

7.ej. 6



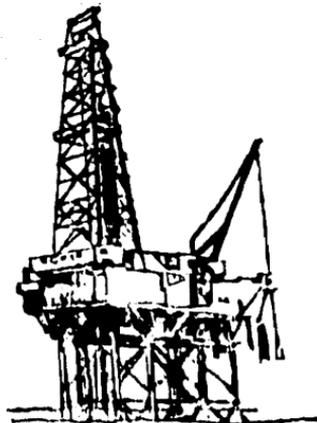
Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

EQUIPOS Y TECNICAS DE PERFORACION MARINA

TRABAJO ESCRITO

Que para obtener el título de
INGENIERO PETROLERO
p r e s e n t a :
ROGELIO ROSENDO RUIZ





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	hoja
I. INTRODUCCION	1
II. GENERALIDADES GEOLOGICAS	4
III. CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS DE PERFORACION MARINA	12
A. Plataformas fijas permanentes	15
1. Plataforma de perforación y producción:.....	19
1.1 Plataforma de acero	24
1.2 Plataforma de gravedad de concreto	27
B. Plataformas fijas temporales.....	32
1. Plataforma tender	33
2. Plataforma sumergible	34
3. Plataforma auto-elevable	38
C. Plataformas flotantes temporales ...	46
1. Plataforma semi-sumergible	46
2. Barco perforador:	54
2.1 Con propulsión:	55
a. Semi-convencional	55
b. Catamarán	58
2.2 Sin propulsión:	60
a. Barcaza	60
IV. LOCALIZACION Y TECNICAS PARA MANTENER EN SU SITIO AL EQUIPO DE PERFORACION MARINA	70
A. Sistema Shorán	70
B. Orientación y desplazamiento a los que está sometida una plataforma flotante de perforación marina	71

C. Movimientos a que está sometido un - barco de perforación marina	74
D. Patrones de anclaje	78
E. Anclajes:	80
1. Amarres múltiples	80
2. Anclas	81
3. Cadena o cable	84
4. Sujeción dinámica	84
 V. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN UN EQUIPO- DE PERFORACION MARINA	 86
A. Equipo especial usado en la perfora- ción marina:	86
1. Guía de la polea viajera	86
2. Amortiguadores	87
3. Conductor marino	88
4. Buje protector	96
5. Junta VETCO (anillo colgador de - T.R.)	96
6. Conjunto de preventores y sus con- troles	97
7. Técnicas de instalación de los -- preventores	100
a. Perforación con los prevento- res en el fondo del mar	101
b. Perforación con los prevento- res en la superficie	102
8. Buzos	103
 VI. TECNICAS DE PERFORACION USADAS EN EQUI- POS DE PERFORACION MARINA	 105
A. En plataformas flotantes	105

B. En plataformas hincadas en el fondo- del mar	121
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134

I. INTRODUCCION.

El problema más grande al que se enfrenta - la industria petrolera en nuestro país y el mundo - entero, es la localización de nuevos mantos petro - líferos; éste problema se torna más agudo si se - considera que los campos que faltan por descubrir - van siendo progresivamente menos, ya que el petró - leo es un recurso no renovable, es decir, no hay - manera de regenerar el aceite que se explota ni - existe la posibilidad para promover la creación de nuevos yacimientos.

La Industria Química en su rápido desenvol - vimiento ha encontrado nuevas aplicaciones a los - derivados del petróleo, motivando con esto la de - manda de hidrocarburos. Este aumento en la demanda, aunado a la necesidad de yacimientos por descubrir, ha obligado a las compañías petroleras a intensifi - car la localización de nuevas estructuras, ya sea perforando pozos a profundidades mayores o bien - aventurándose a buscar nuevas estructuras en luga - res que en algunos años atrás se hubieran conside - rado como áreas en las que no es factible la perfo - ración y/o explotación debido a su inaccesibilidad.

Las compañías fabricantes de unidades para - la explotación de hidrocarburos se han enfrentado - con bastante éxito a la resolución del problema, - se han elaborado equipos nuevos adaptados a las - circunstancias del trabajo que se han presentado.

Uno de estos lugares es el mar. En los últi - mos años, las actividades en el mar han cobrado un gran auge, el cual va siendo mayor a medida que se

resuelven los problemas inherentes a la perforación marina.

La perforación marina es de gran semejanza con la realizada en tierra, variando esencialmente en sus etapas de iniciación y terminación; la variación principal está en el nuevo tipo de equipo, el cual está en plena etapa de evolución, tendiendo a eliminar el empleo de buzos para poder operar a mayores profundidades, así como proporcionar la mayor seguridad posible y facilitar la reparación de los pozos cuando éstos lo ameriten.

En México y particularmente en la Zona Sur, la perforación marina está en pleno desarrollo y promete un futuro muy halagador, debido a que se ha verificado la existencia de hidrocarburos.

Considerando los resultados obtenidos en los últimos pozos, se desprende que la perforación marina en México ha de adquirir un considerable incremento en los próximos años; se ha emprendido un amplio programa exploratorio en el área, para probar nuevas estructuras.

En resumen, en el presente trabajo hace una descripción de los adelantos a los cuales se ha llegado en los últimos años en la búsqueda y explotación de los campos petroleros en zonas cubiertas por agua.

Se analizan aunque en forma general los descubrimientos que se han tenido en el área de Campeche.

Se dedica un capítulo a todo lo relacionado a los métodos de perforación, en lo que se refiere a la selección en sí del tipo de plataforma, tomando en consideración los factores más importantes.

Se hace una descripción de las técnicas que existen actualmente para mantener en la localización a una plataforma flotante o hincada en el fondo del mar. Se analizan las conveniencias e inconveniencias de los anclajes; en este capítulo se expone, aunque en forma breve, el sistema de sujeción dinámica, haciendo notar las características sobresalientes de esta nueva técnica para mantener en la localización un equipo flotante.

También se analizan los dispositivos de seguridad con que cuenta un equipo de perforación marina.

Por último, se describen las dos técnicas de perforación marina que existen actualmente y que se están utilizando en el Golfo de México.

II. GENERALIDADES GEOLOGICAS.

La Plataforma Marina de Campeche, está ubicada en el extremo sur-sureste del Golfo de México, frente a los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán. En esta región Petróleos Mexicanos tiene en desarrollo un programa de exploración que se inició con el uso de métodos geofísicos (sismología, gravimetría y magnetometría), que aportaron datos de carácter estructural, con los cuales se puso de manifiesto la existencia de una extensa plataforma, formada por rocas carbonatadas, carentes de plegamientos que se extienden al oriente de una línea que une el Escarpe de Campeche con Cd. del Carmen.

Esta plataforma está limitada por un talud con pendiente hacia el occidente, en el cual se ha postulado la existencia de arrecifes que podrían constituir buenos receptáculos de petróleo.

Hasta ahora no se tienen pruebas directas de estos cuerpos arrecifales. Inmediatamente al occidente del talud se extiende una franja suavemente plegada, con numerosas estructuras, que se inicia desde el Escarpe de Campeche hasta las cercanías de Cd. del Carmen. Esta franja se conoce con el nombre de Area Chac. Al occidente de ella se extiende el Área Victoria; en ésta hay altos estructurales de grandes dimensiones, generalmente con sus ejes orientados de N-NW a S-SE, limitados en sus extremos por dos grandes fallas de carácter regional, la Falla Macuspana y la Falla Comalcalco; ambas penetran en la Planicie Costera del Golfo, donde limitan a las cuencas de Comalcalco y Macuspana.

En 1972, se realizó un estudio de gravimetría, magnetometría y de sismología de reflexión en la plataforma continental entre el puerto de Frontera y las costas de la Península de Yucatán, cubriendo una extensión superficial del orden de 7 000 km² del que se definieron más de 60 estructuras con posibilidades de acumulación de hidrocarburos y que puede constituir la prolongación hacia el mar de la Cuenca Sedimentaria Cretácica-Jurásica en la que se encuentran los campos productores del área Chiapas-Tabasco. Esta región por sus reservas y su producción, es la de mayor importancia en el país. (figura 1).

A la fecha se han perforado 5 pozos exploratorios que resultaron productores y existen evidencias de hidrocarburos en un pozo más que se encuentra en etapa de perforación. Los campos descubiertos con estos pozos son: Chac, Nohoch, Akal y Bacab.

La perforación exploratoria han tenido como política, por una parte, perforar los pozos que limitan el área para confirmar a corto plazo la existencia de hidrocarburos regionalmente, y por otra parte, evaluar las estructuras centrales productoras para iniciar su explotación en el menor tiempo posible.

La perforación exploratoria se inició en 1974 y a mediados de 1975 se terminó el pozo Chac-1, resultando productor de aceite en una roca del Paleoceno, de la que se obtuvo por prueba de producción un gasto de aceite de 1 000 bbl/día.

La roca productora se encontró a una profundidad del orden de los 3 500 m. Se profundizó hasta las formaciones Jurasícas, que mostraron buenas características, probándose el cuerpo más somero.

En el año de 1977 se terminaron los pozos-- Akal y Bacab situados al noreste del pozo Chac-1, a 6 y 25 km. respectivamente, que también resultaron productores en la misma formación. Su cima se encontró a 1 200 y 3 100 m. de profundidad, lo -- cual implica un desnivel estructural de más de -- 2 000 m.

En el mismo año, se registraron manifestaciones de hidrocarburos a la profundidad de 700 m. en el pozo Abkatún-1, el cual fue taponado por accidente mecánico sin haber alcanzado las formaciones de interés. Este pozo se encuentra a 23 km. al suroeste del pozo Chac-1. Posteriormente se terminaron los pozos Kukulcán, Chilam y Tunich, que resultaron improductivos.

A fin de comprobar la extensión del bloque en que se localiza el pozo Chac-1, se perforó en 1978 el pozo Chac-2 que también resultó productor.

Las estructuras detectadas sismológicamente tienen un promedio extensiones del orden de 50 Km² presentando un gran número de fallas, característica común en el área terrestre del Mesozoico de -- Chiapas-Tabasco, lo que se ha ratificado con la -- sección de los pozos Chac-1, Nohoch y Akal.

Existe la posibilidad de que las rocas Cretácicas y Jurásicas resulten almacenadoras de hi--

drocarburos, ya que en el campo Akal su posición estructural resulta 2 000 m. más elevada que en el campo Chac.

El contacto agua aceite se determinó en el campo Chac a 3 650 m., por lo que el espesor impregnado es de 150 m. y en el campo Nohoch se han atravesado más de 400 m. con evidencia de impregnación. De lo anterior se infiere que puede presentarse el caso de contactos agua aceite diferentes en cada bloque, o bien que se trate de un solo nivel.

El área de 7 000 km² descrita, se extiende hacia el norte donde en una segunda etapa exploratoria de detalle, que cubre más de 40 000 km² se han manifestado condiciones estructurales similares, que hace a esta área siete veces mayor que la correspondiente al Mesozoico terrestre.

El programa de actividad exploratoria a corto plazo comprende la perforación de veinte localizaciones situadas en otras tantas estructuras y la terminación de las que están en perforación.

La política de desarrollo adoptada para el área implica la explotación a corto plazo de los campos descubiertos, por lo que se realizó un programa para iniciar las operaciones a fines del presente año, que contempla la perforación de 92 pozos de desarrollo desde plataformas fijas, 10 de relleno y 26 de avanzada, con equipos auto-elevables.

Los pozos exploratorios marinos productores

perforados hasta ahora, sólo han tenido como objetivo el probar las estructuras definidas por sismología, por lo que en su terminación se procedía a taponarlos definitivamente. Actualmente se encuentran en operación cinco plataformas auto-elevables y se ha programado aprovechar los pozos productores empleando el sistema denominado Mud Line Suspensión, que permite colocar un tapón de abandono temporal submarino, que queda instalado arriba del lecho marino.

Posteriormente y una vez instalada la plataforma fija, se procede a terminar el pozo para incorporarlo a producción.

El desarrollo del área se iniciará en los campos Nohoch y Akal, en los que se instalarán inicialmente diez plataformas fijas de perforación, actualmente en construcción.

Las plataformas fijas son de tubería de acero, de 8 patas y 1 100 toneladas de peso, con una capacidad para 12 pozos. De acuerdo a su localización, se han diseñado para tirantes de agua que varían de 40 a 60 m.

Los pozos de desarrollo se perforarán con espaciamiento de 800 m.; en el área de Akal, donde la formación se encuentra a una profundidad del orden de 1 200 m. se podrán perforar 7 pozos en cada una de las plataformas. Para cubrir las áreas entre plataformas donde éstas no alcancen a perforar, se utilizarán plataformas auto-elevables.

Los pozos de avanzada tendrán como objetivo

delimitar el área productora y obtener información para precisar la posición de las plataformas fijas y prever la necesidad de plataformas adicionales.

Dada la importancia del Golfo de Campeche, - se ha incrementado a partir de 1977 el número de - equipos de perforación, contando a la fecha con - nueve equipos, de los cuales cinco son plataformas auto-elevables, tres barcazas y una plataforma semi-sumergibles.

Esta región del Golfo de Campeche constituye después de la del Mesozoico de Chiapas-Tabasco, la de mayor importancia.

A la fecha los campos productores marinos - descubiertos se encuentran ubicados en cuatro regiones denominadas: Arenque, Faja de Oro Marina, - Santa Ana y Golfo de Campeche, (figura 2).

AREAS PRODUCTORAS

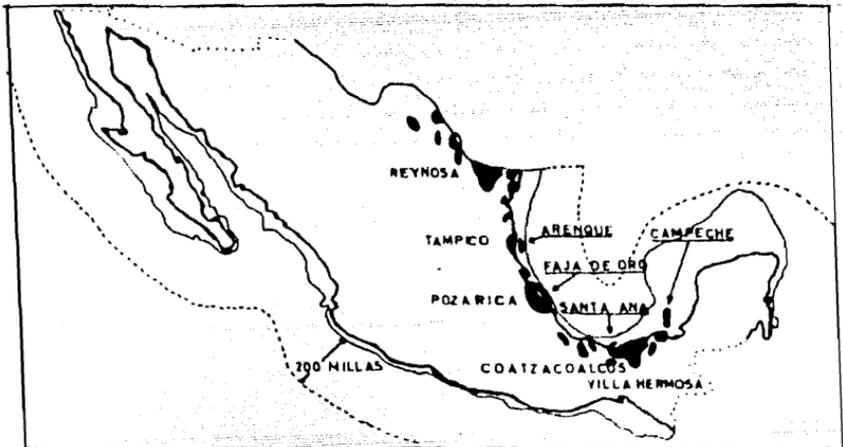


FIGURA 2

III. CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS EN PERFORACION-MARINA.

El aprovechamiento de los yacimientos de petróleo y gas localizados debajo del fondo marino, sigue en lo fundamental, el mismo esquema utilizado en tierra firme.

El primer paso lo dan los geólogos y geofísicos al emprender la búsqueda de los nuevos yacimientos, valiéndose para ello de sus conocimientos de historia natural.

La búsqueda de los yacimientos marinos siguen concentrándose todavía en las plataformas continentales a una profundidad promedio de 200 m. - las cuales prometen dar un gran rendimiento petrolífero.

Desde luego debe tenerse presente que para localizar los yacimientos en el mar, es decir, costafuera requiere de un esfuerzo científico y técnico mucho mayor que el que se exige para las exploraciones y explotaciones en tierra firme, ya que la presencia de agua impide toda observación de afloramientos.

No importa cuán optimistas sean los resultados de las investigaciones de los geólogos; la última palabra en cuanto a la existencia de petróleo en el subsuelo puede dársela únicamente una perforación de prueba. A fin de poder efectuar este tipo de perforación en el mar, se han desarrollado en los últimos años, diferentes tipos de estructuras de soporte para los equipos de perforación. Al - -

igual que para la explotación se han desarrollado estructuras para este tipo de operación. Y que es una tarea larga y costosa, la cual incluye:

- Determinación de los sitios de las plataformas de perforación.
- Determinación del número de perforaciones de producción.
- Determinación de la conveniencia y en su caso, - instalación de plataformas de inyección.
- Instalación de las plataformas y el equipo de perforación.
- Instalación de equipo de proceso, ya sea sobre la misma plataforma de perforación o en plataformas de proceso independientes.
- Determinación del sistema de transporte más adecuado.

Durante estos últimos años se ha intensificado la búsqueda de petróleo y gas en zonas cubiertas por agua, y se han llegado a encontrar grandes campos petroleros marinos, en los cuales se han estado trabajando.

El desarrollo de estos campos queda marcado por características que son peculiares a las condiciones marinas, como las de perforación, producción, transporte, tirante de agua y almacenamiento de aceite y/o gas; y que se encuentran condicionadas por factores como los de ingeniería geológica,

meteorológica, hidrodinámica, mecánica de suelos y corrosión.

La diversidad de los factores antes mencionados afectan radicalmente a los métodos y técnicas de perforación que se siguen para explotar un yacimiento marino. Sin embargo, se han logrado encontrar métodos de perforación adecuados para estos, y que son:

- Perforación direccional desde las orillas.
- Perforación desde unidades flotantes.
- Perforación desde unidades que descansan en el fondo marino.

Así tenemos que, en el inicio de la explotación de un yacimiento, los esfuerzos se limitaron a localizaciones en la orilla, donde los pozos podían ser desviados; esta técnica fue desarrollada en tal grado que varios pozos fueron perforados con un ángulo de desviación bastante grande, dando se el caso en que la tubería de perforación a la profundidad total quedaba a 20° de la horizontal. Por supuesto que este concepto era limitado y servía únicamente para estimular aquellos que dentro de la Industria Petrolera consideraban el desaffo del petróleo bajo el agua demasiado grande para resistirlo.

Después aparecieron las islas artificiales hechas por el hombre y posteriormente muelles, estas islas y muelles eran hechas de madera o acero o desde bancos de arena que iban desde la orilla -

hasta la localización; pero como estos sistemas se veían limitados tanto económicamente como técnicamente, se consideraron como no adecuadas para los campos marinos petroleros.

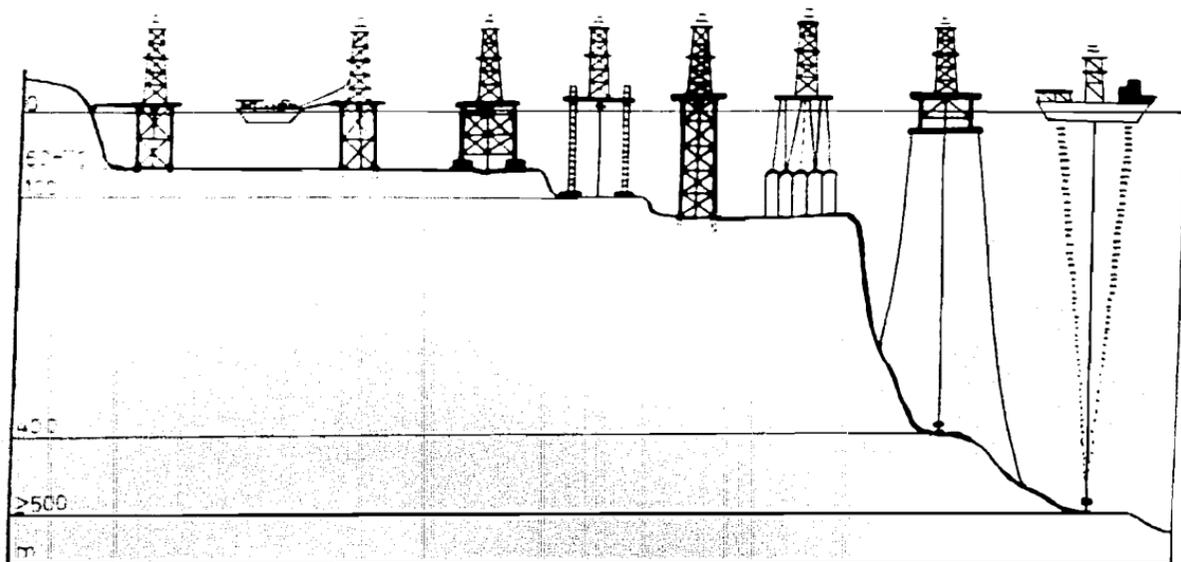
Luego se dio una solución intermedia consistente en la erección de estructuras simples, en las que se apoyaban únicamente la torre de perforación y el malacate, y en las que la instalación del resto del equipo de perforación y la generación de fuerza se efectuaban en un chalán. En seguida se paso al empleo de unidades de perforación flotantes totalmente integradas y a unidades que pueden hincarse en el lecho marino; estas unidades se pueden clasificar de la siguiente manera: (ver figura 3).

A. Plataformas fijas permanentes.

Las plataformas fijas permanentes, se utilizan en lugares donde ya ha sido comprobada la existencia de una estructura petrolífera, pues debido a su alto costo no es conveniente utilizarlas para exploración. Lo dicho anteriormente, se establece que, una vez que las perforaciones preliminares y pruebas de producción demuestran la existencia de un yacimiento económicamente explotable, se usarán las plataformas fijas permanentes.

Para la utilización de dichas plataformas deben considerarse los siguientes puntos:

- Magnitud del yacimiento.



- 1 UNIDAD ESTACIONARIA DE PERFORACION
- 2 UNIDAD TENDER
- 3 UNIDAD SUMERGIBLE
- 4 UNIDAD AUTO-ELEVABLE
- 5 UNIDAD FIJA PERMANENTE DE ACERO
- 6 UNIDAD DE GRAVEDAD DE CONCRETO
- 7 UNIDAD SEMI-SUMERGIBLE
- 8 BARCO PERFORADOR

TIPOS DE INSTALACIONES MARINAS DE PERFORACION Y PRODUCCION

FIGURA 3

Puede darse el caso de que se construya una plataforma para desarrollar determinada estructura y al perforar el área no sea de la magnitud que se esperaba. Para evitar estos errores es aconsejable primeramente perforar desde equipos flotantes para confirmar la extensión de la estructura antes de hacer la inversión en construir una costosa plataforma.

- Localización de la plataforma.

Es factible que al colocar una plataforma, se haga en un lugar inexacto o más lejos del objetivo geológico si se perforan pozos de extensión desde una unidad flotante; no se construirá la plataforma para almacenar la producción, hasta que se haya probado la magnitud del área geológica propuesta.

- Concentración de pozos.

En una plataforma de terminación múltiple se tiene el riesgo inherente de que, si se pierde el control de un pozo, se pone en peligro a los demás, aún más, es posible perder el control de todos los pozos de la plataforma.

En la actualidad la inversión total para la explotación de un campo varía entre 30 000 y 70 000 millones de pesos de acuerdo con el tamaño. En primer término se determinan los sitios en que se colocarán las plataformas de perforación. El costo de una instalación de este tipo es alto; en el Mar del Norte, la instalación de una plataforma de perforación y producción cuesta actualmente al-

rededor de 12 000 millones de pesos. Por lo tanto, es necesario situar la plataforma de tal manera - que desde ella sea posible efectuar el mayor número de perforaciones. La elección del sitio, especialmente cuando se tienen grandes profundidades, - desempeña un papel determinante. El número de las perforaciones de producción depende de la extensión del yacimiento, de su capacidad calculada, de la profundidad del yacimiento y del tirante de - - agua, así como de la naturaleza de la roca sedimentaria que contiene los hidrocarburos.

