienen la función de estrangular la tubería en caso de una sobrepresión en la fase de perforación, evitando que entre un pozo en descontrol.

Los preventores se colocan encima de los cabezales y se instala un arreglo en cada fase de perforación, estos arreglos pueden ser : sencillos, o multiples, y son operados por medio de un sistema hidráulico, aunque también se utilizan operadores neumáticos y mecánicos.

#### Partes.

- 1.- Cuerpo.
- 2.- Pernos ( brida superior e inferior ).
- 3.- Tuercas.
- 4.- Pernos ( brida de descarga ).
- 5.- Tuercas ( brida de descarga ).
- 6.- Bonete.
- 7.- Porta arietes.
- 8.- Armella de alzar.





- 9.- Brida intermedia.
- 10.- Sello prensaestopas.
- 11.- Embolo impulsor del ariete.
- 12.- Embolo de reemplazo ( abrir ).
- 13.- Embolo de reemplazo ( cerrar ).
- 14.- Aro sellante del vástago.
- 15.- Aro sellante del tornillo trabajador.
- 16.- Aro del vástago del embolo de reemplazo.
- 17.- Aro del vástago del embolo de reemplazo ( abrir ).
- 18.- Aro de la brida intermedia.
- 19.- Aro de la brida intermedia en el ariete.
- 20.- Aro del vástago del embolo ( cerrar ).
- 21.- Aro de la brida intermedia al bonete.
- 22.- Aro sellante del embolo impulsor.
- 23.- Aro de la brida intermedia en los cilindros del embolo impulsor de ariete.
- 24.- Aro de la brida intermedia al bonete en el rebajo del porta ariete.
- 25.- Aro sellante del embolo.
- 26.- Aro del tope del embolo de reemplazo.
- 27.- Aro retenedor del vástago del embolo impulsor.
- 28.- Tornillo de cabeza agujerada.
- 29.- Tornillo de cabeza de la brida intermedia.
- 30.- Prensaestopas del tornillo trabajador.
- 31.- Tornillo trabajador.
- 32.- Arandela de empuje del tornillo trabajador.
- 33.- Alambre retenedor del sello del embolo impulsor del ariete.
- 34.- Alambre retenedor del tornillo de cabeza.
- 36.- Juego de arietos.

### 5.3 Actuadores.

Los actuadores proporcionan un cierre de aislamiento para las válvulas de compuerta, colocadas en Arboles de Navidad, líneas de carga, distribuidores y colectores de línea.

Los actuadores funcionan como un pistón vertical hidráulico o neumático, con regreso por resorte y actuando la presión en el lado superior, de tal manera que cuando baja la presión, el resorte obliga a subir la compuerta, cerrándose automáticamente la válvula.

Un sistema de pilotos detecta las variaciones de presión que se tenga en la línea que se desea controlar, evitando señales de cierre o apertura al actuador, quien a su vez acciona la compuerta de la válvula.

Las señales de cierre o apertura serán de acuerdo con el rango ajustado en los propios pilotos.

#### Cierre en caso de falla.

La válvula cierra automáticamente en el caso de que los pilotos pierdan presión o fallen los sellos. Tanto la operación de cierre como la apertura son totalmente automáticas y controladas a través del sistema de pilotos.

#### Sistema de pilotos.

El actuador puede adaptarse a sistemas de control con pilotos automáticos, eléctricos, o electrónicos. El sistema de pilotos puede ser programado para reapertura automática o manual según se desee.

## Versatilidad.

Los actuadores pueden usarse en válvulas maestras, válvulas de ala, de Arboles de Navidad o en cualquier punto en que se requiera una protección de cierre automático seguro o de alivio.

## Operación.

### Apertura automática.

Al inyectar presión a través del sistema de pilotos, el émbolo del actuador se desplaza hacia abajo, llevando a la compuerta a su posición abierta.

### Cierre automático.

Al escapar la presión del actuador a través del sistema de pilotos, la presión del cuerpo de la válvula actuando sobre la superficie del eje, genera la fuerza necesaria para subir la compuerta eje-pistón-volante, y cerrar la válvula.