Una vez instalada la plataforma, las perforaciones son llevadas al manto en forma radial y - divergente. Cada una de las perforaciones tiene su propia cuenca de captación, la que de acuerdo con la localización y tipo del manto llega a tener diá metros de cientos de metros. De una sola plataforma pueden efectuarse hasta 60 perforaciones.

En la plataforma de producción se eliminan el agua y las impurezas y se separan las partes volátiles. Este proceso tiene la finalidad de hacer bombeable el petróleo y además elevar el rendimiento de los medios de transporte. A diferencia de lo que sucede en tierra, estas instalaciones deben - ser montadas en un mínimo de espacio. Su costo de adquisición, junto con el de otros equipos, representa la tercera parte y en ocasiones la mitad del valor de la plataforma de perforación y tratamiento.

El gas obtenido como producto secundario - puede ser regresado al yacimiento, ya sea para mantener la presión o bien para almacenarlo ahí hasta

ser transportado. Hoy en día se ha desistido casi totalmente del antiguo procedimiento de quemar el gas.

A fin de obtener la presión necesaria para mantener la producción y aumentar la recuperación comúnmente se inyecta, a través de pozos hechos ex profeso en la periferia del yacimiento, agua de mar sujeta previamente a tratamiento; esto es, libre de gases y en caso necesario químicamente tratada.

Cuando el transporte del petróleo no puede efectuarse a través de tuberías, es necesario crear en la zona del campo instalaciones de almacenamiento, ya sean de estructuras separadas o bien integradas a la plataforma misma.

De acuerdo con la clasificación de las plataformas fijas permanentes estas se dividen en:

1. Plataforma de perforación y producción:

Los equipos de perforación que en los años veinte de nuestro siglo y que fueron utilizadas en aguas poco profundas, se diferenciaban de las estructuras de madera originales únicamente por el material empleado (acero). El desarrollo técnico de las islas de producción en el sentido actual, principió apenas en los años cuarentas, impulsado por la explotación de los yacimientos en el Golfo de México.

La primera plataforma de producción de esta

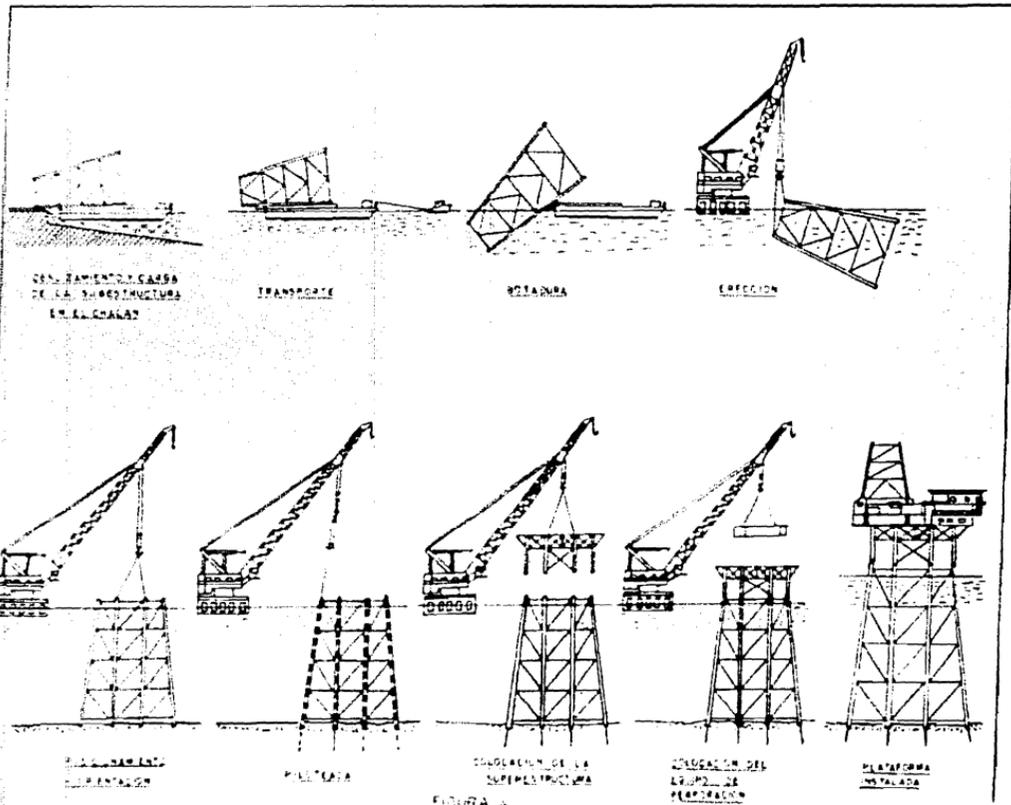
nueva generación fue construida para operar a una profundidad de 6 metros.

Poco después le siguió una segunda con capacidad para operar a 15 metros de profundidad.

El progreso en las profundidades de operación siguió en forma ininterrumpida; en 1955 se construyó para operar a 30 metros, en 1959 para 60 metros, en 1965 para 87 metros y en 1968 para 116 metros de profundidad. Casi todas estas plataformas fueron hechas con estructuras de acero.

En los años 60 principió la producción de gas natural en la porción británica de la parte sur del Mar del Norte a profundidades de alrededor de 50 metros.

A fin de poder aprovechar mejor los periodos relativamente cortos de buen tiempo, se procedió a construir la subestructura en un astillero en tierra, para posteriormente cargarla sobre un chalán, en el cual se transporta hasta el sitio de la instalación y ser ahí botada al mar. Seguidamente era construida la cimentación a base de hincado de pilotes en la forma usual. La cada vez más perfeccionada técnica de prefabricación de partes de la superestructura en tierra, mismas que podían ser llevadas mediante lanchas al sitio de la instalación y ser ahí montadas sobre la estructura de acero, produjo un nuevo acortamiento de los tiempos de instalación. (La figura 4, esquematiza el proceso para la instalación de una plataforma de acero).

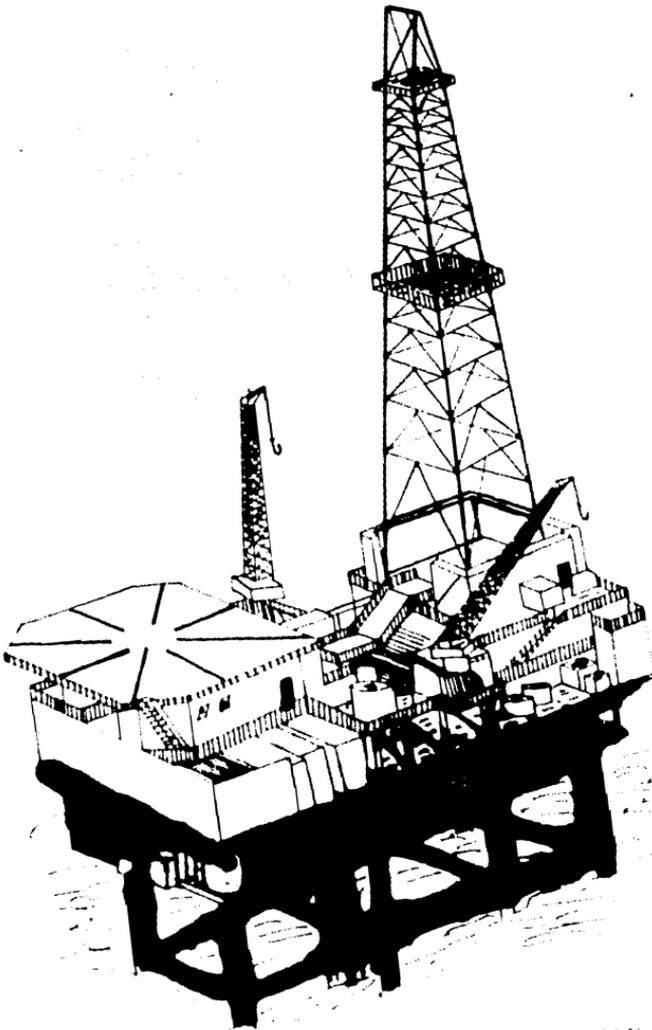


INSTALACION DE UNA PLATAFORMA DE ACERO

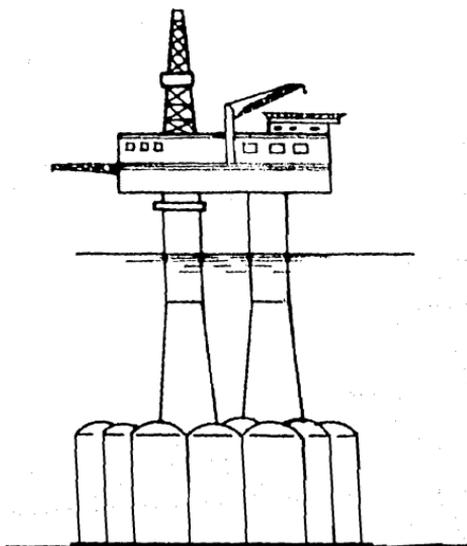
En la actualidad, se tienen dos formas básicas de plataformas fijas permanentes: La plataforma de acero con cimentación a base de pilotes, que se desarrolló a partir de las plataformas de perforación y producción convencionales y la plataforma de gravedad hecha de concreto, de diseño auténticamente nuevo. Se encuentran aún en proyecto las --- construcciones llamadas "HIBRIDAS" o combinadas, - esto es, plataformas que se componen tanto de elementos de acero como de concreto. Con la construcción de éste tipo de plataformas se busca obtener una combinación de las ventajas de los dos tipos - básicos antes mencionados.

La selección del tipo de construcción que - deberá ser empleado, depende principalmente de las características del fondo marino en el sitio. Cuan to menor sea la capacidad de carga del fondo marino y más accidentada su configuración, se recomien da la construcción a base de acero con cimentación de pilotes; en cambio, mientras más plano y sólido sea el fondo marino, es recomendable la plataforma de gravedad de concreto.

Para tirantes de agua hasta de 100 metros, - los costos para ambos tipos son aproximadamente -- iguales. Para profundidades mayores de 100 metros, la plataforma de concreto presenta una ventaja en precio. (Las figuras 5 y 6 muestran una plataforma de acero y una de gravedad de concreto respectivamente).



PLATAFORMA DE PERFORACION Y PRODUCCION DE ACERO
FIGURA 5



TIRANTE DE AGUA 90 A 200 M.

AREA DE CUBIERTA 10000 M²

AREA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO 2.500.000 BRL.

PLATAFORMA DE PERFORACION Y PRODUCCION
DE CONCRETO

FIGURA 6

1.1 Plataforma de acero.

Encima de una estructura de acero o subestructura que es empotrada en el fondo marino mediante pilotes de tubo hincados, descansa la plataforma sobre la que se encuentran todas las instalaciones técnicas, así como los campamentos. (La figura 7 muestra los procesos desde la fabricación hasta la instalación, los cuales se inician con la excavación de un dique seco en las cercanías de la costa, cuyas dimensiones corresponden a las de la subestructura. En este dique seco, se construye el flotador que habrá de transportar la estructura de acero hasta el sitio de operación. Una vez terminado el flotador, se monta la subestructura encima de él).

Después de fijar los tanques adicionales de ascensión y de instalar el sistema de control remoto para inundación y lastrado, se inunda el dique seco, se abren las compuertas, y el flotador junto con la subestructura se remolcan hacia afuera del dique; en seguida comienza el viaje al sitio de instalación. Para ello se requiere de 4 a 6 remolcadores.

En el sitio de instalación se inundan el flotador y los tanques de lastre que se encuentran en los tubos de las esquinas, hasta que la estructura de acero adopta la posición vertical y puede finalmente ser sumergida. Tanto durante esta maniobra, como durante el remolque, la subestructura está en peligro por la marejada. Grandes averías e incluso la ida a pique pueden presentarse en condiciones de borrasca, con lo que se producirá un da-

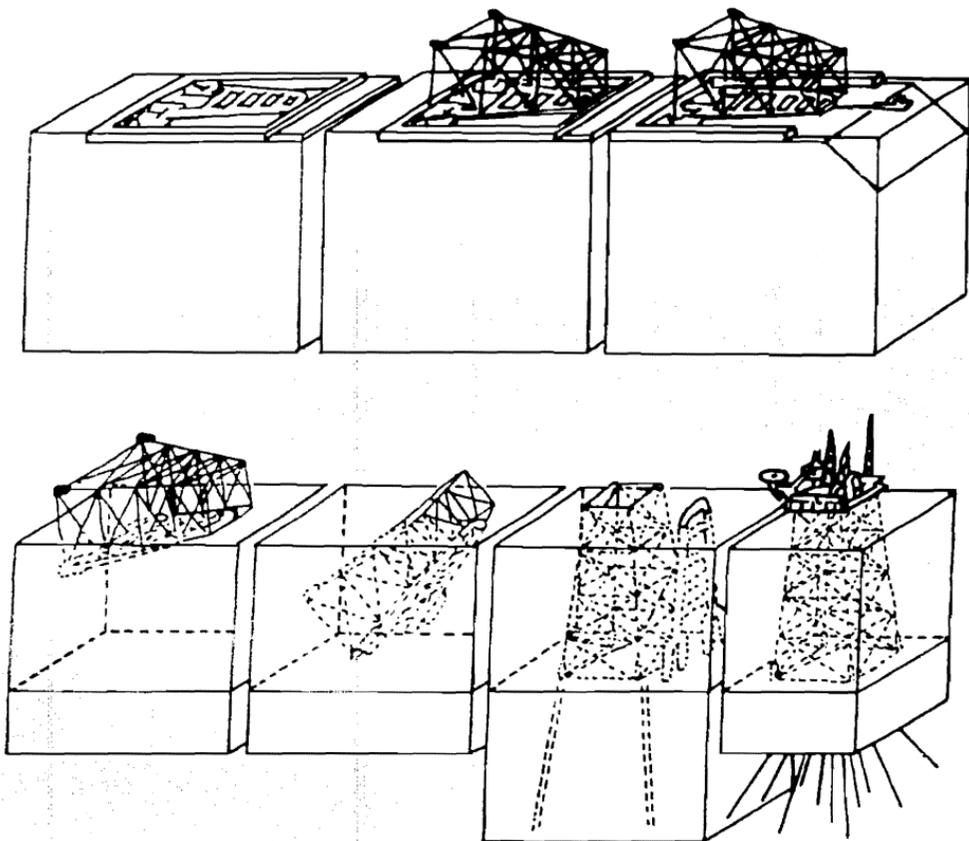


FIGURA 7

FABRICACION, TRANSPORTE E INSTALACION DE UNA PLATAFORMA DE ACERO

ño total.

Una vez lograda la puesta en posición se introducen los pilotes tubulares en las patas de las esquinas de la subestructura. Estos caen hacia abajo debido a su peso propio, los cuales se introducen varios metros dentro del fondo marino. Posteriormente son hincados e inmediatamente después, el flotador se separa de la subestructura y se regresa a la posición horizontal expulsando el agua de lastre y remolcándose nuevamente al astillero para su posterior utilización. La subestructura misma se asegura mediante el hincado de pilotes adicionales. En un caso se utilizaron 44 pilotes que fueron hincados hasta una profundidad de 90 metros dentro del lecho marino. Mediante este procedimiento de anclaje las plataformas de acero resultan adecuadas para casi todo tipo de subsuelo y son por lo tanto bastante independientes de las condiciones del mismo. De esta manera, aún durante la etapa de construcción, puede modificarse el sitio de erección de la plataforma. Dado que su construcción en forma de armadura presenta poca resistencia a la acción del oleaje, las fuerzas que actúan sobre la plataforma (vientos, olas), son relativamente pequeñas. La elasticidad de la construcción presenta una ventaja adicional, aún cuando por otra parte se originan problemas de oscilación difíciles de controlar. Las dificultades técnicas relacionadas con el hincado de los pilotes, ya que éstos son secciones tubulares hasta de 250 metros de longitud con un diámetro exterior de aproximadamente de un metro que deben ser armados a base de piezas aisladas en el sitio de erección, han sido reducidas mediante el desarrollo de equipos adecua

dos. Así por ejemplo, se cuenta actualmente con martinets de vapor con una fuerza de golpeo de 80 toneladas que pueden ser colocados directamente sobre el pilote.

En presencia de arcillas y arenas compactas se utilizan equipos de barrenación para hacer una horadación preliminar introduciendo la tubería a través del pilote. El piloteo es por lo tanto un proceso intenso de equipo y trabajo, que se extiende a lo largo de varias semanas, durante las cuales la estructura, que aún no ha alcanzado su estabilidad total, está expuesta a la acción de los elementos. Una vez terminado estos trabajos puede iniciarse el montaje de las cubiertas, torre de perforación y demás implementos.

Las diferentes piezas por instalar, cuyo peso puede llegar a las 2 000 toneladas, deben transportarse por mar, izadas a la plataforma en el sitio de erección y posteriormente montadas.

Las malas condiciones del tiempo pueden poner en peligro el montaje e incluso impedirlo; asimismo la corrosión de las estructuras de acero, especialmente en las zonas de marea, representa un grave problema y conduce a un aumento importante de los ya de por sí altos costos de mantenimiento.

1.2 Plataforma de gravedad de concreto.

Las plataformas marinas de concreto construidas en Salvador por la Sociedad Petrobras, son las primeras estructuras de este tipo realizadas en Brasil y en todo el continente americano. La tec

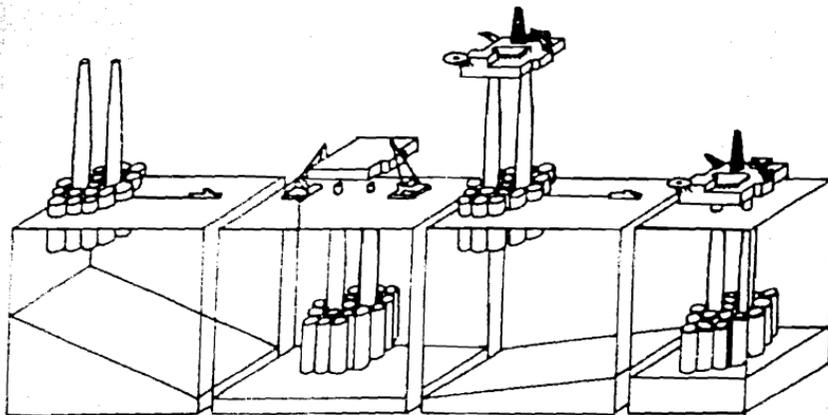
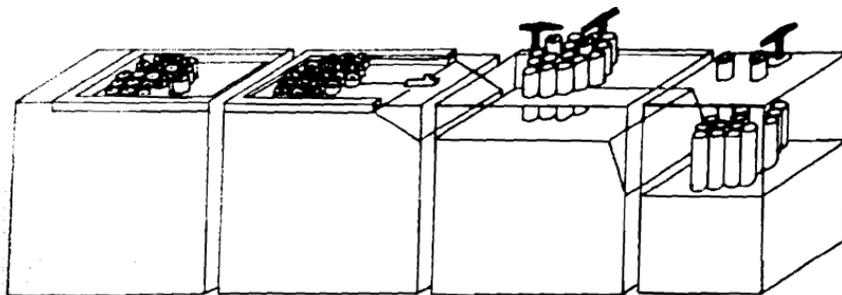
nología de las plataformas marítimas para la búsqueda de petróleo es reciente. Como se sabe, la primera de estas estructuras fue la del yacimiento EKOFISK situado a lo largo de la costa de Noruega en el Mar del Norte. La construcción Estel se decidió en 1969, después del descubrimiento en las aguas Noruegas de un importante campo petrolífero.

Posteriormente, la importancia del descubrimiento de nuevos campos en el Mar del Norte por una parte y por otra, el aumento extraordinario del precio de venta del petróleo crudo producido por los países del Medio Oriente, dieron un gran impulso al desarrollo de estructuras marítimas en diferentes aguas territoriales del Mar del Norte. En esta ocasión, las estructuras de concreto se mostraron más económicas que las de acero, para un mismo tirante de agua, dando además posibilidades de almacenamiento de petróleo crudo.

El enorme peso de estas estructuras es por sí solo suficiente para resistir el ataque de los elementos. Las fuerzas ascendentes producidas por su volumen son reducidas mediante lastrado.

Las plataformas de concreto, de acuerdo con el tipo elegido, se componen de entre 5 hasta 100 celdas cilíndricas o rectangulares. (Esto se puede apreciar en la figura 8).

Con un área de apoyo que por lo general abarca unos $10\ 000\ m^2$, de forma circular o poligonal. La altura de la sección de fondo es de 40 a 60 m. sobre esta base se levantan, como prolongación de las celdas, de 2 a 4 torres cuya sección



FABRICACION TRANSPORTE E INSTALACION DE UNA PLATAFORMA DE GRAVEDAD

FIGURA B

se reduce hacia la punta con alturas de 100 a 140-m., y sobre las cuales descansa la cubierta.

Las tuberías de ascensión se llevan ya sea a través de las torres o por fuera a través de las diferentes celdas.

Las celdas restantes funcionan como tanques de lastre o almacenamiento. Una vez lograda la - - puesta en posición, las celdas deben lastrarse - - constantemente con agua o petróleo, a fin de evitar el flotamiento. La presión hidrostática interior deberá mantenerse siempre por abajo de la presión exterior, a fin de que no pueda fugarse el petróleo. Una estructura de este tipo pesa aproximadamente 300 000 toneladas, de las cuales 20 000 toneladas representan únicamente el acero de refuerzo utilizado para armar el concreto o sea aproximadamente el mismo peso que tendría una subestructura de acero diseñada para operar a la misma profundidad.

Para ilustrar la fabricación, el transporte y la colocación de una plataforma de gravedad de concreto, se dará como ejemplo una unidad de la línea de construcción CONDEEP, tal como se muestra en la figura 8; con un peso total de 160 000 toneladas, altura aproximada de 200 m. y la sección de fondo compuesta de 19 cilindros huecos con diámetro de 25 m. cada uno, dispuestos en forma de hexágono.

Al igual que lo que ocurre en la construcción de una plataforma de acero, los trabajos comienzan en un dique seco. Se empieza por colocar -

el concreto de la sección inferior de las celdas. Una vez que las paredes han alcanzado la altura necesaria para poder flotar, se abren las compuertas. El dique se llena de agua, la sección de fondo se pone a flote y se remolca ha aguas más profundas.

Ahí se continua la construcción. Diez y siete de los 19 cilindros se tapan en la parte superior, una vez que han alcanzado aproximadamente 45 m. de altura. Se forma así una batería de tanques de almacenamiento con una capacidad aproximada de 160 000 m³. Los dos cilindros restantes se prolongan hacia arriba. Estos representan los apoyos para la cubierta de trabajo. Durante el desarrollo de los trabajos, la batería de recipientes se sumerge paulatinamente mediante la introducción de agua y arena de lastra, a fin de evitar tener que trabajar a una altura demasiado grande sobre la superficie del agua.

Una vez que las últimas celdas, que posteriormente habrán de soportar la cubierta de trabajo, han alcanzado la altura prevista, el grupo de fondo se deslastra parcialmente.