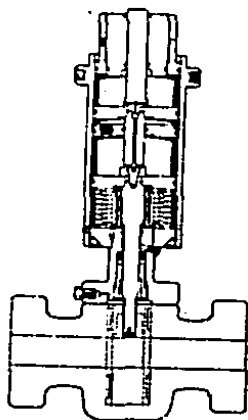
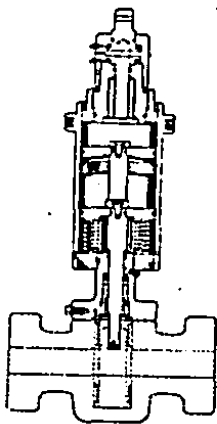
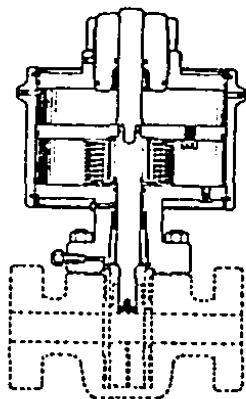
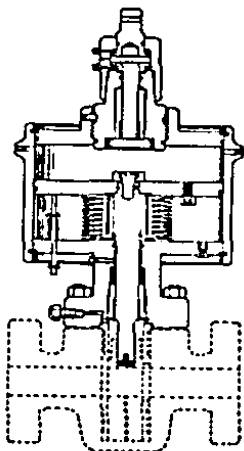
En ausencia de presión en el cuerpo, el resorte colocado atrás del pistón, ejercerá la fuerza para subir el sistema, y cerrar la válvula.

### Apertura mecánica - operación manual.

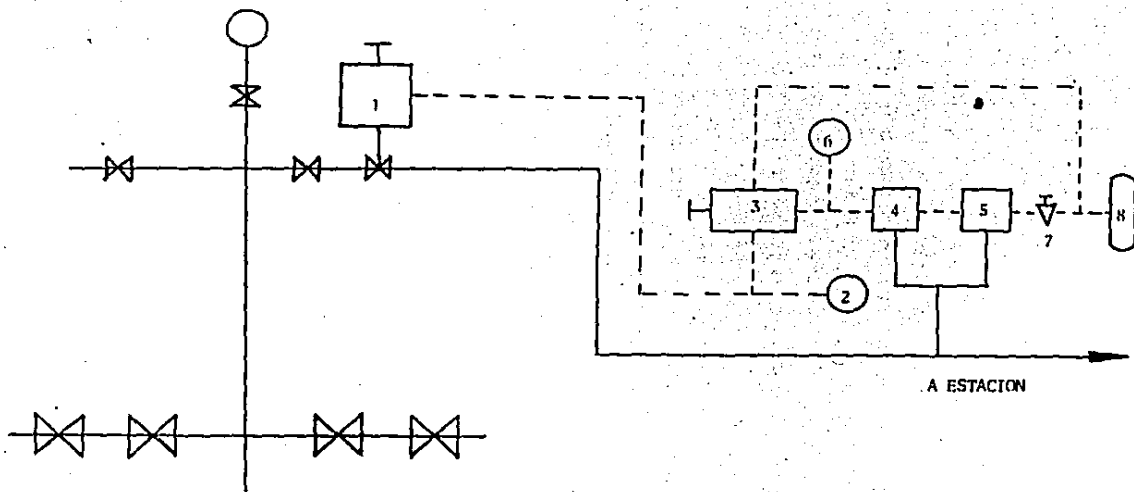
Girando el volante en sentido contrario a las manecillas del reloj, se obtendrá la apertura manual de la válvula. La compuerta y el vástago están totalmente balanceados por lo que la presión del cuerpo no impide que la compuerta suba.

### Cierre mecánico - operación manual.

El cierre de la compuerta se logra girando el volante en el sentido de las manecillas del reloj.