La estructura vuelve a flotar y se remolca nuevamente hacia zonas más profundas. Ahí vuelve a sumergirse la batería de recipientes, llenando las diferentes celdas con agua hasta una profundidad tal en que sea posible colocar la cubierta de trabajo. Una vez terminadas estas operaciones se vacía parcialmente la batería de recipientes, de tal forma que sólo emerja del agua la parte superior de la misma.

Entonces toda la unidad es remolcada hasta el sitio en donde se colocará definitivamente. Ahí vuelven a llenarse los recipientes con agua a fin de que la plataforma quede apoyada en el suelo marino.

El suelo en dicha zona deberá ser absolutamente plano y no presentar ninguna depresión o prominencia, ya que de otra manera podrían desarrollarse sobrecargas y esfuerzos locales en la sección del fondo de la plataforma, que a su vez podrían producir fisuras.

La escasez de sitios para la construcción de plataformas de gravedad a base de concreto, que se encuentren en lugares protegidos y que además tengan la profundidad necesaria para la construcción, representa una grave desventaja. Este es el caso en la región costera del Mar del Norte. Precisamente cuando se trata de plataformas de gravedad, la importancia de un corto trayecto entre el sitio de construcción y el de instalación es decisiva, ya que el remolque, que de por sí representa una operación náutica de primer rango, se efectúa a muy baja velocidad, aproximadamente de un km/h. y el peligro de que se vea sorprendido por mal tiempo es sumamente grande.

B. Plataformas fijas temporales.

Las plataformas sentadas en el fondo marino de las de tipo fijas temporales son usadas extensivamente para perforación exploratoria y rara vez en procesos de producción, aunque en la actualidad

se están diseñando unidades de este tipo para operaciones de recuperación secundaria y producción.

Estas unidades pueden tener propulsión propia o ser remolcadas hasta el sitio de la perforación; aunque es poca la diferencia entre unas y otras. Por otra parte, hay una considerable diferencia estructural entre las unidades flotantes y las que van sentadas en el lecho marino.

Estas unidades operan en tirantes de agua limitados debido a su diseño estructural, y tienen la condición de que al perforar desde una de estas unidades debe de tener una sola posición.

Terminado el proceso de perforación en las plataformas fijas temporales se llevan a una nueva localización.

Las plataformas fijas temporales que caen en esta subdivisión se describen a continuación:

1. Plataforma tender.

Esta unidad, es en realidad una combinación de una plataforma fija con una instalación flotante. Este diseño se hizo buscando una solución para desarrollar un método de perforación más económico, y fueron construidas por el año de 1960.

La plataforma sólo contiene la torre de perforación, el malacate con sus motores, y otros accesorios pequeños que se utilizan en el proceso de perforación. El resto del equipo se encuentra en -

una embarcación que contiene bombas y tanques de lodo, compartimientos de almacenaje y de habitación, plataforma para tubería de perforación y revestimiento, plantas generadoras, etc. Esta embarcación se conecta a través de tuberías, mangueras, escaleras, monorrieles, etc., con la plataforma que descansa en el fondo marino y que a su vez se fija por medio de un sistema de anclaje.

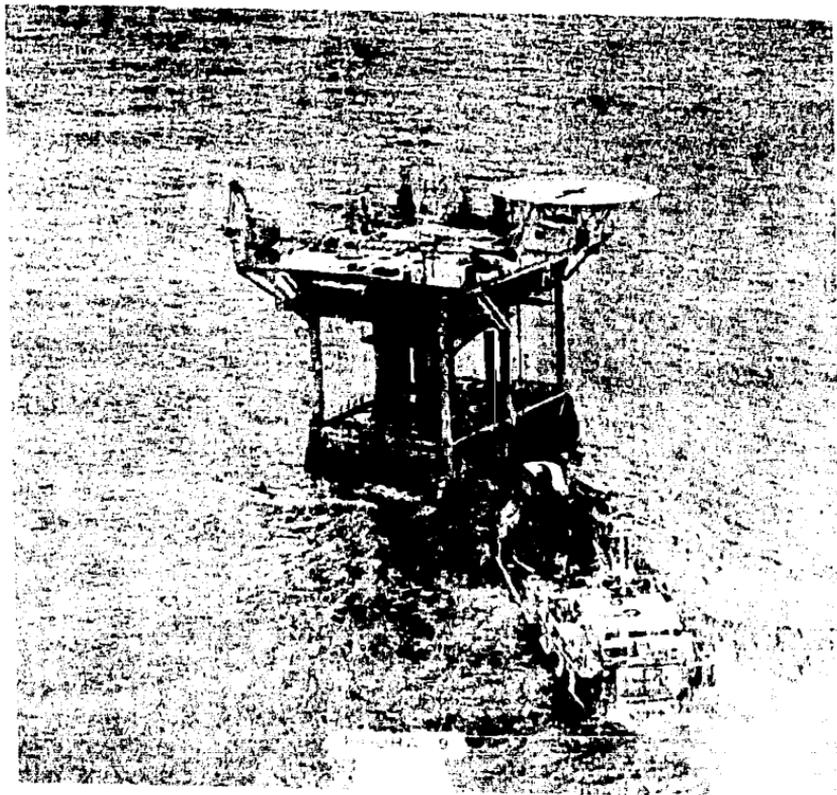
Cuando la perforación del pozo ha sido llevada a cabo, es decir terminado el pozo, el equipo de perforación sobre la plataforma se remueve, para así poder poner el equipo necesario de producción y extraer el petróleo hacia la superficie y controlar su flujo, mientras que la embarcación se lleva a una nueva localización de trabajo, donde se encontrará su nueva plataforma. (Ver figura 9)

Este tipo de unidades trabajan en tirantes de agua de 20 a 70 m. El principal inconveniente que se encuentra a este tipo de unidad combinada es que con el mal tiempo, el barco golpea a la plataforma, por lo cual esta unidad es solamente conveniente en lugares donde las aguas son tranquilas.

2. Plataforma sumergible.

La primera unidad lastrable de perforación fue construida en el año de 1949. Podía operar en aguas con una profundidad de 10 m.

En este tipo de construcción, la plataforma que sostiene la torre y el equipo de perforación, descansa sobre un pontón o cualesquiera otro ele-

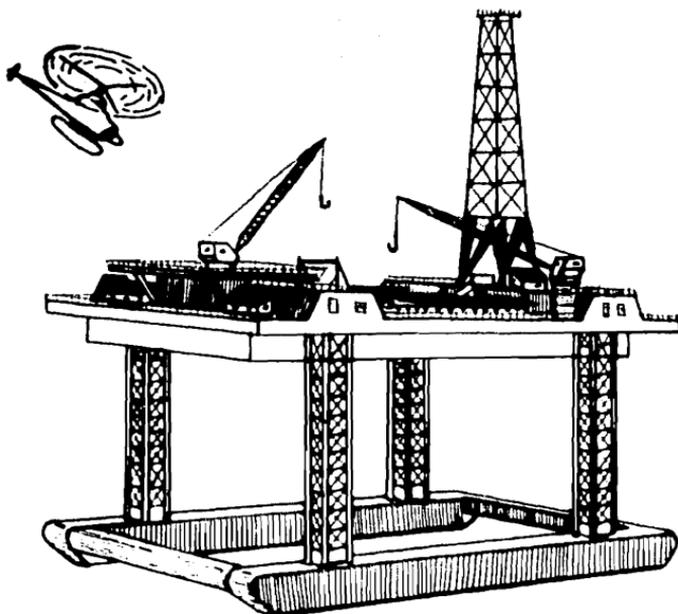


mento flotante que se lastran, es decir, se llenan los compartimientos con agua de mar; así, esta unidad se hunde hasta quedar firmemente sentada sobre el fondo del mar, encima del sitio en que se va a efectuar la perforación. De esta manera se crean condiciones de trabajo semejantes a las que se tienen en tierra, esto es, la unidad no altera su posición con respecto al pozo por efecto del oleaje.

Una vez terminados los trabajos, la plata--forma se pone a flote evacuando el agua del lastre, con lo que puede ser trasladada a otro sitio de trabajo. Debido a que la mayoría de las unidades totalmente sumergibles solamente pueden trabajar a profundidades de 3 hasta 25 m., se han desarrollado nuevas formas de construcción adecuadas para perforar a profundidades mayores. Sin embargo, todavía se encuentran en operación 21 de estas unidades construidas entre 1949 y 1963. La mayor de ellas, La Rig 54 de la Transworld, puede a diferencia de las otras unidades sumergibles, operar a profundidades de hasta 50 m. y efectuar perforaciones de hasta 7 000 m. de profundidad. Fue construída en el año de 1963 y opera actualmente en el Golfo de México.

El número de pontones varía de acuerdo al diseño y lugar donde va a operar. (Ver figura 10).

Las unidades totalmente sumergibles han demostrado ser adecuadas para su utilización en aguas someras y especialmente, en zonas lacustres o pantanosas. Sin embargo, muestran aspectos des--ventajosos en cuanto a problemas de estabilidad durante el transporte y, además, porque las erosio--



PLATAFORMA SUMERGIBLE

FIGURA 10

nes en el lecho marino producen daños en los puntos de apoyo de los flotadores.

No obstante, comparadas con los otros equipos, estas unidades registran menor cantidad de daños y tiene un funcionamiento económico en la perforación.

3. Plataforma auto-elevable.

La unidad móvil auto-elevable es un tipo de instalación cuya utilización se encuentra muy extendida; las primeras fueron construidas en 1954.- Las construcciones originales se han modificado - apreciablemente a fin de que puedan operar a profundidades mayores y bajo condiciones más difíciles de trabajo.

Hoy en día, de las instalaciones móviles de perforación el mayor número corresponde a las unidades auto-elevables. La plataforma, sobre la que se encuentra montada la torre de perforación, se construye en forma de balsa; su geometría es muy variable, y tiene varias cubiertas, dispuestas una encima de otra; donde se instalan todo el equipo de perforación necesario, así como la planta de fuerza, almacenes, cuartos, etc.

Las patas sobre las que se apoya la unidad, y cuyo número puede ser de 3 a 12, están dispuestas en su perímetro. Estas patas están hechas a base de cilindros huecos o armaduras de acero. Su longitud depende de la profundidad de operación prevista.

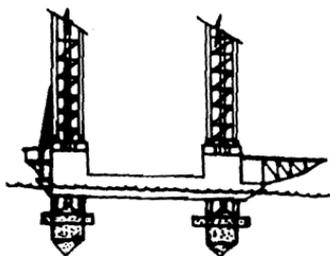
Cuando la unidad se encuentra sobre el punto de operación, las patas se bajan al fondo marino mediante acción mecánica o hidráulica. Inmediatamente después, la plataforma se levanta sobre las patas hasta una altura razonable y suficiente sobre el nivel del mar para que el oleaje no pueda alcanzar la estructura, tal como se puede ver en la figura 11.

Las unidades auto-elevables trabajan actualmente a profundidades de alrededor de 100 m. Sin embargo, se está tratando de adaptarlas para que puedan operar a profundidades mayores. Aquí, el diseño de las patas cobra mucho mayor importancia ya que, cuanto mayor sea su longitud, tanto mayor será el costo de construcción.

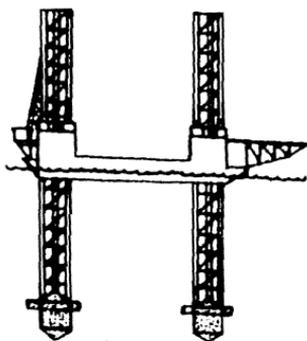
Una vez que la unidad auto-elevable ha sido apoyada, puede operarse con bastante independencia de las condiciones climatológicas que imperan en el sitio, como es el caso de las unidades totalmente sumergibles, y emplean prácticamente la misma técnica de perforación que en tierra firme. No se tienen, como en el caso de las unidades semi-sumergibles, barcazas y de los barcos de perforación, los problemas de desplazamiento y estabilización.

El cabezal del pozo y el preventor pueden instalarse directamente por debajo de la plataforma (contrapozo o piso de preventores). Con esto, se reduce el peligro de contaminación del agua y aumenta la seguridad en la perforación.

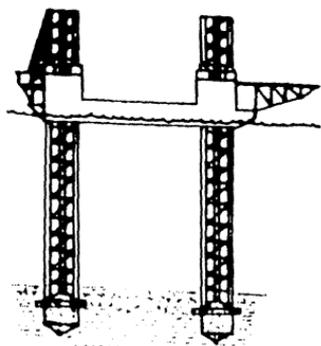
Dado que las unidades auto-elevables combinan la movilidad con las ventajas de operación de



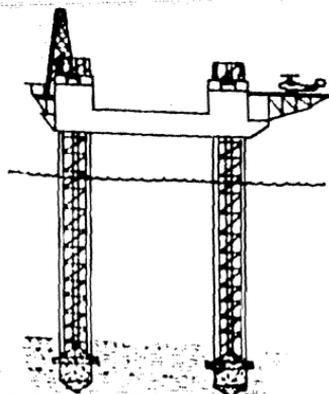
TRASPORTE



DESCENSO DE LAS PATAS



HINCADO



ELEVACION DEL CASCO

FIGURA 11

las estructuras fijas de acero, se procura emplear las siempre que las condiciones del fondo marino lo permitan.

Su desventaja es su vulnerabilidad durante el remolque e instalación. La mayor parte de los daños y pérdidas totales se originan cuando las plataformas se encuentran levantadas y sobresalen de la superficie del mar.

También se tienen grandes peligros cuando se presentan descontroles de gas y petróleo.

Es deseable trabajar desde una plataforma fija e inmovilizada de esta clase, pero su remolque es una operación muy delicada, que requiere un mar tranquilo y generalmente una reducción de peso variable. Estas unidades que varían en diseño requieren de las técnicas de estabilidad en función de la superficie que ofrecen a la sección de las corrientes submarinas y del oleaje, y fundamentalmente de la mecánica de los suelos que forman las capas superficiales del fondo del mar.

En México, se tienen operando plataformas auto-elevables en el Golfo de México, en la zona de Cd. del Carmen Campeche; y son las siguientes: Maya-dan, Azteca, Mayo, Yaqui y la Interocean II. Con capacidad de perforación de 7 622 m. (25 000'), y tirante de agua máximo de 91 m. (300').

Para tener una idea de los componentes de una plataforma auto-elevable, se describen a continuación las características generales de la plataforma Interocean II:

Mástil: Continental EMSCO, con 45 m. (147') de altura, 9 m. (30') de ancho y 9 m. (30') de largo y con capacidad de 700 toneladas.

Subestructura: Continental EMSCO, con 9 m. (30') - de longitud, 14 m. (45') de ancho y 5 m. (16') de largo.

Malacate: Continental EMSCO C-2, con tambor de disco para cable de 1 3/8", de dos motores EMD-79, modelo El Magco 7'838, con freno auxiliar, con potencia de 1 300 HP.

Mesa rotatoria: Continental EMSCO T-3 750, de - - 37 1/2", de dos velocidades de transmisión con motor D-79.

Cable: De 1 3/8".

Potencia.

Maquina principal: Cuatro motores marinos, modelo D-399.

Unidades S.R.C.: Cuatro unidades S.R.C. de 1 200 - Amp. de C.D., con mecanismo de control o dispositivo de distribución.

Generadores de C.A.: Cuatro generadores sencillos que aguantan hasta 1 050 K.W., modelo KATO.

Motores para perforación de C.D.: Siete motores modelo D-79 y dos motores modelo G.E-752, para el sistema de levante.

Motor auxiliar: Un generador modelo CAT, D-399, -
con 1 050 K.W.

Equipo del mástil de perforación.

Polea fija (corona): Continental EMSCO RA-60-7, pa
ra 650 toneladas, de capacidad y disco para cable-
de 1 3/8".

Polea viajera: Continental EMSCO RA-60-6, con dis-
co para cable de 1 3/8" y capacidad de 650 tonela-
das.

Gancho: BJ-5 500, Dinaplex; con capacidad de 550 -
toneladas.

Swivel: Continental EMSCO LB-650.

Bombas de lodo: Dos bombas Continental EMSCO FA- -
1 600, de 7 1/2" X 12" triplex, cada una con motor
D-79 de C.D., modelo EMD.

Bombas mezcladoras de lodo: Dos Misión de 6" X 8",
con motores de 125 HP.

Tubería de perforación: De 5".... 3 860 m. - - -
(12 000') grado E.

De 5".... 1 830 m. - - -
(6 000') grado G.

Desarenador: Dos desarenadores DEMCO, modelo 85.

Desgasificador: Un desgasificador DEMCO, modelo -
SWACO vertical.

Desarcillador: Un desarcillador DEMCO, modelo - - 410-H.

Criba vibratoria: Una zaranda doble y sencilla modelo Brandt.

Equipo B.O.P.

Unidad de acumuladores: Un acumulador Koomey - - T-30 240-35/C.A/62, de 3.000 lb/pg², con control maestro y control remoto.

Preventores: Un Cameron, tipo U, de 13 5/8" doble, y un Cameron, tipo U de 13 5/8" simple de 10.000 - 1b/pg². Un Hydrill de 13 5/8" de 5.000 lb/pg², y un Hydril de 20" de 2.000 lb/pg².

Cubierta de la plataforma y equipo.

Longitud total: 55 m. (179').

Ancho total: 45 m. (150').

Profundidad del casco: 6 m. (20').

Cubierta del heliopuerto: 24 m. X 24 m. (80' X - - 80').

Clase base: A.B.S. + A1, unidad perforadora con elevación por sí misma, con carga internacional de línea distribuida.

Patas: Cuatro patas, en forma triangular de enrejado tubular, con longitud de 125 m. (410'), con diámetro al centro de la base de 7 m. (22').

Patas transportables: Tres de 15 m. (48') de sección, con conectores del tipo de pernos.

Gufa de perforación: 13 m. (43') de ancho, 7 m. (24') de largo más 8 m. (26') de soporte.

Presas de lodo: Cuatro presas de lodo de 10 m. X 2 m. X 6 m. (32' X 7' X 21'), de aproximadamente 425 brl. cada una.

Silos: Seis silos de 35 m³ (1 230 pies³); depósitos para resvalarlos con aire; tanques horizontales.

Capacidad de almacenaje: 600 sacos, aproximadamente 40 toneladas de material.

Líquidos almacenados: Diesel.... 3 650 brl.; agua de perforación 3 600 brl.; agua potable.... 1 150 brl.

Carga variable.

Capacidad: 2 400 toneladas aproximadamente.

Unidad destiladora: Dos unidades Stewart and Stevenson, modelo FWG-5 de 27 m³/dfa. (300 g.p.h.).

Grúas: Dos grúas HSMC, montadas en pedestales, trabajan con diesel y con capacidad de potencia de 50 toneladas, con 24 m. (80') de cable.

Sistema de gatos: Tipo electrohidráulico, seis cilindros por pata; la capacidad de cada cilindro es de 685 toneladas, medido a 3 600 lb/pg²; la capaci

dad total nominal de los gatos es de 4 110 toneladas por pata. Capacidad de carga muerta resistente es de 7 200 toneladas por pata. Velocidad de los gatos es de 18 m/h. (60 pies/h.). Con control manual o control central semiautomático.

Sistema de anclaje.

Winches: Dos con tambor sencillo con 305 m. - - - (1 000'), de cable de 1 1/2" cada uno. Uno con doble tambor de 427 m. (1 400') de cable de 1 1/2" - cada tambor.

Anclas: Cuatro anclas de 4 540 kg. (10 000 lb.) cada una.

Cuartos: con aire acondicionado para 88 personas.

C. Plataformas flotantes temporales.

Estas unidades generalmente se utilizan en trabajos de exploración y operan en tirantes de agua más grandes, por lo cual tienen una gran demanda en el proceso de perforación. Estas unidades son las siguientes:

1. Plataforma semi-sumergible.

Durante los últimos años ha sido éste el tipo favorito de construcción para ser operado en condiciones especialmente adversas. El objetivo que se persiguió en el diseño de las unidades semi-sumergibles fue el de reducir a un mínimo posible

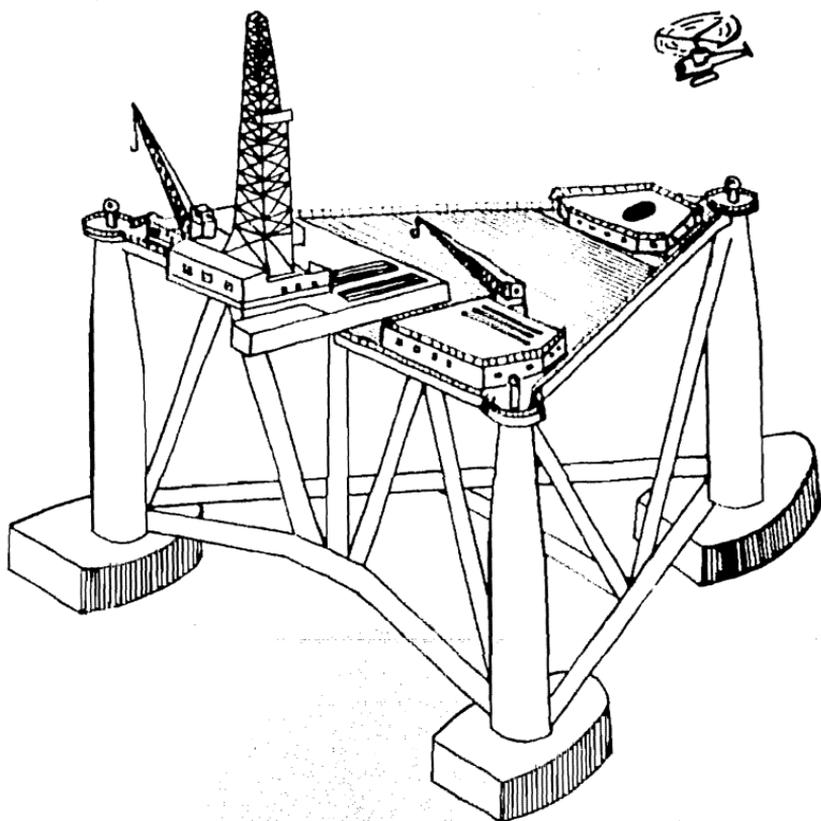
los efectos de oleaje en los trabajos de perforación, debido a estar localizada la mayor área de ataque debajo de la superficie del agua, o más bien, debajo del efecto del oleaje. Se puede decir que como resultado de una intensa investigación - efectuada en los últimos años para efectos de perforación marina, se considera que las plataformas de tipo semi-sumergible son las más adecuadas por presentar un mayor equilibrio entre costo, seguridad y operación. Actualmente gozan de gran demanda estas unidades, especialmente las grandes, de 30 000 hasta 50 000 toneladas.

La plataforma o área de trabajo, cuya configuración geométrica puede ser rectangular, triangular, o de otra forma, está soportada por columnas ligadas a grandes cámaras de flotación submarinas horizontales o están montadas en grandes pontones verticales o en una combinación de ambas. (Ver figura 12).

Las columnas son huecas y su longitud varía entre 30 y 45 metros. En la superficie de la plataforma se tiene el equipo de perforación al igual que las habitaciones para el personal y demás servicios.

El resto de las instalaciones se encuentra repartido en varias cubiertas de la plataforma.