INSTALACION USUAL EN ARBOLES DE NAVIDAD



- 1.- Actuador
- 2.- Manometro que indica la presión que se inyecta al actuador (250 PSI Máximo)
- 3.- Piloto de desfogue ruidoso
- 4.- Piloto de baja presión calibrado (1000 PSI)

- 5.- Piloto de alta presión calibrado (2500 PSI)
- 6.- Manometro que indica la presión de señal de los pilotos (20-60 PSI)
- 7.- Regulador calibrado (250 PSI máxima entrada) (100 PSI máxima salida)
- 8.- Tanque de presión externa para señal de pilotos y presión del actuador. (Nitrogeno a 125 PSI)

#### 5.4 Mantenimiento.

Los Arboles de Navidad requieren mantenimiento únicamente en las válvulas ya que son éstas las que están en contacto permanente con el fluido a manejar.

Las válvulas de compuerta de expansión no requieren lubricación, por lo tanto, no es necesario inyectar sellantes o lubricantes para conseguir un sello efectivo. Sin embargo para prevenir la corrosión o en los casos en que la válvula este sometida a trabajos excesivos, es recomendable lubricarla periódicamente, con objeto de prolongar su funcionamiento y vida útil.

Para llevar a cabo las labores de lubricación y mantenimiento se requieren las siguientes herramientas :

- Pistola inyectora de grasa, con adaptador y cople.
- Herramienta de seguridad para desfogar de presión.

#### Operaciones típicas de mantenimiento.

##### Lubricación de los rodamientos del vástago.

Los rodamientos se lubrican através de una grasa que se encuentra en el fondo y es del tipo alemita de 1/P".

Se recomienda para efectuar la lubricación grasa de alta calidad de grado No. 3, los rodamientos del vástago no requieren normalmente grandes cantidades de grasa.

Para efectuar cualquier otro trabajo en los rodamientos, la válvula debe estar fuera de servicio, o asegurarse que no existe presión en la línea

##### Lubricación del cuerpo.

Las válvulas requieren lubricación en el cuerpo cuando se hace difícil su operación, o cuando éstas han sido usadas con fluidos corrosivos.

Para este propósito cada válvula cuenta con dos graseras de seguridad con balín de retención, localizadas en la parte inferior y superior del cuerpo de la válvula.

Generalmente se recomienda utilizar grasa del grado No. 3 ó 4.

Es importante tener cuidado a fin de no utilizar grasa soluble al producto que fluye por la línea donde se encuentra instalada la válvula.

La cantidad adecuada para la lubricación del cuerpo de la válvula es aproximadamente una libra de grasa por pulgada de abertura de paso de la misma.

#### Lubricación interna de los asientos.

Las válvulas de compresión de expansión y vástago de balance para 10000 PSI de presión de trabajo y mayor, están diseñadas para permitir la lubricación de los asientos. Esta lubricación se provee como medida de emergencia, para sellar la válvula en caso de que los asientos o la compuerta hayan sido dañados o rayados por algún cuerpo extraño.

La lubricación de los asientos también permite mayor facilidad de operación, especialmente si la válvula ha permanecido cerrada por largos períodos de tiempo.

Durante el proceso de lubricación de asiento, la compuerta debe permanecer completamente abierta o cerrada.

#### Empaque del vástago.

El empaque plástico se agrega a la caja de empaque a través del alimentador de empaque localizado en el bonete de la válvula, para energizar el sello alrededor del vástago y con esto evitar fugas del fluido a través del mismo.

El tipo de empaques se selecciona dependiendo de la temperatura y servicio a que estará sometida la válvula. 110