Cuando la unidad se encuentra localizada en el lugar de trabajo, los flotadores se estabilizan a una profundidad de entre 15 y 25 metros inundando los tanques de lastre y quedando la plataforma a una altura conveniente sobre el nivel del mar. -



PLATAFORMA SEMI-SUMERGIBLE

FIGURA 12

De esta manera los flotadores se mantienen en una zona relativamente tranquila y que no está sujeta a los efectos del oleaje en la superficie. En seguida se procede a anclar la unidad para evitar que se salga del punto donde se va a perforar.

Para movilizar esta unidad a una nueva localización, se le descargan los tanques de lastre y se desancla, para flotarla y remolcarla a una nueva localización.

Las grandes unidades semi-sumergibles pueden trabajar aún en presencia de olas de hasta 10 m. de altura.

Al ser operadas en el Mar del Norte pudieron, en algunos casos, reducir a un 5% las interrupciones por el mal tiempo.

Existe pues una tendencia a emplear cada vez más unidades semi-sumergibles en zonas con peligro de mal tiempo, ya sea para el tendido de tuberías, como grúas flotantes, ó bien como plataformas de perforación y producción. Las unidades flotantes modernas se encuentran equipadas con motores diesel-eléctricos para su auto-propulsión haciéndose innecesario su remolque. En posición emergida la unidad alcanza una velocidad de crucero superior a 15 km/m.

La operación de las unidades semi-sumergibles de perforación requiere, en comparación con las plataformas de perforación fijas, una técnica de perforación diferente y más complicada porque el cabezal del pozo y el preventor deben ser ins-

talados en el fondo del mar, ya que la larga tubería conductora no podría soportar las grandes presiones que eventualmente provinieran del yacimiento. Asimismo, su suspensión deberá ser muy flexible y a base de conexiones universales (conductor marino), a fin de poder absorber los inevitables cambios de posición entre el pozo y la plataforma de perforación. Especialmente por lo que se refiere a movimientos verticales, la tubería de perforación y de revestimiento deberán ser capaces de absorber desplazamientos en dicha dirección para compensar los movimientos de la plataforma.

En la actualidad, las unidades semi-sumergibles siguen siendo modificadas en lo que se refiere a diseño y tipo de anclaje que se requiere para mantenerlas en su localización.

En México se cuenta con una de estas unidades, que opera en el Golfo de México, en la zona de Cd. del Carmen, Campeche.

La plataforma semi-sumergible es la SEDCO - 135, y sus características generales son:

Constructora: El SEDCO 135, fue construido en los Astilleros de Ingalls en Pascagoula, Miss.

Diseñadores: El equipo SEDCO 135, fue diseñado por Friede y Golman, Arquitectos Navales de Nueva Orleans.

Criterios de diseño: La unidad fue diseñada originalmente a soportar huracanes y olas combinadas con el viento en el Golfo de México. La unidad fue construida bajo la supervisión de la American Bu--

operar hasta en tirantes máximos de 183 m. (600').

El sistema de anclaje consta de 9 anclas - LWT de 13 620 kg. (30 000 lb.) cada una.

Cada pata tiene 3 anclas, y la capacidad de cada ancla es de 54 480 kg. (120 000 lb.).

El lastrado y deslastrado es controlado desde el cuarto de control de la embarcación, localizado abajo de la columna de nivel maestra.

Todas las válvulas son activadas a control remoto por válvulas neumáticas. Son 4 tanques de lastre en cada zapata y cada tanque tiene un compartimiento individual por medio del cual se puede tomar agua de mar. Cada columna tiene tres tanques interconectados por válvulas; el inferior más abajo de la columna está conectado a cada tanque de la zapata por una válvula.

La descarga del lastre se acciona por bombas localizadas en cada uno de los tanques de la zapata.

El deslastrado de los tanques es por gravedad hacia los tanques de lastre de la zapata y de ahí al mar por medio de bombas.

Durante la operación de perforación, los tanques de lastre de la columna deben estar vacíos y deberán llenarse cuando las operaciones se hacen con las zapatas sentadas en el fondo marino.

Las cargas de los materiales, combustibles-

y pesos muertos sobre el piso de la plataforma se limita ha 1 500 toneladas; ésto incluye tuberías - de perforación, de ademe, líquidos, materiales químicos, refacciones, accesorios como preventores, - agua potable y otros líquidos almacenados en general, los cuales no son considerados permanentes.

Dentro de las 1 500 toneladas, limite de - carga de la cubierta, debe de considerarse un factor de seguridad razonable, como sigue:

- Fuerza estructural de la unidad.
- Peligro de volcadura, cuando los vientos excedan de los 100 km., asociados a la manejada fuerte.
- Volcadura por causa de accidentes en la zapata - o compartimientos.

Sobre la cubierta principal se encuentran-- tres edificios de dos pisos. El área habitacional- está equipada con aire acondicionado y calefacción, y acomoda hasta 65 personas; incluye cocina, comedor, oficinas y cuarto de recreo. El techo de este edificio sirve de heliopuerto.

También en la cubierta principal se encuentra localizado la unidad de cementación, la unidad de registros de producción y la unidad de registros geofísicos.

El edificio de lodos de perforación esta dividido en dos secciones, uno para las bombas de lodo y centrífugas y el otro para almacenar materiales químicos. En el cuarto de bombas están instala

dos dos bombas Oil-Well 1 700-P, duplex y cuatro -
presas de lodo con capacidad total de 1 600 brl., -
la capacidad de almacenaje de materiales químicom-
es de 5 000 sacos. El equipo para tratar el lodo -
está localizado en este edificio e incluye agita-
dor, desarenador y desarcillador.

El cuarto de máquinas contiene los motores-
principales; tres GM-S-12-W, CD. cada uno acciona-
do por motor diesel de 1 500 BHP, de 12 cilindros;
dos GM-S-12-W, CA. accionado por motor diesel de -
1 500 BHP, de 12 cilindros.

Dentro de este cuarto, se encuentra el ta-
blero de control principal, la bodega de la unidad
y las áreas de aseo de mecánicos, electricistas y
soldadores.

El piso de perforación está situado a 6 m.-
(20') de altura sobre la cubierta principal y el -
piso de los preventores a 9 m. (29') abajo de la -
misma.

2. Barco perforador:

Los primeros barcos de perforación resulta-
ron de la adaptación de buques mercantes de casco
plano de la marina de guerra de los Estados Unidos.
A pesar de que su gran superficie de contacto con-
el agua hacía ha estos buques mercantes sumamente-
sensibles al oleaje, resultaban aprovechables y ba-
ratos en su adquisición.

Este tipo de unidades se caracteriza porque

pueden trabajar en aguas más profundas que cualquier otra unidad. Se pueden dividir en:

2.1 Con propulsión:

a. Semi-convencional.

Con su casco tipo barco convencional, tienen el mástil armado a la mitad del mismo y las operaciones de perforación se llevan a cabo por una abertura circular, comúnmente llamada contrapozo a través del casco.

Los barcos convencionales navegan por el mar acarreando carga o pasajeros de un lugar a otro sobre rutas prefijadas y con un programa de salidas y llegadas. El barco perforador no sigue éste patrón; a menudo permanecen anclados por meses en una localización y raramente visitan puertos, y si lo hacen es para alguna reparación o resguardarse del mal tiempo.

El barco perforador tiene los mismos riesgos de los vientos, corrientes y tormentas, y raramente tiene flexibilidad de un barco convencional para esquivarlos. A estos inconvenientes, hay que sumarle los riesgos usuales de cualquier equipo de perforación, respecto a una posible explosión.

Los barcos perforadores tienen propulsión propia por lo cual pueden movilizarse fácilmente de una localización a otra, y están construidos bajo lineamientos tradicionales de barcos de carga y pasaje. Pero hoy en día están diseñados y construi

dos con el objeto exclusivo de servir como barco - perforador y son capaces de viajar de un lugar a otro sin asistencia de remolcadores. (Ver figura - 13).

Su anclaje puede lograrse por medio de anclas o sujeción dinámica.

Con respecto a las unidades de perforación - descritas anteriormente, presentan la ventaja de - naves que pueden soportar el más fuerte oleaje.

De acuerdo con informaciones coincidentes de los aseguradores de transporte, los barcos de perforación gozan del más bajo porcentaje de daños to tales entre todas las instalaciones de perforación móviles.

La mayor desventaja del barco de perforación sigue siendo su inmediata reacción ante el viento y el oleaje, a pesar de que se introdujo un sistema de anclaje que permite al barco colocarse en el ángulo más favorable con respecto al viento y al oleaje, es decir, rotar alrededor del eje de barrenación. Y aún así no le es posible efectuar trabajos de perforación en presencia de las olas con alturas superiores a 4 ó 5 metros, porque no ha sido posible reducir apreciablemente los desplazamientos verticales del barco.

Este problema pudo eliminarse mediante el desarrollo del sistema, actualmente casi perfecto, de sujeción dinámica, que permite eliminar totalmente el anclaje pero que aún resulta excesivamente caro.

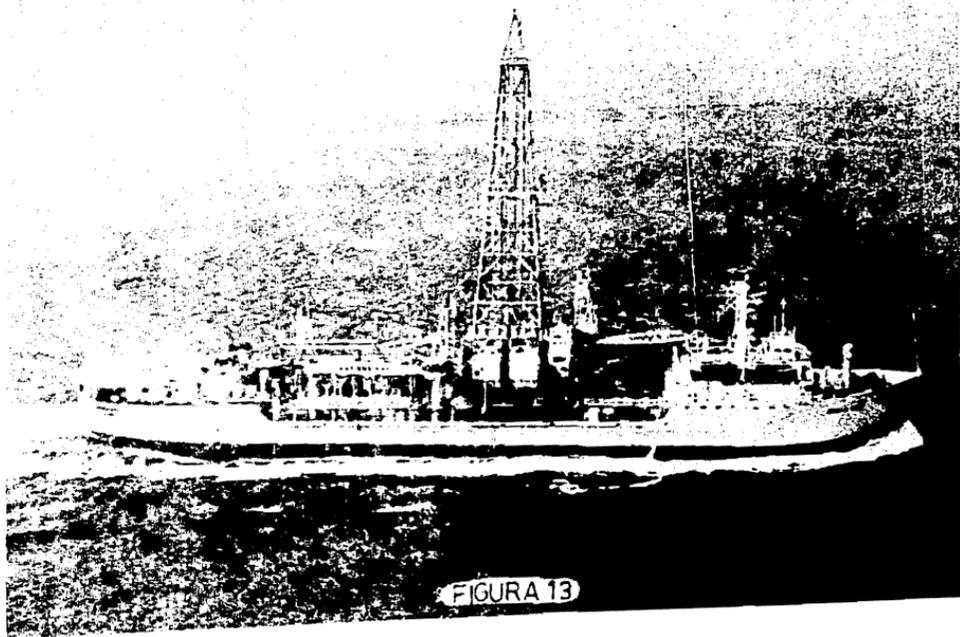


FIGURA 13

Los barcos perforadores pueden operar en ti rantes de agua de más de 100 metros, tienen capaci dad para perforar a 6 000 m. y disponen de aloja-- miento para 60 personas; tal es el caso del barco-- perforador DANWOOD ICE, que está perforando en la-- Bahía de Sebastián Vizcaino, en Baja California.

b. Catamarán.

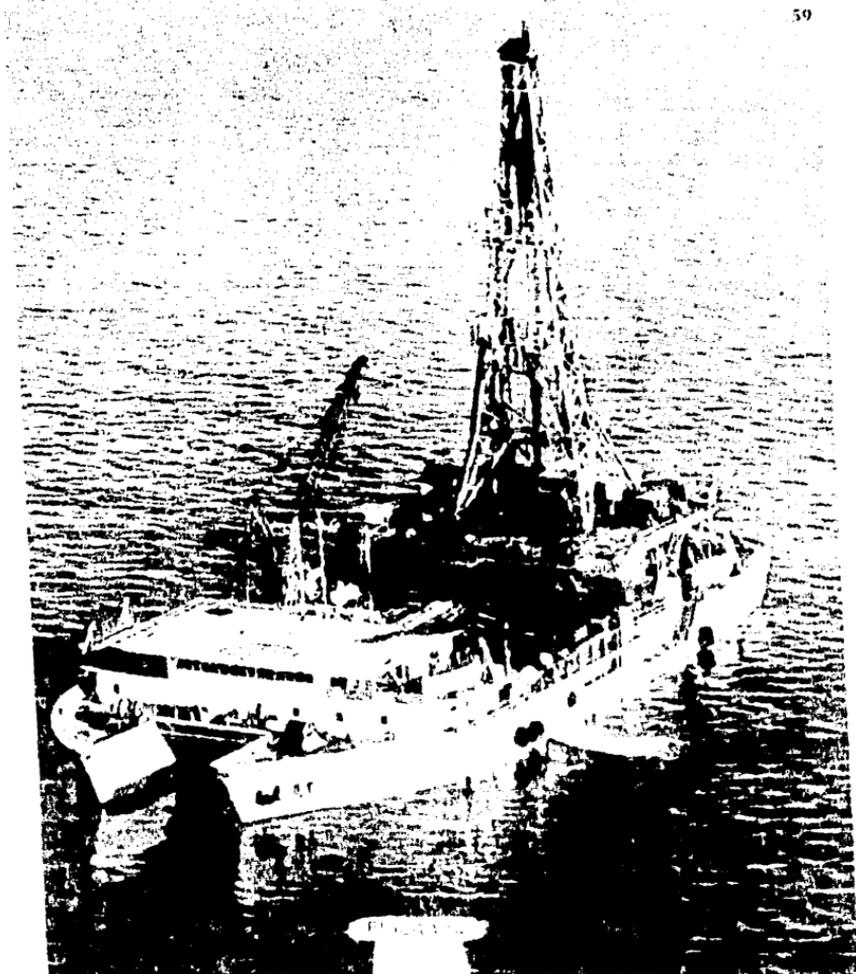
Esta unidad es el resultado del deseo de - conseguir mayor estabilidad en el proceso de perfo ración, teniendo la ventaja de un barco cuyo tipo-- de casco sea propicio al movimiento.

Este tipo de unidad fue construido, uniendo dos barcos de tipo convencional; dando como resul-- tado una unidad de cascos gemelos con propulsión - propia, por lo que no necesita remolcarse. (Ver fi gura 14).

El catamarán es una unidad que en operacio-- nes de trabajo posee una estabilidad y equilibrio-- favorable, pero aún así en condiciones de mal tiem po pueden interrumpirse las operaciones de perfora ción y por consiguiente se tienen tiempos perdidos.

El proceso de perforación se lleva a cabo - entre los dos cascos, colocando la torre de perfo ración sobre los rieles que unen a los dos barcos.

Al igual que la unidad semi-sumergible y el barco de perforación, los cabezales y el preventor se localizan sobre el lecho marino; para reducir - los movimientos tanto verticales como horizontales



que pueda tener está unidad lleva colocado un conductor marino, que es la unión de enlace entre la unidad flotante y el fondo del mar.

Esta unidad desde luego necesita también de elementos especializados para mantenerse sobre la localización y éstos van desde sistemas variados - de anclaje a sistemas de tipo de fuerza de borda, - los cuales están reposicionando a la unidad cuando ésta se ha salido de su sitio por la acción de los vientos, las corrientes o el oleaje.

En general son fáciles de lastrar y su gran capacidad de carga los independiza de frecuentes - abastecimientos.

2.2 Sin propulsión:

a. Barcaza.

Desde el nacimiento de la Industria Petrolera costa fuera, los Ingenieros Petroleros han juzgado sus problemas de acuerdo con los principales factores que son; el tirante de agua y la distancia a la más cercana zona de abastecimiento. Se llegó a reconocer anteriormente que las operaciones en aguas de profundidades moderadas, variando entre 6 y 20 m. eran las más prácticas; no obstante, a medida que hubo necesidad de perforar en - - aguas más profundas, fué necesario construir es - - tructuras móviles que pudieran sentarse en el fondo marino o desarrollar técnicas apropiadas al diseño y construcción de nuevos equipos flotantes, - creándose las barcazas.

Estas generalmente tienen el fondo plano y la estructura del mástil localizada sobre una abertura circular (contrapozo) en el centro o a un lado (estribor) del casco. Son estables y difieren del barco perforador, por no tener propulsión propia, por lo cual deben ser remolcadas entre localizaciones, pero su cambio de sitio no es tan fácil debido a su fondo plano. (Ver figura 15).

Hay barcos tradicionales que frecuentemente son convertidos a barcazas; pero hay barcazas que han sido diseñadas específicamente para la perforación de pozos.

En México existen tres unidades de este tipo que son: Independencia, Revolución y Reforma; fueron construidas en los Astilleros de Avondale Shipyards, Inc., de Nueva Orleans, Louisiana, E.U.A.; se les instaló el equipo de perforación y el sistema de anclaje, de acuerdo con el diseño de los Arquitectos Navales Thomas T. Lunde, Inc. La primera pertenece a Petróleos Mexicanos y las dos restantes a la compañía Perforadora México, S.A., ambas trabajan para Petróleos Mexicanos bajo renta.

Estas barcazas son las que cubren una parte del programa de la perforación exploratoria y las que operan en la Plataforma Continental Mexicana, en el Golfo de México, en la zona de Cd. del Carmen Campeche.

Las tres barcazas están diseñadas para operar en sitios donde las olas mayores no excedan de 20 m. como acontece en el Golfo de México, según estadísticas. Tienen la ventaja que no se hundan -

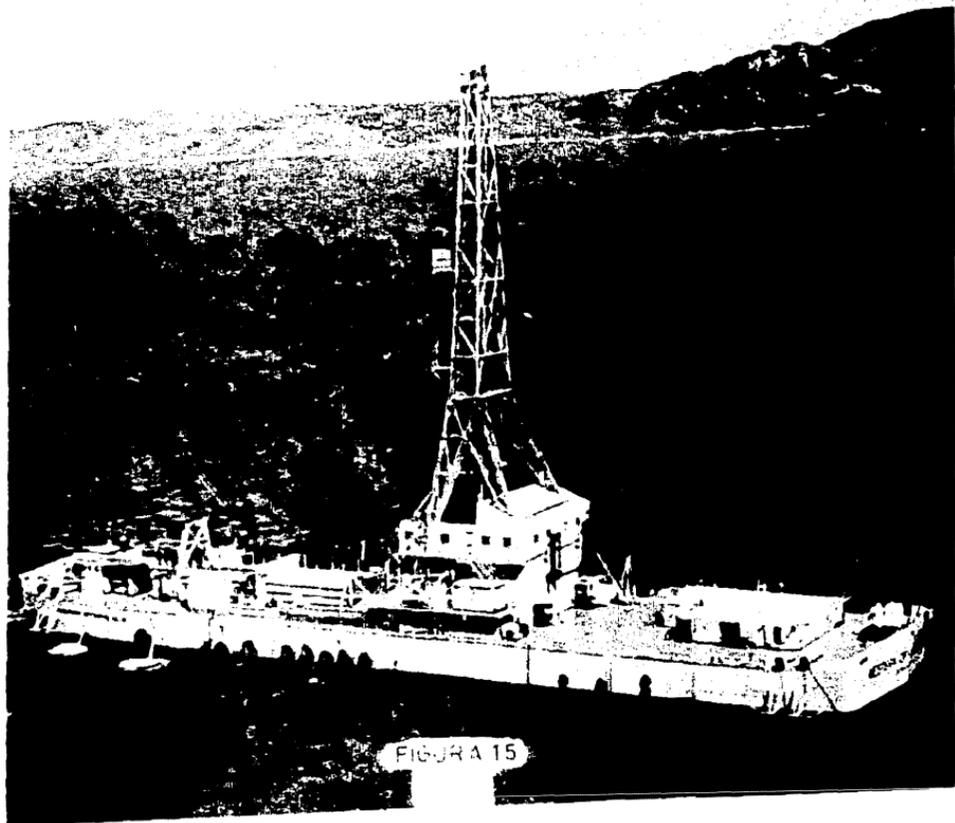


FIGURA 15

aún en el caso de que se inunde un compartimiento-completo de ellas.

La única forma que se podría provocar su hundimiento, sería cuando alguna fuga de gas en los preventores disminuyera el peso específico del agua, que provocaría una disminución de la flotabilidad de la barcaza.

La capacidad para perforar de las barcazas es de 6 096 m. con tubería de perforación de 13 cm. (5") y de 7 620 m. con tubería de perforación de 9 cm. (3 1/2").

Sus características generales de las barcazas son:

Clasificación de las embarcaciones.

Condiciones de operación: Para servicio limitado correspondiente a embarcaciones de altura. No tiene propulsión propia, no tiene tripulación marina al ser remolcada para trasladarse de uno a otro punto o de una a otra localización, ni durante las operaciones de perforación.

Certificado de la clasificación: Cruz de Malta, - A-1, del American Bureau of Shipping (A.B.S.) correspondiente a embarcaciones de altura, certificados de inspección del servicio de Guarda Costas de los E.U.A.

Medidas y datos generales.

Eslora total..... 116 m. (381' 00")

Manga de construcción.....	23 m. (75' 00")
Puntal.....	8 m. (26' 10")
Calado (desplazamiento total)....	5 m. (15' 9")
Línea de franco-bordo.....	3 m. (11' 1")
Abertura central.....	7 m. X 5 m. (24' X 16')
Desplazamiento total.....	11 500 ton. largas
Peso muerto.....	7 700 ton. largas
Desplazamiento en rosca...	3 800 ton. largas

Alturas a partir de la línea base.

A cubierta principal (centro de la barcaza).....	8 m. (26')
Al piso del mástil.....	15 m. (48' 8")
A la plataforma para helicóptero..	12 m. (38' 00")
Acero empleado en casco y estructura.....	2 200 ton. largas

Camarotes y botes salvavidas.

Consta de camarotes para 64 personas, con aire acondicionado, calefacción, sala de recreo, - instalaciones sanitarias, cocina y comedor; además de una enfermería con capacidad para 6 pacientes - y un privado médico.

Se dispone de una lancha de emergencia y de cuatro botes salvavidas del tipo de expansión automática, con capacidad para veinte personas cada uno, así como cuatro salvavidas individuales en cada camarote.

Existen tableros con indicadores para todo el personal (en caso de emergencia) los cuales se encuentran en sitios estratégicos, que indican el lugar a que habrá de acudir cada persona, así como en el caso de abandono qué lancha abordar y quién tendrá el mando de la misma.

Se hacen periódicamente simulacros para que el personal esté habituado a este tipo de operaciones.

La capacidad máxima de la barcaza es de 80 personas en caso de emergencia.

Se dispone de una plataforma para el aterrizaje de helicópteros.

Se cuenta con dos grúas instaladas sobre la cubierta principal para la carga y descarga de material, así como para el movimiento de la tubería. La marca de las grúas es Mariner, modelo 500, con capacidad para 50 toneladas cada una y plumas de 23 m. (75') de largo.

Unidades auxiliares.

Barco abastecedor: Se destina al acarreo de material químico, cemento, elementos pesados, tubería de perforación y de revestimiento.

Lancha rápida: Se utiliza para transporte de personal y acarreo de herramienta, que por su peso o tamaño no ha sido posible transportarse en el helicóptero y que por razones de economía no se transportan en el barco abastecedor.

Helicóptero: Se utiliza para el transporte del personal o cualquier emergencia, marca Hiller, modelo FH-1 100, equipado con flotadores y un motor de turbina Allison de 317 HP., con capacidad para 12-personas.

Barco remolcador: Se utiliza para remolcar el equipo a las localizaciones y en el auxilio del anclado.

Características generales del equipo de perforación.

Mástil: Marca Lee C. Moore, de 43 m. (142') de altura y 12 m. (40') de base, galvanizado, de tipo cantilever, diseñado especialmente para soportar cargas dinámicas con capacidad nominal de 605 000-kg. (1 333 000 lb.), para alojar hasta 7 408 m. (24 298.24') de tubería de perforación de 13 cm. (5") en secciones de tres tubos cada una, y con resistencia a los vientos de hasta 100 nudos. La subestructura es galvanizada de 6 m. (20' 5/8") de alto por 12 m. (40') de ancho y 15 m. (50') de largo.

Malacate: Marca National, modelo 1 625, diesel-eléctrico, para cable de acero de 4 cm. (1 1/2") con capacidad para perforar hasta 7 000 m. (22 960') con tubería de perforación de 13 cm.

(5"), de 19.5 lb/pie.

Fuerza motriz: Se cuenta con dos motores modelo - SR-16W, G.M., de 1 950 HP. cada uno; tres generadores, dos de 550 KW., y el otro de 1 500 KW. para corriente directa. Un motor de 1 950 HP., modelo - SR-16W, G.M., con dos generadores, uno de 1 500 - KW., y el otro de 550 KW. para corriente directa y un alternador de 800 KW. para corriente alterna - (motor mixto).

Unidad auxiliar generadora de corriente alterna: - Se tiene un motor G.M., modelo S-12GW, de 1 750 - HP., acoplado a un alternador de 800 KW.

Planta de emergencia: Se tiene un motor G.M., modelo 8V-71, de 750 HP., acoplado a un alternador de - 350 KW., para producir corriente alterna.

Motores eléctricos: Se dispone de diez motores - - eléctricos G.M., modelo D-69, para corriente direc- ta.

Bombas para lodo: Se tienen tres bombas National; - dos del tipo N-1 300 y una N-1 600. La instalación del circuito de lodo de la línea del estrangulador y de la línea para inyectar lodo al pozo, están diseñadas para una presión de trabajo de 350 kg/cm^2 - (5 000 lb/pg²).

Preventores: El conjunto de preventores consiste - de un Hydrill modelo GK-3 000 y dos Cameron tipo - "H", para 350 kg/cm^2 (5 000 lb/pg²) de trabajo. La unidad de control remoto es de la marca Payne, - - eléctrico.

Tubería de perforación: Los equipos están dotados de una sarta de tubería de perforación de 13 cm. - (5"), Extra Hole, de 19.5 lb/pie, y otra de 9 cm. - (3 1/2"), A.P.I., I.F., de 13.3 lb/pie.

Equipo de alta presión: Se cuenta con una unidad - Halliburton, HT-400 para las operaciones de cementación.

Almacenamiento para fluidos de perforación: Se tienen tres presas para el fluido de perforación; una con capacidad de 30 m³ (188.7 brl.) y las dos restantes con capacidad de 105 m³ (660.4 brl.) cada una. Cuatro tanques de almacenamiento con capacidad de 60 m³ (377.4 brl.) cada uno.

Unidad de Registros Geofísicos: Se dispone de esta unidad para correr los registros geofísicos de - - acuerdo al programa de perforación.

Unidad Rotenco u otra: Esta unidad es un auxiliar muy importante en las funciones de perforación, y tiene como finalidad obtener información de la zona que se está atravesando, es decir, tipo de formación que se está perforando ya sea caliza, lutita, arenisca u otra. Así como, indicios de impregnación de aceite, de acuerdo a las muestras que se recogen en la superficie y tipo de aceite, también cuenta con detectores de gas. Esto sirve para evaluar si la zona es o no comercial. También da como información adicional que densidad hay que usar en la zona que se está perforando, presión hidrostática, presión que hay que dar a la bomba, gasto con que se va a bombear el lodo, profundidad, gradiente hidráulico, detecta presiones anormales, etc. -

Esta unidad se encuentra localizada ha un extremo del equipo de perforación.

Sistema de anclaje.

Dos malacates dobles, marca National en la proa, - con capacidad para 900 m. (2 952') de cable de 5 - cm. (2").

Dos malacates dobles iguales a los anteriores en - la popa.

Ocho cables de 5 cm. (2"), construcción 6V-19, con alma de acero independiente, de 900 m. (2 952') de largo cada uno.

Ocho anclas del tipo Danforth de 9 080 kg. (20 000 lb.) cada una.

Lastre.

Se tienen diez tanques para agua, que sirve para - lastrar la barcaza; además dos tanques para almacenamiento de combustible y un tanque para consumo - diario de agua potable.

IV. LOCALIZACION Y TECNICAS PARA MANTENER EN SU SITIO AL EQUIPO DE PERFORACION MARINA.

A. Sistema Shorán.

La localización y detección de estructuras en el mar se lleva a efecto por medio de Métodos Geofísicos, el cual desarrolla los trabajos de Sísmología del área en estudio e indica el lugar donde se va a perforar el pozo. Después de descubierta una estructura, con ayuda de las correlaciones obtenidas de los planos desarrollados por el Depto. de Geofísica en el gabinete, se procede a fijar la localización del primer pozo que será de exploración. En seguida se efectúa la triangulación en el mar con el equipo Shorán, cuya efectividad ha quedado plenamente demostrado, cuando se suspende por algún tiempo la actividad de perforación en el mar, y es necesario la relocalización de ese mismo punto.

El equipo Shorán utiliza el Método Radiométrico, el cual emplea tres unidades transmisoras - electrónicas; dos de estas unidades se encuentran alejadas y fijas en tierra en puntos cuyas coordenadas son conocidas. Estos aparatos emiten ondas orientadas en dirección al punto elegido por localizar; a bordo de un barco abastecedor se lleva el tercer aparato, el cual recibe las ondas emitidas por las dos unidades anteriores, la localización será, donde las señales recibidas se intersecten y se tenga la máxima intensidad, quedando así indicado el punto para la perforación del pozo.

Localizado el punto en cuestión, se procede

a fondear una boya. Entre los tres puntos no debe encontrarse ningún obstáculo, ya que cualquier objeto que se interponga entre ellos interferirá las ondas emitidas y por lo tanto alterará la exactitud de los aparatos.

El método Radiométrico tiene gran ventaja en cuanto a la rapidez de operación y exactitud; otra ventaja es que su alcance lineal es mayor que el de cualquier aparato óptico convencional.

B. Orientación y desplazamiento a los que está sometida una plataforma flotante de perforación marina.

Para desarrollar este tema se tomará como base el barco perforador. Antes de proceder a describir las técnicas para mantener al barco de perforación marino en su sitio, se señalarán los efectos que le causan los fenómenos físicos a que está sometido, como son: los vientos, las corrientes marinas y el oleaje; además la corrosión de las estructuras metálicas y la estabilidad de los suelos en relación a los requerimientos de las unidades que se hincan en el lecho marino.

La orientación perfecta del barco de perforación marina será aquella en la cual el eje longitudinal del barco perforador este en paralelismo con la dirección del viento dominante, para que éste afecte en forma casi nula su estado de reposo. El viento no afecta tanto al estado de reposo como el oleaje que es la resultante de la acción del viento sobre la superficie del mar. Por lo tanto -

al hablar de la dirección e intensidad de las olas, se hablará también de la dirección e intensidad de los vientos, aunque no estarán en las mismas unidades; la dirección de las olas estará dada en rumbo y su intensidad en altura de las olas; la dirección del viento en las mismas unidades que las olas y su intensidad (velocidad) en Km/h. o en millas/h.

En cuanto a las corrientes marinas, su efecto de arrastre quedará nulificado con un buen anclaje y no representarán mayor problema para lograr inmovilidad del barco perforador.

Antes de anclar el barco perforador se elaborará un programa de orientación, tomando en cuenta la dirección de los vientos dominantes, así como su intensidad. Estos datos se pueden obtener de las cartas eólicas, publicadas por observatorios meteorológicos; en ellas se predice el comportamiento del viento dominante en todo el mundo para cualquier época del año. Sin embargo, las predicciones proporcionadas por éstas cartas, se verán contradichas por fenómenos físicos anormales, tales como: huracanes, tormentas tropicales, etc.

Para tener un control constante y no verse expuesto al embate de vientos anormales, como los citados, se transmitirán por radio, de la oficina al barco perforador, tantos informes meteorológicos cuantos sean necesarios.

El barco perforador recibirá dos informes diariamente, siendo el primero a las seis horas y el segundo a las quince horas. En cada informe se -

predice el comportamiento del viento y del tiempo, para las veinté y cuatro horas posteriores a éstos.

Los desplazamientos a los que esta sujeto - el barco de perforación debido a los vientos, corrientes y oleaje, aunque éste orientado y anclado, son de suma importancia, pues cuando estos desplazamientos son intensos se tendrá que suspender la perforación, y en caso de no hacerlo se pondrá en peligro la seguridad del barco y del personal.

Los desplazamientos pueden ser:

Horizontales.- Estos desplazamientos son producidos por el oleaje y las corrientes marinas y su dirección será la de estos fenómenos. Este desplazamiento será de fácil restricción, siempre y cuando los fenómenos productores no sean intensos. Al efectuarse este desplazamiento las consecuencias serán:

- Pérdida de verticalidad en la tubería de perforación.
- Incremento del desgaste de los componentes del equipo submarino.
- Fatiga de los componentes sometidos a tensión y flexión del sistema de perforación.
- Si el movimiento es excesivo, es necesario desconectarse del pozo mientras se restablece el movimiento adecuado.

Verticales.- Este tipo de desplazamiento se hará -

en sentido ascendente y descendente, producido -- principalmente por el oleaje, siendo restringido -- por anclaje y orientación.

Evitar éste desplazamiento es imposible aún en situaciones de calma marina, por consiguiente -- también sería imposible la perforación de no existir aditamentos que absorben dichos desplazamientos tales como el amortiguador y la junta de teles cópica. El primero colocado arriba de los lastraba rrenas, y el segundo situado en la parte superior de la tubería conductora.

Angulares.- Este desplazamiento se presenta cuando el barco perforador se vé sometido a balanceo ya -- sea en sentido de proa ha popa como de estribor a babor. Es difícil evitarlo, pero su restricción se hará con anclaje y orientación del barco perfora-- dor. Las consecuencias de éste desplazamiento es -- en primer lugar imponerle a la tubería de perforación movimientos de péndulo, finalizando al gol--pear la tubería en los elementos de control y produciendo el desgaste tanto de la tubería como de -- dichos elementos.

El efecto del desplazamiento será absorbido por la junta esferica o junta flexible.

C. Movimientos a que está sometido un barco de per--foración marina.

Los movimientos que tiene un barco de perfo--ración marina al estar anclado, se les puede consi--derar en tres ejes para facilidad de definición: --

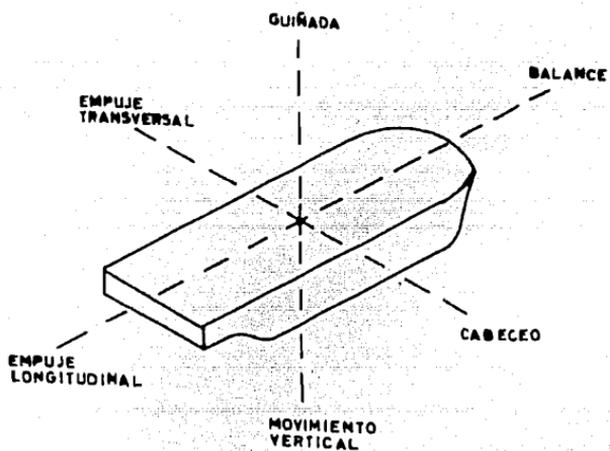
Un eje X, que va longitudinalmente de proa a popa; un eje Y, que va de babor a estribor; y Z el eje vertical. Estos tres ejes tienen un punto de intersección en el centro de gravedad del barco.

Hay dos tipos de movimiento en relación a cada eje: Movimiento translacional y movimiento rotacional. Por lo que se conocen un total de seis movimientos que son: (ver figura 16).

1. Empuje longitudinal: El movimiento de translación a lo largo del eje X.
2. Movimiento vertical: El movimiento de translación a lo largo del eje Z.
3. Balanceo: El movimiento rotacional relacionado al eje X.
4. Cabeceo: El movimiento rotacional relacionado al eje Y.
5. Guiñada: El movimiento rotacional relacionado al eje Z.
6. Empuje transversal: El movimiento de translación a lo largo del eje Y.

La adaptabilidad de cualquier unidad para servir como un barco de perforación, depende en un alto grado de su adaptabilidad a las condiciones oceanográficas y al resultado de los movimientos del barco.

Para minimizar los movimientos, deben estu-



DEFINICIONES DE MOVIMIENTOS DE UN BARCO

FIGURA 16

diarse las condiciones típicas marinas y las dimensiones del barco. Sin embargo, el movimiento del barco es solo un factor en la selección y debe sopesarse contra los demás de seguridad y economía de operaciones.

Todos los sistemas de anclaje deben estar diseñados para resistir las condiciones del medio ambiente. Para lo cual toda la confianza y seguridad del barco, depende del diseño y construcción de los varios componentes del sistema de anclaje, su funcionamiento y confiabilidad. Estos componentes están diseñados para que resistan las fuerzas que se presentan, partiendo de la suposición de que el barco va a fijarse en la localización y por lo tanto es esencial un análisis crítico de los componentes.

Muchos de los sistemas de anclaje de los equipos flotantes en uso, están diseñados para restringir el movimiento horizontal al 10% del tirante de agua. Este parece ser un límite satisfactorio para el diseño, para el control del pozo y sistema de comunicación con el mismo.

Los sistemas de anclaje usan comúnmente cadenas y cables o una combinación de ambos. Cualquiera que se use, puede ser satisfactorio si se diseña de acuerdo a las fuerzas oceanográficas que se encontrarán al estar trabajando.

La medida y el tipo de anclas por usarse, varía con el tirante de agua, longitud de cables o cadenas de anclaje y condiciones del fondo marino. Después de efectuado el anclaje, cada ancla debe

ser probada con tensión para ver si tiene agarre - suficiente para aguantar las máximas cargas esperadas.

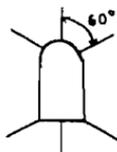
La amplitud del sistema representa una gran parte de la inversión inicial del equipo. Los elementos de anclaje que incluye malacates, cadenas, cables y otros componentes, representa una inversión tal, que debe tomarse en cuenta para tener un buen sistema de anclaje.

D. Patrones de anclaje.

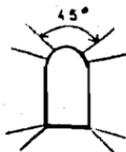
Se supone que el equipo se anclará en la posición más favorable, es decir, con la proa hacia donde predominen las condiciones meteorológicas más severas. Colocado en esta posición el barco, su movimiento será de cabeceo y entonces las fuerzas calculadas pueden usarse para establecer patrones de anclaje y para calcular las cargas individuales de las líneas de anclaje en las patas.

La selección de los patrones de anclaje está influenciado por la magnitud, dirección y frecuencia de ocurrencia de las fuerzas y por la configuración de la unidad flotante. Innumerables patrones se han usado para varias formas de anclaje. La mayoría son simétricas en algún grado. (ver figura 17).

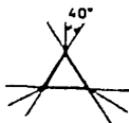
Los diferentes patrones de anclaje necesitan considerarse, y algunas evaluarse, así como la disposición óptima para el equipo y las varias condiciones meteorológicas. Deben considerarse los -



SEIS LINEAS SIMETRICAS



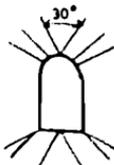
OCHO LINEAS SIMETRICAS



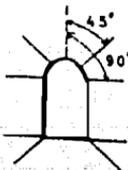
NUEVE LINEAS SIMETRICAS



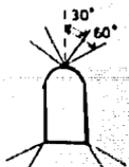
DIEZ LINEAS SIMETRICAS



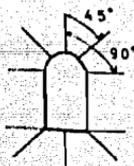
DOCE LINEAS SIMETRICAS



OCHO LINEAS 45°90°



OCHO LINEAS 30°60°



DIEZ LINEAS 45°90°

PATRONES DE ANCLAJE

FIGURA 17

Límites prácticos del número de líneas de anclaje para equipar la unidad flotante y las fuerzas en cada una deben calcularse para cada patrón a seguir.

E. Anclajes.

El mantener inmóvil una unidad flotante de perforación marina en su localización no es posible, pues siempre se tiene cierto movimiento. Este movimiento no es deseable, ya que reduce la resistencia del equipo submarino y por lo tanto incrementa los costos de operación y mantenimiento del equipo de perforación. Por lo que se han tenido que diseñar técnicas para mantener en su localización al equipo de perforación; tales técnicas son:

1. Amarres múltiples.

Todo amarre para la perforación flotante se realiza mediante anclas múltiples. Las mayores ventajas del sistema se resumen en dos: La rotación limitada que le permite al equipo para hacerle frente a las condiciones cambiantes del tiempo y los esfuerzos necesarios para enganchar y desenganchar el sistema. El anclaje múltiple requiere de dos a ocho anclas.

La perforación marina, que se enfrenta con localizaciones de amarre descubierto, cambios de localización y condiciones de fondo inseguras, requiere de mejores tipos de anclas, líneas de amarre más resistentes y mejores embarcaciones de au-

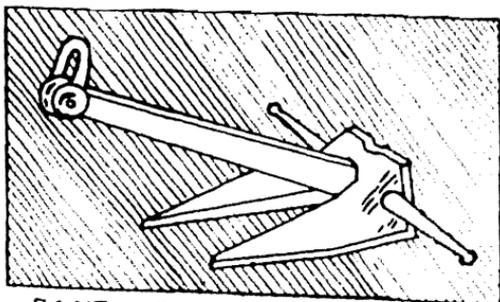
xilio para manejar y enganchar este tipo de sistema.

2. Anclas.

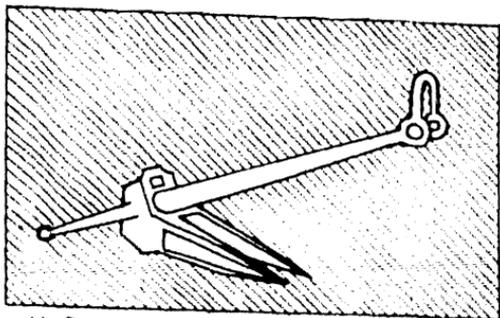
Es muy variable el potencial de retención de cada tipo de ancla, lo que depende de las condiciones que guarde el fondo del mar. Por lo general, una ancla bien colocada tomará una carga horizontal equivalente entre diez y catorce veces su propio peso, pero no existe ninguna regla que lo garantice. Además, las anclas convencionales no resisten fuerzas ascendentes, por lo que requieren de un tendido largo de cadena de seis a siete veces el tirante de agua.

Tres tipos de anclas se usan comúnmente en los sistemas de anclaje de las unidades de perforación: El tipo US Navy Light Weight (LWT); el Danforth y el Stockless. Frecuentemente son de la clase de 4 536 kg. (10 000 lb.), 9 072 kg. (20 000 lb.) o 13 608 kg. (30 000 lb.) y con pruebas de carga de 56 700 kg. (125 000 lb.) a 124 740 kg. (275 000 lb.). Un estilo nuevo de ancla es la US Stato Anchor, que está usándose en un número limitado de unidades de perforación flotante. Los informes preliminares indican un agarre mejor tanto en fondos arenosos como en lodosos. (ver figura 18).

Por supuesto, las condiciones del fondo marino pueden afectar el agarre del ancla. Se ha encontrado que ajustando el ángulo de la uña se puede mejorar la fuerza de agarre. Generalmente en



DANFORTH



U.S. NAVY LIGHT WEIGHT (LWT)

FIGURA 18

fondos de lodo blando y cieno, ángulos grandes de la uña dan un agarre mayor del ancla. Parece que el ángulo óptimo para que asiente en el fondo la uña es aproximadamente de 50° . Para un fondo arenoso, un ángulo bajo en la uña de 30° a 35° parece el mejor. Para fondos que no se conocen, los ángulos para asentar la uña pueden ser de 35° a 40° .

Antes de colocar el sistema de anclaje se debe hacer un estudio del suelo para lo cual, la Mecánica de Suelos, como ciencia aplicada, ayuda para hacer una exploración de muestreo y pruebas de los suelos del fondo del mar para garantizar la firmeza del amarre.

La experiencia ha demostrado que las anclas por sí mismas presentan pocos problemas en unidades flotantes de perforación. Para que las anclas operen en una forma óptima deben tomarse en cuenta lo siguiente:

- a. Las anclas deben usarse tal como están diseñadas, sin la adición de ganchos para lodo, ni aumento de áreas en la uña, ni candados en la uña u otras modificaciones que puedan afectar el balanceo y desarrollo del ancla.
- b. Las anclas pueden seleccionarse con una probabilidad cuando menos del 50% de la fuerza del requerimiento con que se ha diseñado.
- c. Las anclas deben inspeccionarse después de 4 a 5 años de servicio.
- d. Las anclas deben arriarse lentamente y con la

línea con poca tensión para permitir a las uñas enterrarse.

- e. Una vez sentada en el fondo, debe hacerse una prueba inicial hasta la carga máxima de diseño.

3. Cadena o clabe.

Desde el punto de vista de diseño, resultan obvias las ventajas de la cadena en cuanto a la catenaria de un sistema natural de amarre. Las curvas en las catenarias de cable son más severas y las cargas aumentan con el movimiento de superficie. Desde el punto de vista de operación y del económico, la ventaja la tiene el cable.

En forma general, puede decirse que un sistema de amarre por cable debe restringirse a áreas en donde la acción del oleaje es insignificante y para mar abierto siempre serán preferibles las cadenas.

4. Sujeción dinámica.

La sujeción dinámica es un método de mantener automáticamente en su localización, un equipo mediante el uso de fuerzas constantes de impulso variable contra las fuerzas del viento, oleaje y de las corrientes que tienden a desplazarlo de la localización deseada.

La capacidad para fijar la unidad flotante aceptablemente con desplazamientos pequeños por el

sistema de sujeción dinámica, depende principalmente de la medida, rango y flexibilidad del equipo - de fuerza, así como de la velocidad de control y - respuesta del equipo de propulsión.

Los sistemas de este tipo trabajan a través del uso de computadoras.

El equipo de sujeción dinámica se ha utilizado con éxito en unidades usadas para dragado, - muestreo, configuraciones del fondo del océano y - perforaciones preliminares. La precisión para mantener una posición es menor a un radio del 5% de - la profundidad, y en la actualidad es posible contar con esta clase de equipo para tirantes de agua de 600 m.

En general, este método es aplicable donde se requieren cortos períodos de fijación de posición, es decir donde hay movimientos frecuentes, o en aguas profundas, donde hay que llegar más allá de la tecnología corriente de la amplitud de los - sistemas de anclaje convencionales. El sistema - ofrece las ventajas de tiempo mínimo de anclaje y rotación libre de la unidad para el caso en que - cambien las condiciones oceanográficas.

El consumo de combustible es probablemente la gran desventaja. En la actualidad, esto dependerá de las condiciones técnicas y económicas, el - que se utilice un tipo de anclaje o un sistema de sujeción dinámica.

V. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN UN EQUIPO DE PERFORACION MARINA.