## Alimentador de empaque.

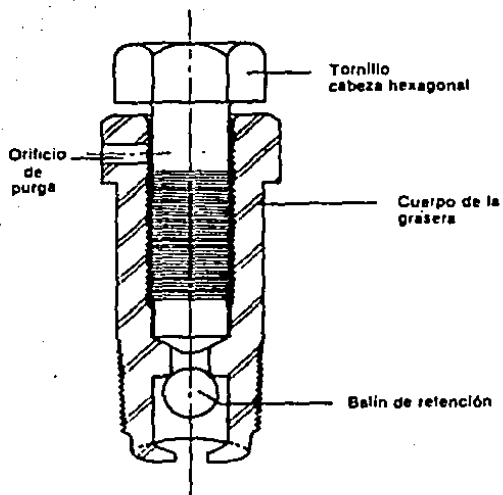
Los alimentadores de empaque utilizados en las válvulas de compuerta de expansión son de 1/2" X 14 NPT conexión de rosca estándar. Este alimentador está equipado con balin de retención de seguridad, el cual permite la inserción de empaque plástico sin necesidad de adaptadores o herramientas especiales, ( figura 1C ).

## Purga y drenaje.

La mayor parte de los fluidos que se manejan, contienen cierta cantidad de agua, costra de oxidación, sedimentos, y materiales extraños, los cuales tienden a acumularse dentro del cuerpo de la válvula. Un programa de drenaje periódico, prolongaría la vida de la válvula y evitará que ocurran daños causados por :

- 1.- La congelación del agua en la cavidad del cuerpo.
- 2.- La acumulación de materiales extraños en la parte interna inferior del cuerpo de la válvula lo que podría impedir que la válvula cierre totalmente, originando un sello deficiente.
- 3.- Sedimentos o materias extrañas alojadas dentro del cuerpo de la válvula, pueden quedar atrapadas entre las superficies de sello de la compuerta y asiento, lo que a la vez puede rayarlos o dañarlos.

FIGURA 10



Grasera alimentadora de empaque.

## Programa de drenado y venteo.

Es recomendable que las válvulas sean drenadas después de las siguientes operaciones :

- a) Después de que el pozo ha empezado a producir y de que éste ha sido limpiado.
- b) Después de una operación de desplazamiento de lodo.
- c) Después de la operación de cementación.
- d) Cuando la válvula se vuelva dura de operar y no abra, o no cierre totalmente al girar el volante el número requerido de vueltas.
- e) Cuando la válvula se vuelva dura de operar, estando completamente abierta o cerrada por congelación o por presión atrapada en el cuerpo.

## Presión atrapada.

Es la condición que puede existir en una válvula de compuerta de tipo expansión de doble sello cuando la presión en el cuerpo exceda sustancialmente a la presión en la línea, esto ocurre solamente cuando la válvula está completamente abierta o cerrada y es una indicación positiva de que las superficies de sello de la compuerta y sellos se encuentran en perfectas condiciones.

## Congelación.

Es la condición que se da por una restricción en el flujo o por una presión diferencial cuando hay gas a alta presión, produciéndose temperaturas sumamente bajas. Dichas restricciones o presiones diferenciales pueden resultar por la acción reguladora de la válvula, por fuga en una válvula cerrada o por la fuga a través del vástago.

Las válvulas que se encuentran en servicio de gas que contienen hidratos, o en servicio de agua dulce y que están expuestas a bajas temperaturas externas, pueden también sufrir congelación. En este caso es aconsejable inyectar alcohol o glicol dentro del cuerpo de la válvula, a través de cualquiera de las graseras de purga del cuerpo.

A continuación se muestran algunos problemas típicos de operación en las válvulas, y la solución a los mismos.