A. Equipo especial usado en la perforación marina.

En el sistema de perforación marina que se encuentra a bordo del equipo flotante o hincado en el mar es similar al utilizado en las operaciones de perforación terrestre. Incluye malacate, mesa rotatoria, tuberías, equipo y sistema de circulación de fluidos y herramientas normales. Así como las que se usan en el agujero, como son: Barrenas, rimas, estabilizadores, herramientas direccionales, de pesca y otras herramientas especiales que se utilizan en la perforación marina. Estas herramientas son las siguientes:

1. Gufa de la polea viajera.

Aún cuando la mayoría del equipo de perforación encontrado a bordo es común al usado en tierra, algunas de las aplicaciones de cierto equipo especial en equipos de perforación marina, por ejemplo, el movimiento horizontal de la polea viajera se restringe por medio de una gufa instalada en el interior del mástil. Mecánicamente, esto se logra instalando dos viguetas en el interior del mástil. Las vigas tienen un espacio suficiente que servirá como gufa (a veces se instalan rieles sobre las viguetas) para unas ruedas embaladas que están instaladas a los lados opuestos de la polea viajera. Ajustando la polea a esta gufa, se restringe también el movimiento horizontal del gancho y la unión giratoria.

2. Amortiguadores.

El efecto principal que causa el movimiento vertical del equipo flotante, es el movimiento relativo entre la barrena y el fondo del pozo. Para compensar este movimiento vertical de la barrena - contra el fondo del pozo y mantener un peso determinado constante sobre la barrena se usan normalmente amortiguadores, los cuales se instalan en la parte superior de los lastrabarrenas, o en un lugar adecuado entre los mismos. Los amortiguadores compensan el movimiento vertical solo en la parte inferior de la sarta. La longitud de los amortiguadores y el número requerido, depende de las características del equipo, el tirante de agua y de la marejada que se pronostique en los informes diarios del tiempo.

Teóricamente esto compensa el movimiento - desde los lastrabarrenas para abajo y mantiene el peso de éstos sobre la barrena, pero la experiencia ha demostrado que la compensación no es en realidad tan efectiva como se deseó. En la sarta de perforación se presenta cierta fricción y particularmente con las altas presiones de bombeo varía el peso sobre la barrena.

Aún con una atención extrema del perforador, un cambio en la velocidad de perforación puede permitir que se abra o cierre el amortiguador, dependiendo de que aumente o disminuya la velocidad de avance.

Con todo, los amortiguadores han demostrado ser más eficientes en la compensación del movimien

to vertical en equipos de perforación flotante.

Los amortiguadores son costosos no solo por su precio y por su mantenimiento, sino que su falla si es prematura hará que se efectúe una sacada de la sarta, también prematura. En caso de falla estructural, ocasionará trabajos de pesca. Sin embargo, un programa de revisión y reparación puede reducir los costos y la pérdida de tiempo.

3. Conductor marino.

El conductor marino es el lazo de unión entre el equipo de perforación flotante y el pozo en el lecho marino. Es vital para el desarrollo de las operaciones de perforación, ya que proporciona un medio de retorno para el fluido de perforación y guía a la sarta de perforación hacia el interior del pozo.

Este dispositivo se encuentra unido en su parte inferior al aparejo de preventores submarinos, y en su parte superior, al equipo de perforación, y es tal vez el elemento más vulnerable del equipo flotante. Debe ser estructuralmente capaz de resistir la complejidad de esfuerzos ejercidos sobre él bajo condiciones severas de operación.

De acuerdo a la función y operación de los diferentes componentes que integran al conductor marino, éste puede describirse como una unidad constituida por tres partes principales, las cuales a su vez están formados por diferentes elementos, como se muestra en la figura 19.

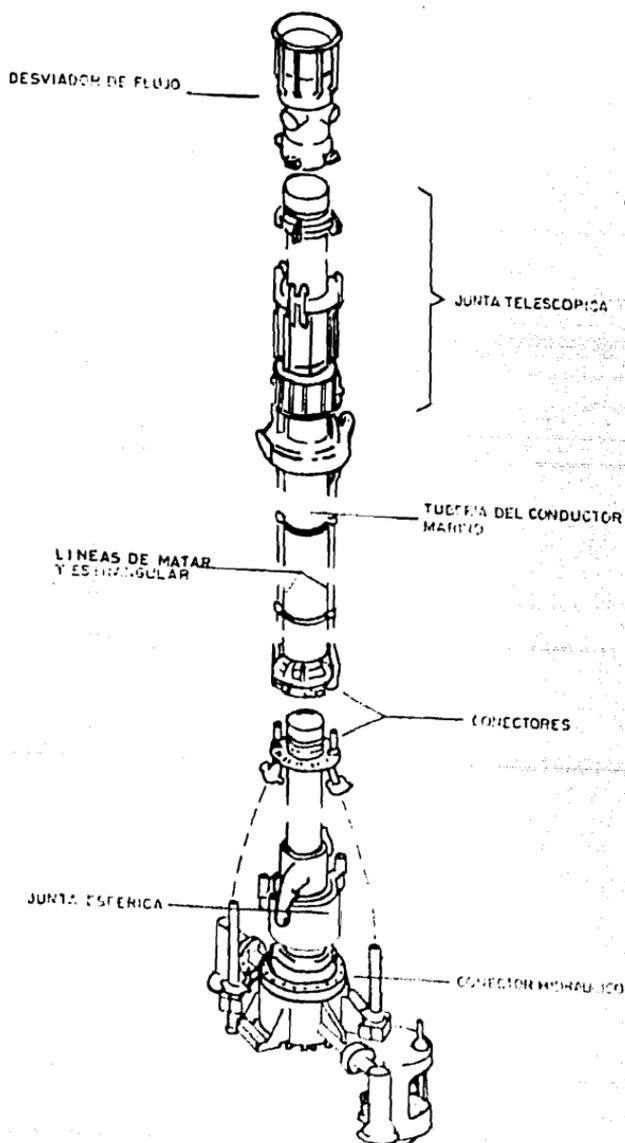
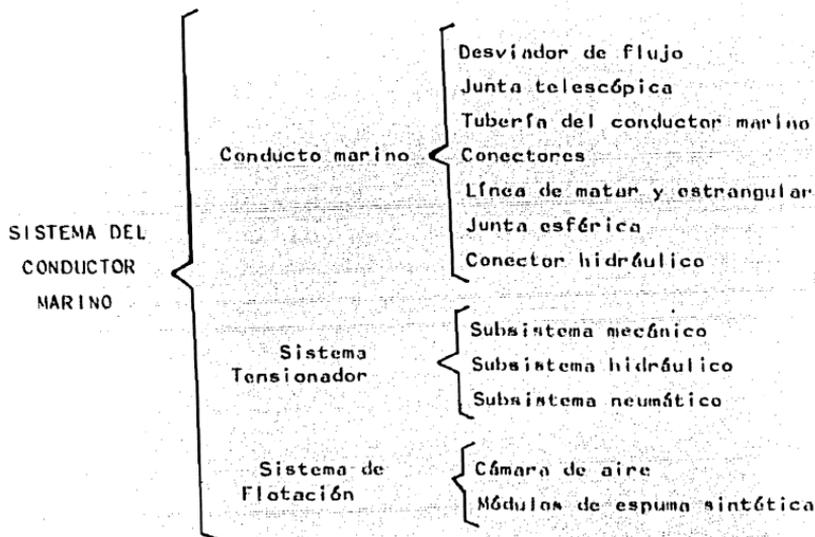


FIGURA 19

ELEMENTOS DEL SISTEMA DEL CONDUCTOR MARINO

A continuación se describen cada una de las partes que constituyen el sistema aludido.



El conductor marino está formado, desde su parte superior hacia el fondo, por los siguientes elementos:

Desviador de flujo:

Este dispositivo de seguridad se encuentra colocado arriba de la descarga del lodo y actúa como un preventor hydrill, proporcionando un medio de seguridad en caso de existir acumulaciones de gas u otro fluido a presión en el interior del tubo conductor. Funciona hidráulicamente y puede sellar en forma anular o ciega, dependiendo que haya o no tubería de perforación dentro del pozo. Evitando así que el fluido pase a la mesa rotatoria.

Junta telescópica:

Compensa el movimiento vertical del equipo flotante y permite mantener un esfuerzo de tensión constante sobre el conductor marino.

El dispositivo consta de un barril interior deslizable y un barril exterior fijo, al cual se sujetan los cables tensionadores. Este elemento está colocado entre el desviador de flujo y la parte

superior del tubo conductor. La carrera que tiene la junta telescópica es aproximadamente de 9 m. - (30'). Esta junta lleva una prensa estopas para evitar la fuga del fluido de perforación entre el tubo conductor y está.

Tubería del conductor marino:

Está formado por tramos de tubería, generalmente de 15 m. (50') de longitud, de diseño y características específicas. Estos tubos llevan integrados los conectores (macho y hembra), la línea de matar y la línea de estrangular, en forma unitaria, para su fácil conexión y desconexión con el equipo flotante.

Los conectores, tanto de la tubería del conductor marino como de las líneas de matar y estrangular, son del tipo de enchufe y se aseguran por medio de empaques y candados, los cuales están diseñados para soportar grandes tensiones.

El diámetro del conductor marino debe coincidir con el aparejo de los preventores utilizados, los cuales pueden ser de 16, 18 5/8, 21, 22, y 24-pgs.

Líneas de matar y estrangular:

Son tubos de alta resistencia que van desde el aparejo de los preventores en el lecho marino hasta el equipo flotante de perforación. Estas líneas sirven para bombear o descargar fluido a presión, particularmente cuando se presenta un brote o descontrol. Se encuentran aseguradas al conduc-

tor marino por medio de grapas y disponen de conectores en los extremos para su fácil conexión y desconexión.

Junta esférica:

Este dispositivo absorbe los movimientos laterales del equipo flotante, así como las inclinaciones del conductor marino ocasionadas por las fuerzas de la corriente y el oleaje, permitiendo deflexiones angulares hasta de 10° con respecto a la vertical. Se puede utilizar en vez de este dispositivo un tubo flexible, que permite deflexiones mayores de 10° . Se sitúa en el extremo inferior del conductor marino.

Conector hidráulico:

El conector hidráulico permite conectar y desconectar el conductor marino a los preventores desde la superficie mediante un sistema de cuñas accionadas hidráulicamente. Se localiza abajo de la junta esférica.

Sistema tensionador:

La función principal del sistema es proporcionar una tensión axial constante sobre el conductor marino para mantenerlo rígidamente y evitar que trabaje a la compresión.

Este sistema debe soportar el peso del aparejo, así como las cargas generadas por el movimiento del equipo, mareas y corrientes. Consta de varias unidades tensionadoras colocadas a los la-

dos del piso de perforación. Estas unidades se operan por pares diagonalmente opuestas.

Con el incremento en diámetro del conductor marino, así como de las profundidades, los equipos disponen generalmente de cuatro, seis y hasta ocho unidades tensionadoras; es más existen equipos diseñados para operar con diez de ellos.

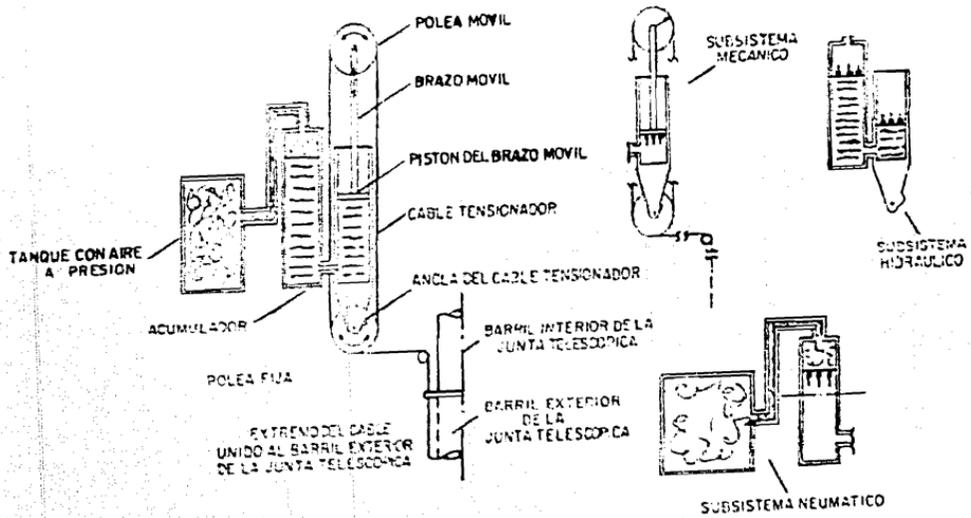
El tensionador debe ser capaz de proporcionar una reacción instantánea al movimiento vertical ascendente o descendente de la estructura flotante. Esta respuesta deberá ser mayor o igual a la velocidad vertical instantánea. Además, debe compensar los movimientos por mareas, ajustes de conexión y cambios en la posición de lastre del equipo.

Los tensionadores actuales son sistemas hidroneumáticos, los cuales por medio mecánicos imponen una fuerza de tensión al barril exterior de la junta telescópica. Un extremo del cable tensionador está anclado en la propia unidad, y el otro se encuentra fijado al barril mencionado.

Cada unidad tensionadora consta de tres mecanismos o subsistemas principales, como se muestra en la figura 20.

Subsistema mecánico:

Básicamente está integrado por una polea fija y una móvil, el cable tensionador y el brazo móvil. Al variar la distancia entre las dos poleas, se estira el cable y se le comunica una fuerza de tensión al conductor marino.



CONFIGURACION DEL SISTEMA TENSIONADOR

FIGURA 20

Subsistema hidráulico:

Es un mecanismo que a través de un fluido a presión comunica los subsistemas mecánico y neumático. Su función principal es proporcionar presión hidráulica sobre el extremo del pistón del brazo móvil del subsistema mecánico, controlando las distancias entre las dos poleas y de esta manera, la tensión en el cable.

Subsistema neumático:

Interactúa con el mecanismo hidráulico presionando al líquido en el acumulador. El aire a presión se suministra mediante tanques de aire a alta presión cargados con una compresora.

Sistema de flotación:

La flotación proporcionada al conductor marino tiene como propósito reducir su peso y evitar que se flexione. Para lograr lo anterior, se utilizan módulos de flotación o cámaras de aire, que pueden ser de espuma sintética o de aluminio. Estos accesorios se fijan alrededor del conductor marino en puntos adecuados.

El sistema de flotación no elimina el uso de los tensionadores, sino que ayuda a reducir la tensión requerida y por consecuencia las dimensiones de los tensionadores.

4. Buje protector.

Durante el transcurso de la perforación - - existe el peligro de que la tubería de perforación o barrena lleguen a friccionarse contra las paredes del cabezal, lo cual puede originar fugas cuando se coloque el colgador respectivo. Para evitarlo anterior, se le coloca un buje protector; el cual asienta en el cabezal de la tubería respectiva. Antes de bajar los colgadores se elimina del cabezal, el buje protector correspondiente mediante un pescante especial. (este buje protector va alojado en el interior del cabezal).

5. Junta VETCO. (anillo colgador de T.R.).

Esta herramienta es usada para colgar las tuberías de revestimiento en las operaciones de ademar el pozo y para comunicar el fondo del mar con la superficie. Son utilizadas en unidades de perforación que van hincadas en el fondo del mar.

Esta herramienta consiste de dos tramos de tubería conectadas interiormente entre si. Va enroscada en la parte inferior por tubería de revestimiento, que es la que se va ha cementar, y en la parte superior también lleva enroscada tubería de revestimiento, la cual sale hasta la superficie. Tiene en la parte inferior una saliente (flange o anillo colgador) donde se asienta al anillo colgador de la tubería de revestimiento anteriormente colocada, de igual modo tiene en la parte superior interiormente un flange, (anillo colgador) el cual servirá como asiento de la tubería de revestimien-

to que se bajará posteriormente. (Ver figura 21).

A los lados de la junta VETCO, tiene unos orificios tangencialmente, los cuales su función es desalojar el cemento sobrante.

Para hacer operar esta herramienta, es decir, que los orificios estén abiertos, se hace girar nueve veces a la derecha, y si se quiere sacar, se hace girar catorce veces también a la derecha.

6. Conjunto de preventores y sus controles.

Muchos equipos de perforación están equipados comúnmente con un sistema de dos conjuntos de preventores. Un conjunto es usualmente de diámetro grande 53 cm. (20 3/4") y presión de 141 kg/cm² (2 000 lb/pg²). Se usa este conjunto normalmente para perforar y correr la tubería de revestimiento en la primera etapa.

Para las siguientes etapas se elimina este conjunto de preventores y se instala un conjunto de menor diámetro de 35 cm. (13 5/8") o de 43 cm. (16 3/4") y presión de 352 kg/cm² (5 000 lb/pg²), y se usa para las etapas restantes y pruebas de producción.

El primer conjunto consta normalmente de un llydrill y de un preventor del tipo de un juego de compuertas (rams). El segundo conjunto consiste de uno o dos llydrill y de tres o cuatro juegos de compuertas (rams).

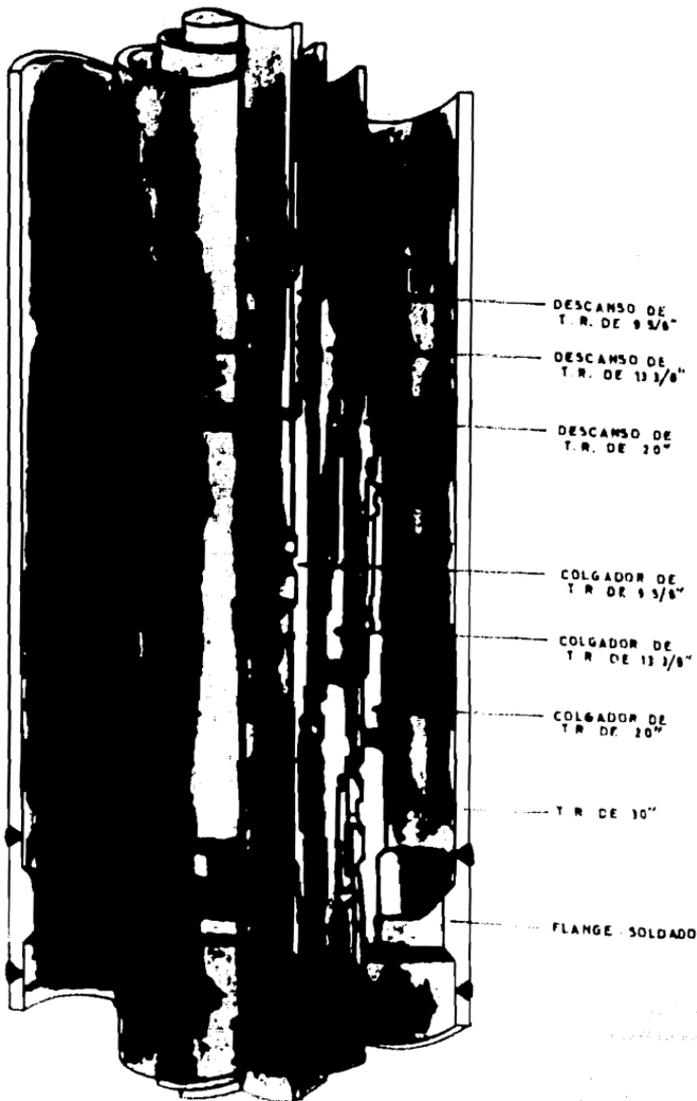


FIGURA 21

El cambio de preventores puede ocupar dos días de operación, por lo que, se piensa seriamente en la posibilidad de suprimir este primer conjunto.

Una parte muy importante en los preventores es el sistema que se usa para operarlos. Particularmente debe considerarse la prontitud de respuesta del sistema que se usará y el tipo y diseño de preventores.

Hay dos tipos de sistemas de control hidráulico usado generalmente; el directo y el indirecto.

a. Sistema directo:

Es simplemente una extensión del sistema usado en equipos de tierra con líneas de control más largas (dependiendo del tirante de agua). En este sistema el fluido circula por líneas directas e individuales a las entradas de operación de los preventores, líneas de matar y estrangular y a cualquier otro equipo que deba operarse en el conductor y los cabezales.

El fluido hidráulico a presión se inyecta desde la cubierta a través de válvulas.

El sistema es bueno, simple y bastante adecuado para operar en aguas someras. Sin embargo, en aguas profundas la fricción y la expansión de la manguera al aplicar la presión en distancias considerables, tiene cierto retraso significativo de reacción; se refiere al tiempo desde que se ope

ra una válvula en la superficie hasta que la función está totalmente desarrollada en el fondo marino.

b. Sistema indirecto:

Ofrece la ventaja de reducir el tiempo de reacción y los diámetros de las mangueras y por consiguiente menor volumen de ellas entre el equipo de perforación y el fondo marino.

En el sistema de control indirecto se instalan en el conjunto de preventores válvulas piloto y son operadas hidráulicamente desde el equipo. Una línea común de fluido, que sirve para activar el elemento deseado, baja hacia el conjunto de preventores; esta línea viene de los acumuladores que se encuentran en la cubierta del equipo. A veces se complementa con acumuladores instalados directamente al conjunto de preventores. El tipo y capacidad de estos acumuladores, tanto los superficiales como los instalados en los preventores, afectan el tiempo de reacción en el sistema de preventores.

7. Técnicas de instalación de preventores.

Para llevar a cabo una perforación marina - desde una instalación ya sea flotante o hincada en el fondo del mar, se dispone en la actualidad de dos técnicas, que son:

a. Perforación con los preventores en el fondo del mar:

En un sistema submarino; las operaciones de perforación se llevan a cabo con los preventores-- en el fondo del mar.

Esto puede efectuarse con cualquier tipo de equipo marino pero es más aplicable en estructuras flotantes, ya sean barco, barcaza, semi-sumergible o catamarán.

El movimiento continuo de algunos de estos equipos requiere el empleo de cabezales en el fondo del mar, con la consecuente instalación de preventores, porque existen condiciones de emergencia como el mal tiempo, que pueden forzar al equipo a moverse fuera de su localización. Con los preventores y el cabezal en el fondo del mar y el tubo conductor con junta esférica y junta telescópica, todos removibles, habrá poco peligro de dañar el pozo ya sea en condiciones de movimiento normal o de emergencia.

Se han tenido numerosas experiencias en las que un sistema flotante utilizando este método fue sorprendido por tormentas inesperadas y barrido fuera de la localización durante la perforación. Los daños ocasionados al tubo conductor fueron fácilmente reparados y las operaciones de perforación pudieron continuar sin pérdidas de consideración. Esta ventaja puede aplicarse a los equipos apoyados en el fondo del mar, puesto que ha habido varios casos en que un equipo de esta clase ha sido desplazado fuera de la localización.

Otra ventaja que se tiene instalando el cabezal y los preventores en el fondo del mar consisten, que la distancia desde la mesa rotatoria hasta la parte superior de los preventores tiene una mayor tolerancia para desalineamientos entre la mesa y los preventores sin crear cargas laterales excesivas y desgaste, ya que se cuenta con una junta esférica.

Aún cuando resulte demasiada simplificación, en general se puede decir que hay poca diferencia entre la perforación con equipo submarino y la perforación terrestre. Las diferencias principales consisten en las técnicas y los elementos guías hacia el pozo, pudiendo recobrar éstos desde el fondo del mar, meter, conectar y compensar los movimientos del equipo. Desde luego los componentes del cabezal también están diseñados para que sean compatibles con estas técnicas y elementos guías.

b. Perforación con los preventores en la superficie:

Las operaciones de perforación con los preventores en la superficie se ven limitadas necesariamente para plataformas apoyadas en el fondo, como son las fijas, las de concreto, las auto-elevables, tender y sumergibles.

En un sistema de este tipo, las tuberías de revestimiento se suspenden con colgadores submarinos y se prolongan hasta la superficie en donde se instalan los cabezales y preventores para utilizarlos durante las operaciones de perforación.

Después que el pozo ha sido perforado y probado, se desmantela el equipo de perforación, los preventores y las extensiones de la tubería de revestimiento. Por norma se coloca un tapón en el pozo al nivel del fondo. En fecha posterior, cuando se decide terminarlo, se quita el tapón y se termina el pozo instalando un árbol de tipo submarino o instalando una plataforma y extendiendo las tuberías de revestimiento hasta la plataforma para la instalación del árbol convencional.

Este sistema permite la opción de terminación del pozo con un árbol submarino o en la superficie con un árbol convencional instalado en una plataforma.

8. Buzos.

Para el método de perforación empleado hay que considerar el empleo de buzos, ya que son ellos los encargados de las conexiones submarinas, tales como: Cambiar las compuertas de los preventores, revisar las fugas, observar si el cemento salió al lecho marino cuando se hace la primera cementación de la tubería de revestimiento, rescatar las herramientas que caen al fondo del mar durante las operaciones y en general, efectuar todas las operaciones que se presentan bajo el nivel del mar.

El número de buzos necesario está en función del tirante de agua; ésto es debido a que el tiempo de operación permitido a cada buzo está en razón inversa a la profundidad de trabajo.

Después de que un buzo ha permanecido más - de 20 minutos a una profundidad mayor de diez me- - tros, no debe salir a la superficie en un solo via - je; sino que está obligado a ir efectuando paradas con determinada duración; el número de paradas y - la duración de éstas está en proporción directa a - la profundidad y el tiempo de trabajo que tenga el buzo. Por esta razón en algunas operaciones es ne- - cesario el empleo de varios buzos para efectuar - una sola maniobra.

VI. TECNICAS DE PERFORACION USADAS EN EQUIPOS DE - PERFORACION MARINA.

De acuerdo al equipo que se va a utilizar - en la perforación de un pozo, ya sea flotante o fijo, se tienen dos técnicas. Estas técnicas se diferencian por los elementos que van en el fondo marino.

A continuación se describirá un programa de perforación de tipo general para cada una de estas técnicas usadas en el Golfo de México:

A. En plataformas flotantes.

Estando el equipo flotante ya situado en - una posición en la cual el centro de la rotaria - coincide con el punto de localización, se procede a la perforación del pozo.

La perforación principiará con la medida - del tirante de agua y por tanto la profundidad del lecho marino.

La profundidad que se obtenga de este son-deo, será un dato de comprobación, ya que en el estudio hecho para transportar el equipo de perforación a la localización, se consideró dicha profundidad.

En seguida se fija la profundidad a la cual se localiza el objetivo del pozo por perforar, y - se diseñan los programas de tuberías y barrenas para lograrlo. Estos programas los realiza el Depar-

tamento de Ingeniería Petrolera.

En los puntos siguientes se indica un programa de tipo general:

Corte de núcleo:

Para efectuar esta operación, se arma un -- muestreo y se baja con lastrabarrenas hasta el fon do marino, y sin rotación y con bombeo, se baja -- hasta donde se encuentre la formación que no permi ta continuar en esta forma. Entonces, se empieza a dar rotación y se corta el núcleo. El muestrero es de 16 cm. (6 1/4") con corona de 22 cm. (8 9/16").

La finalidad de este núcleo, es la de tener información de la compactación y composición tanto del lecho marino como de las formaciones someras, -- para que pueda sostener las patas de una platafor-- ma fija permanente, en caso que el pozo sea produc-- tor y el área se vaya a explotar en gran escala; -- además para determinar con seguridad, que no se su mirá ni perdiera su verticalidad al colgarle las te berfas de revestimiento, que se cementarán poste-- riormente a la cementación de la T.R. de 76 cm. -- (30").

Ampliación del agujero de 91 cm. (36"):

El siguiente paso es meter barrena de 31 cm. (12 1/4") y perforar hasta la profundidad progr ama da donde se cementará la primera T.R. que es de 76 cm. (30"). La perforación de este primer agujero -- se hace con agua de mar y no hay recuperación de -- recortes. Una vez alcanzada la profundidad, se pro

cede a llenar el agujero con lodo bentonítico para evitar derrumbes y poder correr los registros geofísicos, con ayuda del buzo que guía la sonda hacia el agujero. Después de esto se amplía el agujero a 91 cm. (36").

Cuando se ha ampliado el agujero a 91 cm. (36"), y antes de sacar la tubería, se hace una medición de la desviación del pozo.

Corrida de la T.R. de 76 cm. (30"):

Para ademar el agujero de 91 cm. (36") con T.R. de 76 cm. (30"), primeramente se rectifica la longitud de ésta, para que quede asentada en el fondo del pozo y sobresalga del fondo marino de 1 a 1.5 m.

Antes de correr la T.R., se efectúa en el contrapozo el ensamble compuesto por base exagonal, estructura guía y estructura guía para TV., mediante tornillos y tuercas.

En seguida se procede a correr la T.R. con zapata guía a través del conjunto anterior. El último tramo de la T.R., que se introduce al pozo, trae soldado el cabezal de 76 cm. (30"), y éste se baja junto con el conjunto de estructuras unido a él por medio de pernos.

La tubería, el cabezal, la estructura guía y la base exagonal se bajarán, hasta quedar ésta última a 1 ó 1.5 m. arriba del lecho marino, con soldador de 76 cm. (30") de rosca izquierda tipo listón, enroscado éste en la parte interna y supe-

rior del cabezal.

En la parte superior del soldador habrá una caja de conexión para tubería de perforación de 13 cm. (5"), con la cual se efectuará el descenso y cementación de la T.R. de 76 cm. (30").

Para hacer la cementación se coloca en la tubería de perforación una botella de cementación.

La cementación de la T.R. de 76 cm. (30") - se hace por circulación, agregándole un 100% de ex ceso de cemento, a través de la tubería de perforación, retornando el cemento al lecho marino por el espacio anular. Aquí se baja un buzo para confirmar si el cemento salió al lecho marino. Esto se hace porque esta primera T.R. servirá de sustentación para la estructura gufa y el cabezal de 53 cm. (20 3/4").

Después de efectuada la cementación y haber esperado el fraguado, se procede a desanclar el soldador dando vuelta a la tubería de perforación a la derecha. En seguida se coloca el buje protector, el cual sirve para evitar que se dañe el cabezal al golpear la tubería de perforación con él.

Instalación de preventor Hydrill y el con ductor marino:

El siguiente paso consiste en instalar el preventor Hydrill de 61 cm. (24"). Este se arma en la superficie y consta de un conector hidráulico, una brida y el preventor Hydrill, el cual lleva un mandril en la parte superior, tiene rosca izquier-

da en su interior, que es donde enrosca el soltador. El Hydrill se baja con tubería de perforación y con ayuda de un buzo se asegura que el conector-hidráulico se instale en el cabezal de 76 cm. - (30"). Luego se prueba su correcta instalación, sometiendo el conjunto a tensión. Si quedó bien instalado, se desenrosca el soltador y se saca la tubería de perforación.

Este preventor de 61 cm. (24") lleva únicamente la línea de estrangular.

Después que se ha colocado debidamente el preventor, se instalan encima de éste; el conector hidráulico, la junta esférica, la tubería del conductor marino, la junta telescópica y el desviador de flujo, todo el conjunto tiene un diámetro de 61 cm. (24"). Después de instalado se prueba con tensión, para verificar su correcta instalación. Todas estas operaciones se hacen con ayuda de los cables guías.

Posteriormente se instala la línea de flujo y la campana.

Estando todo el equipo y elementos antes mencionados debidamente instalados, el pozo se encuentra en condiciones de seguir las operaciones de perforación.

Perforación del agujero de 66 cm. (26"):

La siguiente operación es eliminar el cemento que quedó en el interior de la T.R. de 76 cm. - (30"), en seguida se sigue perforando con barren-

de 31 cm. (12 1/4"), hasta donde se cementará la segunda T.R. de 51 cm. (20").

Luego de perforar el agujero con agua de mar, se cambia ésta por lodo de perforación para evitar derrumbes, y se corren los registros geofísicos para obtener información de las formaciones que se están atravesando, en seguida se amplía el agujero a 66 cm. (26").

Corrida de la T.R. de 51 cm. (20"):

Antes de hacer la corrida de la T.R. de 51 cm. (20"), se asegura que no haya flujo del pozo hacia la superficie; siendo así se procede a desconectar la línea de flujo y a sacar el conductor marino y el preventor Hydrill; dejando libre el cabezal de 76 cm. (30"), y se saca el buje protector del cabezal.

La siguiente operación es meter la T.R. de 51 cm. (20"); esta tubería lleva cople diferencial y zapata flotadora.

Hay que recordar que no hay conducción desde la superficie al pozo, para lo cual es necesario que la zapata entre al pozo con ayuda de un buzo. Al último tramo de la tubería se le quita el cople y se enrosca el cabezal de 53 cm. (20 3/4") que tiene caja.

Después con ayuda del soldador y tubería de perforación se baja la T.R. de 51 cm. (20"), y se asienta el cabezal de 53 cm. (20 3/4") en el cabezal de 76 cm. (30").

En seguida se hacen los ajustes necesarios para que la tubería de perforación quede aproximadamente 1.5 m. arriba del nivel de la mesa rotatoria, para después colocarle la botella de cementación. Se efectúa la cementación de la T.R. y se espera a que frague; luego se desancla el soldador y se saca. Se toma la profundidad a la cual quedó el cabezal de 53 cm. (20 3/4"). Esta cementación se hace con la unidad de alta presión y por desplazamiento volumétrico.

Instalación de preventores. Prueba superficial y del cabezal:

Siempre, antes de bajar el conjunto de preventores hay que probarlos en la superficie en el cabezal de prueba. El conjunto de preventores que se instalan es de 53 cm. (20 3/4"), tipo "U", de 141 kg/cm² (2 000 lb/pg²). Dicho conjunto se baja en la misma forma que el preventor Hydrill.

Este conjunto consta de: Un Hydrill, dos preventores dobles, en los cuales van instalados las compuertas (rams) de la siguiente manera:

Preventor número 1, ciego; preventor número 2, de 19 cm. (7 5/8"); preventores 3 y 4, de 13 cm. (5"). No hay que olvidar dar tensión para verificar su correcto anclaje.

Después de sentar el conjunto de preventores, se procede a probar las posibles fugas entre el cabezal de 53 cm. (20 3/4") y el conector hidráulico. Para tal efecto se baja un probador con tubería de perforación, el cual asienta en el cabe

zal de 53 cm. (20 3/4"). El probador lleva tres anillos "O" en la parte exterior; éstos sellan con el interior del cabezal. Después cerrando el preventor número 3 se lleva a cabo la prueba, aplicando 141 kg/cm² (2 000 lb/pg²) de presión por la línea de matar.

Esta prueba se observa durante 30 minutos y si no hay abatimiento de presión se dá por buena.- En dado caso que haya abatimiento, se efectúa la prueba con una mezcla de aceite nacional soluble y agua (que da una coloración lechosa) y se envía un buzo a observar por donde existe la fuga.

Después de probado el cabezal de 53 cm. - (20 3/4") y el conjunto de preventores, se procede a meter el buje protector para el cabezal de 53 cm. (20 3/4"), con soltador y tubería de perforación.- Posteriormente se instalan las líneas de matar y estrangular, el conductor marino y la línea de flujo.

El conductor marino en cada tramo lleva dos embudos guías encontrados, los cuáles se corren sobre las líneas de matar y estrangular, lo que sirve junto con dos guías que van en el conector hidráulico, para que el conductor baje alineado al conjunto de preventores.

Perforación del agujero de 44 cm. (17 1/2");

Continuando con las operaciones de perforación, se sigue con la perforación del agujero de 44 cm. (17 1/2") hasta la profundidad programada.- Inmediatamente después de terminar la perforación-

de dicho agujero, se procede a correr registros - geofísicos.

Corrida de la T.R. de 34 cm. (13 3/8"):

Antes de empezar a correr la T.R. de 34 cm. (13 3/8"), hay que sacar el buje protector del cabezal de 53 cm. (20 3/4"), después de esto, se empieza a correr dicha tubería. Se conoce la profundidad a la cual quedó el cabezal de 53 cm. (20 - - 3/4"), y en base a esto se hace el cálculo para poder colocar el cabezal de 35 cm. (13 5/8") de la T.R. adecuadamente. El cabezal de esta tubería se asienta en el cabezal de 53 cm. (20 3/4"). Después de colocar el cabezal de 35 cm. (13 5/8") se instala el soldador, el cual tiene rosca izquierda, e inmediatamente arriba se continúa metiendo la T.R. de 34 cm. (13 3/8") que sirve como conductora para hacer la cementación; por último se coloca la cabeza de cementación en la T.R., para después efectuar el desplazamiento; esta tubería lleva cople - flotador a 2 ó 3 tramos de la zapata flotadora.

Instalación y prueba del elemento sello, de la T.R. de 34 cm. (13 3/8"):

El elemento sello se instala con la finalidad de evitar fugas en el espacio anular que hay entre la T.R. de 51 cm. (20") y la T.R. de 34 cm. (13 3/8"). Dicho elemento sello se coloca con la ayuda de un soldador y la tubería de perforación; éste se fija en la parte superior del cabezal de la T.R. de 34 cm. (13 3/8") a través de unos segmentos de acero que tienen resortes y quedan sujetos en el bisel interior del cabezal de 53 cm. - -

(20 3/4").

La siguiente operación después de instalar el elemento sello, es meter un probador que se asienta en la parte inferior del cabezal de la T.R. de 34 cm. (13 3/4"), y luego cerrando las compuertas (rams) del preventor número 3 se aplica presión por la línea de matar. Si no hay abatimiento de presión, todo quedó en perfectas condiciones de trabajo. En dado caso que haya abatimiento se revisará el conjunto de elementos.

Cambio de preventores:

El cambio de preventores se hace para tener mayor seguridad al estar perforando a mayor profundidad.

El conjunto de preventores que estaba operando anteriormente se elimina, y se instala un conjunto de preventores de menor diámetro, de 35 cm. (13 5/8") y presión de 352 kg/cm² (5 000 lb/pg²). A este conjunto de preventores se le hace la misma prueba superficial y del cabezal. Posteriormente se instala el buje protector en la parte superior del elemento sello. En seguida se instalan las líneas de matar y estrangular, conductor marino y línea de flujo.

Perforación del agujero de 31 cm. (12 1/4"):

Continuando con las operaciones de perforación, se sigue con la perforación del agujero de 31 cm. (12 1/4") hasta la profundidad programada. Inmediatamente después de terminar la perforación-

de dicho agujero, se procede a correr registros geofísicos.

Corrida de la T.R. de 24 cm. (9 5/8"):

Antes de correr la T.R. de 24 cm. (9 5/8")- hay que sacar el buje protector del cabezal de 35-cm. (13 5/8"). Posteriormente se empieza a correr la T.R. de 24 cm. (9 5/8"). Con la profundidad conocida, a la cual quedó el cabezal de 35 cm. (13 - 5/8"), y en base a ésto se hace el cálculo para poder colgar la T.R. de 24 cm. (9 5/8"). El colgador de esta tubería se aloja en el interior del cabezal de 35 cm. (13 5/8") y en la parte superior del elemento sello. Después del colgador se coloca el saltador, que tiene rosca izquierda, y a continuación se sigue corriente T.R. de 24 cm. (9 5/8") - hasta un poco arriba de la mesa rotatoria, la cual servirá para hacer la cementación. La cementación se efectúa por desplazamiento, y al igual que la T.R. anterior que se cementó lleva cople flotador, zapata flotadora y tapones de desplazamiento.

Después de comprobar que no haya flujo del peso hacia la superficie, se procede a sacar el conjunto de preventores y el conductor marino o en dado caso utilizar a los buzos para hacer el cambio de compuertas (rams) de los preventores; las compuertas (rams) de 13 cm. (5") se cambian por compuertas (rams) de 9 cm. (3 1/2"), y las compuertas (rams) de 19 cm. (7 5/8") se cambian por unas ciegas. Este conjunto, antes de bajarse, debe probarse en la superficie a 352 kg/cm² (5 000 lb/pg²) de presión, con el cabezal de prueba.

Esta prueba es de gran importancia, ya que el pozo a esta profundidad se encuentra en formaciones productoras o de altas presiones en donde hay peligro de reventones.

El conjunto de preventores de 35 cm. (13 -- 5/8") queda como sigue: Un preventor Hydrill, dos preventores dobles, en los cuales las compuertas (rams) quedan instalados de la siguiente manera:

Preventores 1 y 2, ciegos; preventores 3 y 4 de 9 cm. (3 1/2"). La instalación y prueba del conjunto de preventores, ya se explicó. Posteriormente se instala el conductor marino y la línea de flujo.

Instalación y prueba del elemento sello, de la T.R. de 24 cm. (9 5/8"):

Se procede a instalar el elemento sello, éste servirá para aislar el espacio anular entre la T.R. de 34 cm. (13 3/8") y la T.R. de 24 cm. (9 5/8"), y se instala en la parte superior del colgador de la T.R. de 24 cm. (9 5/8")..

El procedimiento de instalación y prueba, es el mismo que el anterior.

En seguida se coloca el buje protector consultador y tubería de perforación.

Perforación del agujero de 22 cm. (8 1/2"):

A continuación se sigue perforando con barrenas de 22 cm. (8 1/2"), hasta la profundidad pro

gramada, y después se corren registros geofísicos.

Corrida de la T.R. de 18 cm. (7"):

Antes de correr la T.R. de 18 cm. (7"), hay que sacar el buje protector; posteriormente se corre la T.R., y el último tramo lleva enroscado el colgador para dicha tubería, que quedará instalado en la parte superior del elemento sello. Después del colgador se coloca el soldador, y a continuación se sigue corriendo la T.R. de 18 cm. (7"), hasta 1.5 m. arriba de la mesa rotatoria, la cual servirá para efectuar la cementación; posteriormente se le coloca la cabeza de cementación y se procede a iniciar la cementación.

Esta cementación se hace por desplazamiento volumétrico, ya que los últimos tramos de tubería que están en el fondo tienen cople flotador y zapa ta flotadora.

Después de comprobar que no hay flujo del pozo hacia la superficie, se procede a instalar el elemento sello; éste servirá para aislar el espacio anular que hay entre la T.R. de 24 cm. (9 5/8") y la T.R. de 18 cm. (7"). Y se coloca en la parte superior del colgador de la T.R. de 18 cm. (7").

El procedimiento de instalación y prueba es el mismo que se hizo con la T.R. de 34 cm. (13 3/8"). Luego se le coloca el buje protector para continuar perforando.

Perforación del agujero de 13 cm. (5 1/4"):

El siguiente paso es perforar con barrena - de 13 cm. (5 1/4"), hasta la profundidad programada, para después correr los registros geofísicos.

Corrida de la T.R. corta de 11 cm. (4 1/2"):

Para correr la T.R. corta se emplea un procedimiento diferente a las demás corridas. Se utilizan herramientas especiales para suspenderla de la T.R. anterior, o sea de la de 18 cm. (7"). El procedimiento es el siguiente:

Esta T.R. corta prevista de cople flotador y zapata flotadora, es bajada lentamente con ayuda de un soldador colocado en el extremo inferior de la tubería de perforación de 9 cm. (3 1/2"). Este soldador está constituido por cuatro piezas que son: Un cople que va atornillado al último tramo de la T.R. corta de 11 cm. (4 1/2"), llevando en su parte superior rosca izquierda; ahí se conecta un mandril que penetra dentro de la T.R. corta de 11 cm. (4 1/2"), llevando dos copas de hule invertidas. La función de estas copas es impedir el flujo entre el mandril y la T.R. corta de 11 cm. (4 1/2") en circulación directa.

La T.R. corta queda sujeta a la T.R. de 18 cm. (7") por medio de un empacador permanente, al cual, aplicándole peso, se encajan en ésta las cuñas. En esta forma queda colgada la T.R. corta.

Para desanclar el soldador, se da vuelta a la derecha y se levanta, con el indicador de peso se verifica si efectivamente se desancló el soldador, ya que se conoce el peso de la T.R. corta de

11 cm. (4 1/2").

En la parte inferior del mandril se conecta a través de pernos, el tapón de desplazamiento, y todo el conjunto se introduce en la T.R. corta. El tapón es de hule y bronce, y permite el paso del fluido a través de él y su función es desplazar la lechada de cemento hasta el cople flotador.

Al efectuarse la cementación, la lechada de cemento viene siendo desplazada por un tapón desde la cabeza de cementación.

Este tapón está constituido por un cuerpo metálico perforable y tres copas de hule de diámetros diferentes, que van de acuerdo al diámetro interior de la tubería de perforación de 9 cm. (3 1/2"); al llegar este tapón, al de desplazamiento que está en el soldador, se aloja éste y lo desplaza hasta el cople flotador.

Prueba de la T.R. corta de 11 cm. (4 1/2"):

La operación después de la cementación de la T.R. corta, consiste en probarla. Los pasos preliminares a seguir para llevar a cabo dicha prueba son:

- 1.- Limpiar perfectamente la T.R. de 18 cm. (7") - con escariador.
- 2.- Meter un molino dentro de la T.R. corta hasta el cople flotador.
- 3.- Agregar el escariador para la T.R. corta y ba-

jar nuevamente hasta el cople flotador.

- 4.- Tomar los registros de cementación, radioactivos, y de coples.
- 5.- Colocar un colchón de agua aproximadamente de 25 m. abajo y 30 m. arriba de la parte superior de la T.R. corta; luego se saca la tubería.
- 6.- Bajar la tubería con un empacador recuperable, con válvula de circulación, válvula de seguridad y martillo; la válvula de seguridad y circulación operan mecánicamente; se ancla y se prueba la efectividad del empacador.

El empacador que se usa más comúnmente es el RTTS o Set Down, que tienen la particularidad de que con ellos se efectúan operaciones de prueba, estimulación y cementación forzada. Este empacador debe colocarse aproximadamente 25 m. arriba de la parte superior de la T.R. corta; y la tubería de perforación se coloca más o menos 5 m. dentro de la T.R. corta, para estar seguros de que está limpia de lodo.

- 7.- Se procede a efectuar la prueba de alivio y de presión; éstas se llevan a cabo en seno acuoso (agua).