TABLA PARA RESOLVER PROBLEMAS

| PROBLEMA   | CAUSA PROBABLE   | SOLUCION   |
|--|--|--|
| 1. La válvula no abre ni cierra  | Presión encerrada en el cuerpo<br>a. Lubricación deficiente<br>b. Trabazón de los ángulos entre la compuerta y el segmento debido a operación poco frecuente                         | Alivie la presión del cuerpo y opere la válvula.<br>a. Lubrique los asientos y/o el cuerpo y vástago.<br>b. Lubrique el cuerpo y seccione el volante con fuerza en ambas direcciones.  |
| 2. Difícil de operar   | a. Congelación debido a flujo restringido, hidratos o bajas temperaturas<br>b. Acumulación de lodo, arena u otro cuerpo extraño en el cuerpo<br>c. Asientos salidos de sus cavidades | a. Drene el cuerpo y/o aplique calor al mismo<br>b. Veanse las instrucciones sobre purga y drenaje.<br>c. Abra fuerte la válvula para expandir la compuerta y forzar los asientos dentro de sus cavidades  |
| 3. El volante gira libremente pero la compuerta no se mueve                | Vástago roto o traslocado  | Llamar al representante  |
| 4. Diámetro de la válvula restringido                                      | La compuerta no está debidamente alineada con el plano de los asientos   | Abraze la válvula totalmente, sepfíase esto hasta que la compuerta deslice libremente  |
| 5. Operación errática  | a. Candeado roto o mecanismo centralizado roto<br>b. Los baleros necesitan lubricación<br>c. Baleros rotos<br>d. El volante roza sobre el bonete                                     | a. Devuélvase al sitio donde la válvula está dura de operar antes de continuar en esa dirección. Reemplácelos cuando sea práctico.<br>b. Lubrique los baleros<br>c. Reemplícelos si es necesario<br>d. Pala el cubo del volante e instale una arandela plana detrás del volante. |
| 6. Fuga alrededor del anillo de la brida del bonete                        | Anillo en malas condiciones  | Llamar al representante  |
| 7. Fuga alrededor del vástago  | Falta de empaque plástico o retenes flojos   | Agregue varios cartuchos de empaque o apriete los retenes.   |
| 8. La compuerta no sella con los asientos (la presión no desciende a cero) | La válvula no cierra totalmente, la compuerta no expande, los asientos y/o compuerta desgastados o cuerpos extraños en el cuerpo   | Cífrase fuertemente. Lubrique los asientos y/o el cuerpo. Reemplace las partes desgastadas. (Ver instrucciones sobre Purga y Drenaje.)   |
| 9. La compuerta no sella con los asientos                                  | Asientos y compuerta dañados o desgastados   | Reemplace partes desgastadas   |
| 10. Fuga a través de la graserá  | Tapa de la graserá no se encuentra suficientemente apretada  | Apriete la tapa o reemplace la graserá.**  |

\*\*Cuando las graseras se remueven con una llave para tubo, las roscas en donde va la tapa quedan destruidas; por consiguiente, siempre debe tenerse una graserá a mano para substituir la que se va a quitar. La herramienta de desfogue puede emplearse para instalar la nueva graserá.

**C  
A  
P  
I  
T  
U  
L  
O  
  
V  
I**

**ANALISIS  
ECONOMICO**

## CAPITULO VI.

Análisis económico.

Perforación .

Equipo empleado

- 1.- Equipo de perforación.
- 2.- Sistema hidráulico de fluido de perforación.
- 3.- Cementación.

El equipo de perforación consta de :

- Mástil
- Malcate
- Mesa rotatoria
- Polea viajera
- Gancho
- Unión giratoria
- Vástago de perforación
- Barrta de perforación

|   |               |                     |
|---|---------------|---------------------|
| Costo por metro perforado                   | 590.00        | Dólares.            |
| Profundidad perforada                       | 5086.00       | m.                  |
| Costo total de perforación                  | 3'000,740.00  | Dólares.            |
| Costo por metro de lodo                     | 104.88        | Dólares.            |
| Costo total del lodo                        | 533,466.00    | Dólares.            |
| Terminación de pozo<br>( Arbol de Navidad ) | 579,858.00    | Dólares.            |
| Costo total                                 | - Lodo        | 533,466.00          |
|   | - Perforación | 3'000,740.00        |
|   | - Terminación | 579,858.00          |
|   | <b>Total</b>  | <b>4'114,064.00</b> |

NOTA: El costo de perforación incluye tubería y cementación. Los costos estan estimados a precios corrientes de Enero 1988. Estos costos son de perforación en tierra; Para perforación costa afuera ó en plataforma marina, se incrementan a razón del 500%.

Fuente: Petroleum Engineer International.