La prueba de alivio se efectúa como sigue:- Con la tubería de perforación total o parcialmente llena de agua, se abre el pozo para aplicar la presión hidrostática; si la formación aporta fluidos a la superficie, quiere decir que la T.R. corta -

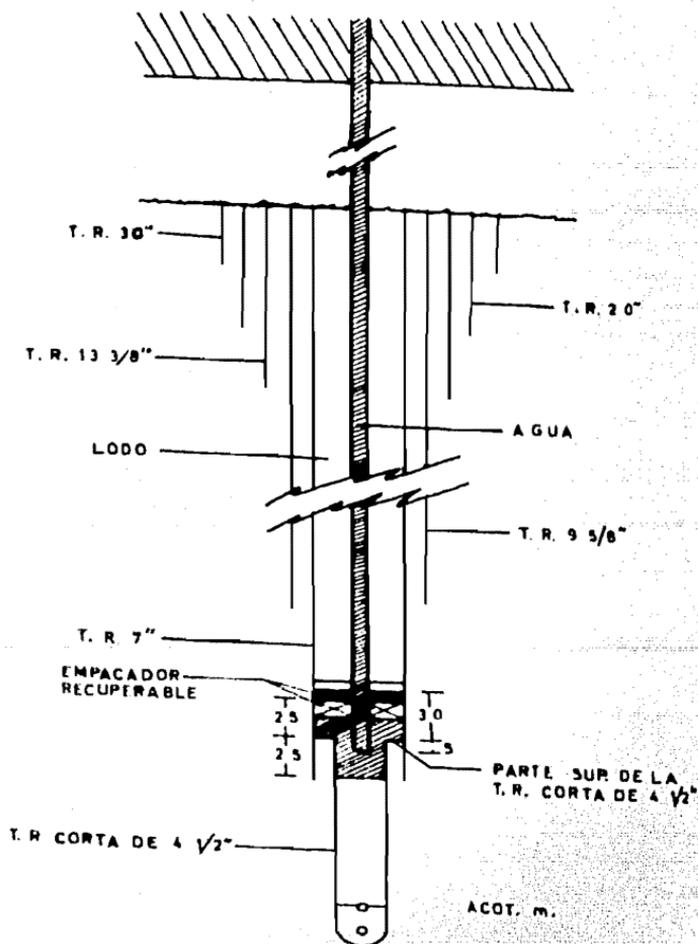
quedó mal cementada. En este caso se procederá a cementar a presión la parte superior de la T.R. corta.

Si la prueba es satisfactoria, se procederá a aplicar presión diferencial en la parte superior de la T.R. corta, aproximadamente de 150 kg/cm^2 - (331 lb/pg^2), si se abate, se procederá a recementarla; en caso contrario, se dará por terminada la perforación, cerrando el pozo, para posteriormente hacer los preparativos para la prueba de producción. (ver figura 22).

Si la prueba de producción sale satisfactoria y costeable, desde el punto de vista económico, se procederá a colocar una plataforma fija permanentemente para poner al pozo en explotación y perforar otros que serán de desarrollo. Si es todo lo contrario se taponará el pozo, y se trasladará el equipo de perforación flotante a otra localización.

B. En plataformas hincadas en el fondo del mar.

La técnica de perforar en una plataforma hincada en el lecho marino varía con respecto a una plataforma flotante, en los dispositivos de control, pues éstos estarán localizados en el piso de pervertores (contrapozo) de la plataforma hincada en el fondo del mar; además este equipo de perforación no lleva conductor marino, para lo cual, la T.R. de 76 cm. (30") servirá como conexión y comunicación en la perforación entre el lecho marino y el equipo de perforación.



PRUEBA DE LA TR CORTA DE 4 1/2"

FIGURA 22

El procedimiento de perforación tanto del equipo flotante, como del equipo hincado en el lecho marino es el mismo.

La técnica de perforación en un equipo de perforación hincado en el lecho marino, se describirá a continuación, considerando la diferencia que hay entre la técnica de perforación en equipos hincados en el lecho marino y los flotantes.

Los pasos a seguir para esta técnica son los siguientes:

Teniendo la plataforma hincada en el lecho marino en la localización deseada y orientada de acuerdo a las corrientes, vientos y olas dominantes, se procede a perforar el pozo objetivo, tomando en consideración el programa de perforación, diámetros de tubería y barrenas. Este programa lo realiza el Depto. de Ingeniería Petrolera, en conjunto con los demás departamentos.

Corte de núcleo:

Para iniciar la operación de perforación, se arma un muestrero y se baja con lastrabarreras hasta el lecho marino, y sin rotación y con bombeo se baja hasta donde se encuentre la formación consistente que no permita continuar en esta forma; entonces, se empieza a dar rotación y se corta el núcleo. El muestrero es de 16 cm. (6 1/4") con corona de 22 cm. (8 9/16").

El objeto de cortar el núcleo, es para tener información de la composición y compactación,

tanto del fondo marino como de las formaciones someras. La aportación de datos obtenidos por estos núcleos serán utilizados para efectuar estudios geológicos y análisis de mecánica de suelos; además para determinar la manera en que se cementará la T.R. de 76 cm. (30"), que será la base de los demás colgadores de las tuberías de revestimiento que se cementaran posteriormente.

La longitud de la T.R. de 76 cm. (30") dependerá de la compactación de las formaciones someras, dándole así a la T.R. de 76 cm. (30") rigidez en su instalación. También el corte de núcleo tiene la finalidad de encontrar la profundidad a la cual se encuentran los estratos consistentes, para que pueda sostener las patas de una plataforma fija permanente, en dado caso que el pozo salga productor y el área se vaya a explotar en gran escala.

Ampliación del agujero de 22 cm. (8 9/16") a 91 cm. (36"):

Con barrena de 31 cm. (12 1/4"), se procede a perforar hasta la profundidad programada con agua de mar, sin obtener cortes de formación, y en seguida se llena el agujero con fluido de perforación para evitar derrumbes; luego se corren registros geofísicos, para tener conocimiento de las formaciones que se han atravesado. Posteriormente se amplía el agujero a 91 cm. (36") utilizando agua de mar; seguido de esto, se vuelve a llenar el agujero con fluido de perforación, para luego proceder a correr la T.R. de 76 cm. (30").

Antes de sacar la tubería de perforación se

hace una medición de la desviación del pozo. Esto se hace en todo el trayecto de la perforación del pozo.

Corrida de la T.R. de 76 cm. (30"):

El primer tramo de la T.R. de 76 cm. (30")- que se corre en el agujero, lleva zapata gufa, y los demás tramos van enroscados hasta el lecho marino. El último tramo de T.R. que va al nivel del lecho marino lleva un anillo colgador de 76 cm. -- (30") soldado y una junta VETCO, conectada a 2 m., arriba del lecho marino; en seguida se sigue corriendo T.R. de 76 cm. (30") hasta quedar 1 ó 1.5 m. arriba de la mesa rotatoria, para colocarle una cabeza de cementación y proceder a cementarla con el equipo de Halliburton.

Esta cementación se hace por circulación, - agregándole un 100% de exceso de cemento. El cemento deberá salir al lecho marino por el espacio anular entre el agujero de 91 cm. (36") y la T.R. de 76 cm. (30"); para esto se baja un buzo para comprobar que el cemento ha salido.

Una vez comprobado, se espera a que frague el cemento, y se prueba la cementación de la T.R. de 76 cm. (30") con presión. Concluida la prueba, se quita la cabeza de cementación y se corta la T.R. de 76 cm. (30") a la altura del contrapozo - (base de los preventores), soldándole una brida de 76 cm. (30") en la parte superior y conectándole un preventor Hydrill de 75 cm. (29 1/2"), con presión de trabajo de 35 kg/cm²; (500 lb/pg²); arriba de este se instalan un desviador de flujo, línea -

de flujo y campana.

La T.R. de 76 cm. (30"), sirve como conductora y base para la conexión de los preventores y demás elementos.

Perforación del agujero de 66 cm. (26"):

A continuación se limpia la T.R. de 76 cm. (30") con barrena y escariador, y se prosigue perforando con barrena de 44 cm. (17 1/2") hasta la profundidad programada con agua de mar; en seguida se cambia el agua de mar por fluido de perforación para correr los registros geofísicos.

El fluido de perforación debe tener las características necesarias para evitar el flujo de fluidos de cualquier tipo hacia la superficie. Concluida la corrida de registros, se procede a ampliar el agujero a 66 cm. (26") con agua de mar, para posteriormente cambiarla por fluido de perforación.

Corrida de la T.R. de 51 cm. (20"):

La corrida de la T.R. de 51 cm. (20"), se lleva a cabo por el interior del preventor Hydrill. El primer tramo de tubería que se corre, lleva en su parte inferior una zapata flotadora y a dos tramos de ésta, un cople diferencial.

Estos dispositivos tienen la finalidad de evitar que el fluido que se está introduciendo se regrese. Arriba del cople diferencial se sigue corriendo T.R. de 51 cm. (20") hasta el lecho marino,

en donde llevará un anillo colgador de 51 cm. - (20"), el cual se sentará en el anillo colgador de 76 cm. (30"). Arriba del colgador lleva conectada una junta VETCO; posteriormente se sigue corriendo T.R. de 51 cm. (20") hasta quedar 1 ó 1.5 m. arriba de la mesa rotatoria, luego se le coloca la cabeza de cementación para proceder a hacer la cementación de la T.R. de 51 cm. (20"). Esta cementación se efectúa por desplazamiento volumétrico.

Concluida la cementación, se espera a que - frague para proceder a probar la cementación dándole la presión o abriendo el agujero a la atmósfera. - Si la prueba es satisfactoria, se quita el preventor Hydrill, el desviador de flujo y la línea de flujo; luego se corta la T.R. de 51 cm. (20") en el contrapozo, al nivel donde está colocada la brida de 76 cm. (30"), para después soldarle el cabezal de 53 cm. (20 3/4"); este cabezal va conectado a la brida de 76 cm. (30") y tiene dos válvulas lateralmente opuestas, que sirven para descargas en caso de que haya flujo entre la T.R. de 76 cm. - (30") y la T.R. de 51 cm. (20").

Arriba del cabezal de 53 cm. (20 3/4") lleva conectado un preventor tipo "U" de 51 cm. (20") y presión de trabajo de 141 kg/cm^2 (2 000 lb/pg²), con compuertas (rams) anulares y ciegas. En seguida un preventor Hydrill de 51 cm. (20") y presión de trabajo de 141 kg/cm^2 (2 000 lb/pg²), un carrete de 51 cm. x 76 cm. (20" x 30"), un desviador de flujo de 76 cm. (30") y presión de trabajo de 35 kg/cm^2 (500 lb/pg²), el preventor Hydrill de 75 cm. (29 1/2") y la línea de flujo.

Perforación del agujero de 44 cm. (17 1/2"):

Antes de seguir perforando, se coloca el buje protector, que sirve para evitar que se dañe el cabezal al golpear la tubería de perforación con él. El buje protector se baja con soldador y tubería de perforación hasta el interior del cabezal - de 53 cm. (20 3/4"). A continuación se sigue perforando hasta la profundidad programada y al término de la perforación se corren los registros geofísicos correspondientes.

Corrida de la T.R. de 34 cm. (13 3/8"):

Antes de correr la T.R. de 34 cm. (13 3/8"), se sacará el buje protector.

La T.R. lleva cople flotador y zapata flotadora, y se corre hasta el lecho marino, donde se le coloca el anillo colgador y la junta VETCO. - - Arriba de la junta, se sigue corriendo T.R. de 34 cm. (13 3/8") hasta quedar a 1 ó 1.5 m. arriba de la mesa rotatoria, donde se le colocará su cabeza de cementación, para proceder hacer la cementación.

Terminado el tiempo de fraguado se procede a probar la cementación de la T.R. de 34 cm. - - (13 3/8"). En seguida se quita la cabeza de cementación y el aparejo de preventores.

Luego se corta la T.R. de 34 cm. (13 3/8") - y se le suelda el cabezal de 35 cm. (13 5/8"), el cual tendrá un colgador de cuñas, que afianzan a la T.R. de 34 cm. (13 3/8"); el cabezal de 35 cm. (13 5/8") se conecta al cabezal de 53 cm. - - -

(20 3/4"). Arriba del cabezal de 35 cm. (13 5/8")- se coloca un carrete de 35 cm. (13 5/8"), con dos válvulas laterales, que sirven como líneas de mactar, con presión de trabajo de 352 kg/cm^2 (5 000 - 1b/pg^2); en seguida lleva un medio carrete que servirá de conexión para los demás elementos.

Este carrete es de 35 cm. (13 5/8") y presión de trabajo de 703 kg/cm^2 (10 000 1b/pg^2); - - arriba de este, tiene una grampa y un preventor sencillo de 35 cm. (13 5/8"), y presión de trabajo de 703 kg/cm^2 (10 000 1b/pg^2) de compuertas (rams) anulares de 13 cm. (5"). Luego se le coloca una grampa; un preventor tipo "U" de 35 cm. (13 5/8")- con compuertas (rams) ciegas y anulares de 13 cm. (5"), y presión de trabajo de 703 kg/cm^2 (10 000 - 1b/pg^2); una grampa, y por último un preventor Hydrill de 35 cm. (13 5/8") y presión de trabajo de 352 kg/cm^2 (5 000 1b/pg^2) y la línea de flujo;

Todo el equipo de preventores, antes de su conexión es probado en la base de los preventores.

Instalación y prueba del elemento sello de la T.R. de 34 cm. (13 3/8"):

El elemento sello se instala con la finalidad de evitar fugas en el espacio anular que hay entre la T.R. de 51 cm. (20") y la T.R. de 34 cm. (13 3/8"). El sello se coloca con ayuda de un soldador y tubería de perforación. Este se fija en la parte superior del cabezal de 35 cm. (13 5/8"), a través de unos segmentos de acero que tienen resortes y quedan sujetos en el bisel interior del cabezal de 53 cm. (20 3/4").

La siguiente operación, es meter un probador que asienta en la parte inferior del cabezal - de 35 cm. (13 5/8"); luego, cerrando las compuertas (rams) de los preventores, se aplica presión por las líneas de matar. Si no hay abatimiento de presión, todo quedó en perfectas condiciones; en caso contrario hay que revisar el elemento sello.

Perforación del agujero de 31 cm. (12 1/4"):

Antes de seguir perforando, se le coloca su buje protector en el cabezal de 35 cm. (13 5/8").

A continuación se perforará el agujero de - 31 cm. (12 1/4") hasta la profundidad programada. - Concluida la perforación, se procede a correr los registros geofísicos.

Corrida de la T.R. de 24 cm. (9 5/8"):

Antes de proceder a correr la T.R. con - - - - - ple flotador y zapata flotadora, se quita el buje - - - - - protector del cabezal de 35 cm. (13 5/8"). Al - - - - - igual que la T.R. de 34 cm. (13 3/8"), la T.R. de - - - - - 24 cm. (9 5/8") lleva anillo colgador de 24 cm. - - - - - (9 5/8"), que siénta en el anillo colgador de 34 cm. (13 3/8") y su junta VETCO. En seguida de la junta, se continúa corriendo T.R. de 24 cm. (9 5/8").

Con la profundidad conocida a la cual quedó el cabezal de 35 cm. (13 5/8"), y en base a esto, - - - - - se hace el cálculo para poder colgar la T.R. de 24 cm. (9 5/8"). El colgador de esta tubería se aloja en el interior del cabezal de 35 cm. (13 5/8").

Después del colgador se coloca un soldador (rosca izquierda), y a continuación se sigue corriendo la T.R. de 24 cm. (9 5/8") hasta quedar a 1 ó 1.5 m. arriba de la mesa rotatoria; luego se le coloca la cabeza de cementación y se procede a efectuar la cementación, ésta se hace por desplazamiento volumétrico. Igual que la tubería que se cementó anteriormente llevará cople flotador y zapata flotadora y tapones de desplazamiento.

Después de comprobar la cementación y de que no haya flujo de fluidos hacia la superficie, se procede a sacar el soldador. Posteriormente se hace el cambio de compuertas (rams) de 13 cm. (5") a 9 cm. (3 1/2").

En seguida se prueba el aparejo de preventores a presión.

Instalación y prueba del elemento sello de la T.R. de 24 cm. (9 5/8"):

Se procede a instalar el elemento sello; este servirá para aislar el espacio anular que hay entre la T.R. de 34 cm. (13 3/8") y la T.R. de 24 cm. (9 5/8"), y se coloca en la parte superior del colgador de la T.R. de 24 cm. (9 5/8").

El procedimiento de instalación y prueba es el mismo que el anterior. Luego se procede a colocar el buje protector con soldador, para continuar con las operaciones de perforación.

Perforación del agujero de 22 cm. (8 1/2"):

Continuando con las operaciones de perforación, se llega hasta la profundidad programada, para después correr los registros geofísicos.

Corrida de la T.R. de 18 cm. (7"):

Antes de correr la T.R. de 18 cm. (7"), se sacará el buje protector. Posteriormente se corre la tubería con cople flotador, zapata flotadora y anillo colgador que quedará instalado y sentado en el anillo colgador de 24 cm. (9 5/8").

A continuación se le conecta la junta VETCO y se sigue corriendo la T.R. hasta donde se encuentra el cabezal de 35 cm. (13 5/8"), donde lleva un colgador, que se ubicará en la parte superior del elemento sello; después del colgador se coloca el soltador y se continua corriendo la T.R. de 18 cm. (7") quedando a 1 ó 1.5 m. arriba de la mesa rotatoria; en seguida se coloca la cabeza de cementación para luego proceder a efectuar la cementación.

Esta cementación se hace por desplazamiento volumétrico; ya que lleva tapones de desplazamiento.

Después de comprobar de que no haya flujo - del pozo hacia la superficie, se procede a instalar el elemento sello en la parte superior del colgador de la T.R. de 18 cm. (7"). El procedimiento de instalación y prueba, es el mismo que se hizo con la T.R. de 34 cm. (13 3/8"). Posteriormente se le coloca el buje protector.

Perforación del agujero de 13 cm. (5 1/4"):

A continuación se sigue perforando con barrera de 13 cm. (5 1/4"), hasta la profundidad programada; después se corren los registros geofísicos.

Corrida de la T.R. corta de 11 cm. (4 1/2");

La corrida y cementación de la T.R. corta de 11 cm. (4 1/2"), se hace utilizando la misma técnica empleada en el equipo flotante; lo mismo que la prueba de la T.R. corta.

Si todo lo anterior sale satisfactoriamente se dará por terminada la perforación, para después efectuar la prueba de producción.

Considerando que la prueba de producción es buena y costeable económicamente, se procederá a colocar una plataforma fija permanente para poner el pozo en explotación. Si es todo lo contrario se taponará el pozo y se trasladará el equipo a una nueva localización.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La perforación marina, independientemente de su especialización, al incorporar elementos navales para su funcionamiento requiere de dispositivos de diseño no comunes a la perforación terrestre. Estos dispositivos incluyen desde herramientas especiales para absorber el movimiento de las unidades, hasta equipo de control y terminación del pozo que en sí tiene sus variantes, que dependen del tipo de terminación y de otras circunstancias.

El estudio previo al desarrollo de los campos petrolíferos marinos debe incluir como muy importante, lo relacionado al conocimiento del medio ambiente marino y a la mecánica de suelos, ya que de esto dependerá primordialmente la planeación de las instalaciones y operaciones que posteriormente contribuirán al desarrollo de los campos petrolíferos.

Se puede decir que como resultado de la intensa investigación efectuada para efectos de perforación marina, se considera que las plataformas de tipo semi-sumergibles son las más adecuadas por presentar un mejor equilibrio entre costo, seguridad y operación. Además de tener una gran capacidad de almacenamiento, que permite operar en condiciones muy favorables de autonomía,

Las plataformas de perforación con forma de embarcación, esto es, barcos, catamarán y barcaza, no son las más indicadas desde el punto de vista de la estabilidad, aun cuando su área de trabajo -

es mucho más amplia que la de cualquier tipo de plataforma; por ésto se recomienda utilizar plataformas semi-sumergibles en tirantes de agua más grandes, ya que son más estables.

Las plataformas flotantes son un dispositivo altamente dinámico que requiere de mucha atención en lo que respecta al tipo de amarre, pues están limitadas por las condiciones oceanográficas.

Las de tipo elevadizo compiten ventajosamente en costo con las señaladas anteriormente; la principal ventaja que ofrecen es que una vez instaladas en su sitio de trabajo pueden operar prácticamente en cualquier condición del tiempo; su desventaja es que no pueden operar en tirantes de agua muy grandes y además al remolcarlas tienen el peligro de hundirse. Estas plataformas al igual que las sumergibles y las de tipo tender son utilizadas para la perforación exploratoria.

Las plataformas fijas que se hincan o descansan en el fondo del mar se ven restringidas por el problema más importante al que se enfrenta la perforación marina, ésto es el tirante de agua que exista en la localización; sin embargo, son las más adecuadas para el desarrollo de un campo petrolero. Aquí se debe hacer notar que el plan de desarrollo de un campo petrolero debe trazarse bajo la mira de reducir costos.

Antes de instalar una plataforma en una área nueva, es necesario perforar tantos pozos exploratorios como sean necesarios para comprobar la existencia comercial de hidrocarburos, ya que la

erección de tales construcciones es lenta y costosa; además se debe pensar que toda economía es el gran factor al planear las operaciones de perforación y producción marinas.

Otro factor muy importante a considerar es la distancia que se tendrá a la zona más cercana de abastecimiento, aunque actualmente una plataforma o un barco puede estar algún tiempo sin necesidad de reponer suministros.

Las unidades perforadoras antes descritas están sujetas a accidentes causados ya sea por inesperienza, mal manejo técnico u otra cosa; estos accidentes se registran durante las maniobras de transporte de las plataformas, descontrol del pozo durante las operaciones de perforación, las que se derivan por tormentas, las debidas a fallas del terreno, defectos de construcción y falta de mantenimiento. Para lograr evitar estos accidentes se debe aprovechar al máximo las experiencias logradas tanto en México como en el extranjero, así como capacitar al personal técnico y a la mano de obra especializada, dándoles cursos de adiestramiento periódicos, para fortalecer su criterio y puedan resolver adecuadamente los problemas que se presenten.

A pesar de todos estos problemas se están explorando nuevos mares, y dentro de los próximos años la búsqueda se extenderá a aguas mucho más profundas, más allá de los 200 m. de profundidad; la técnica de perforación se habrá de basar en nuevos conceptos.

Finalmente se puede decir que todo programa de exploración y de explotación de yacimientos se deberá esforzar por aportar las soluciones a estos problemas fundamentales y a las consecuencias que se deriven. Dentro de cada problema tiene importancia particular el factor económico, ya que, con ra excepción, toda operación en el mar, resulta finalmente más costosa que su análoga en tierra.

Nota:

Las cifras originales de especificaciones en el sistema ingles han sido convertidas en general al sistema métrico aproximando éstas últimas a la unidad.

BIBLIOGRAFIA

1. Deep Water Floating Drilling Operations.
L.M. Henry.
2. Planning, Designing, and Constructing.
American Petroleum Institute.
3. Offshore Operations.
Petroleum Extension Service.
4. VETCO Training Department
Fraser Fred and Page John.
5. Primer Congreso Internacional de Desarrollo.
Petróleos Mexicanos e Instituto Mexicano
del Petróleo.
6. Wellhead Equipment Operation.
FMC Corporation.
7. Controls Marine and Land Systems.
Cameron Iron Works, Inc.
8. Petróleo Internacional.
BPA of Circulations, Inc.
9. Perforaciones Marinas del Golfo
Cd. del Carmen, Campeche.