Producción media por pozo

En tierra 950 Barriles diarios

En mar 4,000 Barriles diarios

Precio del barril en producción primaria

6.00 Dólares

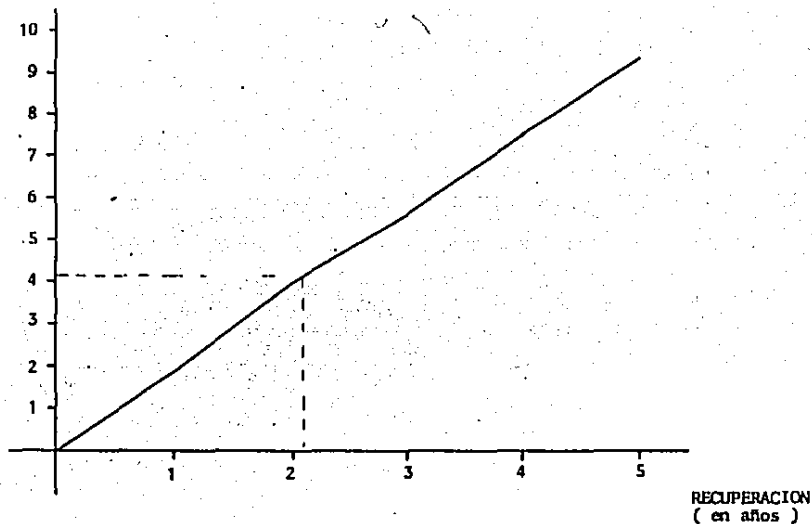
Vida estimada de producción del pozo

15 años

La producción media de crudo por pozo es de 900 Barriles diarios, decreciendo anualmente a razón del 2%, por pérdidas de presión en el yacimiento.

| <u>Tiempo</u><br><u>años</u> | <u>Producción</u><br><u>Barriles</u> | <u>Ingresos</u><br><u>Dólares</u> | <u>Acumulado</u><br><u>Dólares</u> |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1                            | 900                                  | 1'971,000.00                      | 1'971,000.00                       |
| 2                            | 882                                  | 1'931,580.00                      | 3'902,580.00                       |
| 3                            | 863                                  | 1'889,970.00                      | 5'792,550.00                       |
| 4                            | 844                                  | 1'848,360.00                      | 7'640,910.00                       |
| 5                            | 827                                  | 1'811,130.00                      | 9'452,040.00                       |

INVERSION  
(millones de dolares)



INVERSION=4.114 millones de dolares.

TIEMPO DE RECUPERACION DE INVERSION = 2.2 años.

Los Árboles de Navidad utilizados en los pozos petroleros terrestres y marinos, representan una inversión del 4% del presupuesto total para producción primaria de Petróleos Mexicanos, como se muestra en la gráfica de presupuesto para operación.

#### Fabricantes.

En la república Mexicana, existen hasta la fecha tres fabricantes de Árboles de Navidad, que son :

FIP.SA - Fábrica de implementos petroleros.

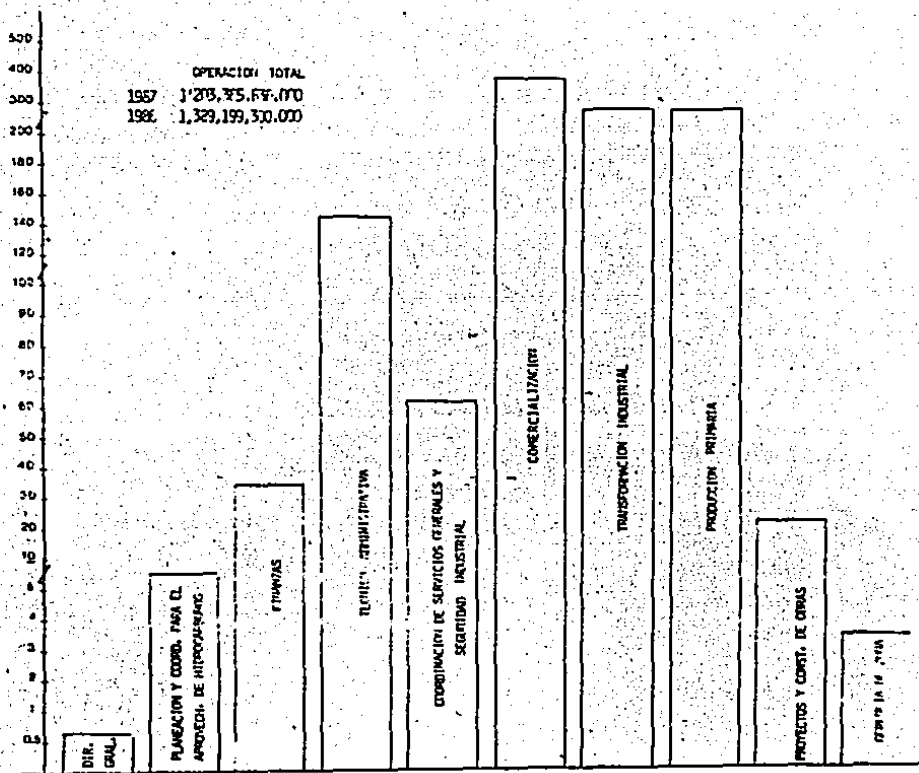
CIN - Cámeron Iron Works de México.

EPN - Equipos Petroleros Nacionales.

Normalmente Petróles Mexicanos hace una distribución entre los tres fabricantes , con el fin de utilizar todo el mercado disponible.

PETROLEOS MEXICANOS  
COMPARATIVO PRESUPUESTO 1986 VS. 1987

OPERACION  
(MILES DE MILLONES DE PESOS)



G. N. P.

FEBRERO, 1987

## Conclusiones.

La finalidad que pretende esta tesis es la de dar a conocer los parámetros necesarios para hacer una selección e instalación adecuada.

Hay que tomar en cuenta que lo más importante en la selección de un Arbol de Navidad es el factor de seguridad que se aplique en la presión de trabajo del Arbol.

Una buena selección de equipo para el control de pozos, cuando a un correcto programa de terminación de pozo, minimiza los riesgos personales y ecológicos por derrames de petróleo tanto en tierra como en el mar.

## BIBLIOGRAFIA

WCM WELLMHAD SYSTEMS

Catálogos.

GULFMO INDUSTRIES

Catálogos.

OIL CENTER TOOL

Catálogos.

EPN GRAY

Catálogos.

SEABOARD WELLMHAD CONTROL INC.

Catálogos.

FABRICA DE IMPLEMENTOS PETROLEROS SA.

Catálogos.

CAMERON IRON WORKS

Catálogos.

CONJUNTO MANUFACTURERO / IDECO

Catálogos.

MEMORIA DE LABORES

Petroleos Mexicanos edición 1987

ANUARIO ESTADISTICO

Petroleos Mexicanos edición 1986

CLASIFICACION AWS DE MATERIALES DE APORTE EN SOLDADURA

Normas de calidad de materiales

Petroleos Mexicanos

Norma 4.120.00 edición 1979

SISTEMAS DE TUBERIAS DE TRANSPORTE DE PETROLEO Y GAS

Normas para construcción

Petroleos Mexicanos

Norma 3.374.08 edición 1979

PRUEBAS INDICE ( Mecánica de suelos )

Normas de control de calidad muestreo y pruebas de materiales

Petroleos Mexicanos

Norma 5.214.01 edición 1979

MANUAL DE DISEÑO Y FABRICACION.

Fábrica de implementos petroleros

Edición 1987.

CURSO DE PERFORACION Y ARBOLES DE NAVIDAD

Grupo Lanzagorta

Edición 1985.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

Sección 6A.

Edición 1985.

EVALUACION DE LA PRODUCCION

Facultad de Ingenieria UNAM

Apuntes.

OIL AND GAS JOURNAL

Revistas.

WORLDWIDE REPORT

Revistas.

PETROLEUM ENGINEER INTERNATIONAL

Revistas

Edición Marzo 1987.