

20j
147



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION E INSTALACION DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS DE ACERO

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

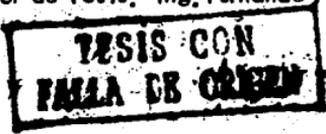
P R E S E N T A:

**MARIA VERONICA ARLETEE YADIRA
ROA GONZALEZ**

Director de Tesis: Ing. Fernando Favela Lozoya

MEXICO, D. F.

1989





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	DEDICATORIA	5
	AGRADECIMIENTOS	6
CAPITULO	I	
	1. INTRODUCCION	8
CAPITULO	II	
	2. INSTALACIONES PARA EXTRACCION DE PETROLEO Y GAS SUBMARINOS	13
	2.1. ANTECEDENTES.	13
	2.2. EXTRACCION DE PETROLEO Y GAS EN EL MAR.	14
	A) EXPLORACION.	16
	B) EXPLOTACION.	19
	B.1) PERFORACION.	19
	B.2) EXTRACCION.	24
	C) SEPARACION.	25
	D) TRANSPORTE DE CRUDO Y GAS A TIERRA FIRME.	25
	2.3. DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS PARA LA EXTRACCION DE HIDROCARBUROS EN EL MAR.	26
	A) PLATAFORMAS FIJAS O ESTACIONARIAS.	27
	B) UNIDAD TOTALMENTE SUMERGIBLE.	35
	C) UNIDAD AUTO-ELEVABLE.	35
	D) UNIDADES SEMISUMERGIBLES.	39
	E) BARCOS DE PERFORACION.	40
CAPITULO	III	
	3. ESTUDIOS GEOFISICOS	47
	3.1. ALCANCE.	47
	3.2. TRABAJOS MARINOS.	48
	A) BARCOS DE PERFORACION.	48

	B)	EQUIPO.	51
	C)	EQUIPO AUXILIAR.	55
	D)	CALIBRACION Y PRUEBA DE EQUIPO.	56
	E)	POSICIONAMIENTO.	57
	F)	DESARROLLO DEL TRABAJO.	58
	G)	MUESTREO.	61
	H)	PRUEBAS DE LABORATORIO A BORDO.	64
	I)	EMPAQUE Y ENVIO DE MUESTRAS.	64
3.3.		TRABAJOS DE GABINETE.	65
	A)	PRUEBAS DE LABORATORIO EN TIERRA.	65
	B)	INTERPRETACION DE REGISTROS.	65
		B.1) ECOSONDA.	66
		B.2) SONAR DE EXPLORACION LATERAL.	68
	C)	PERFILADORES SOMERO Y PROFUNDO.	72
		C.1) ELIMINACION DE SEÑALES PARASITAS.	72
		C.2) IDENTIFICACION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE REFLECTORES Y AJUSTE DE MEDICIONES.	73
		C.3) INTERPRETACION GEOLOGICA.	74
	D)	MUESTRAS DE SUELOS.	75
	E)	ELABORACION DE PLANOS.	77
CAPITULO	IV		
	4.	PROCESO DE CONSTRUCCION, TRANSPORTE E INSTALACION	82
	4.1.	CONSTRUCCION.	88
	4.2.	TRANSPORTE.	97
	4.3.	INSTALACION.	99
	4.4.	DISTRIBUCION Y COMERCIALIZACION.	107
CAPITULO	V		
	5.	CONCLUSIONES	110
		BIBLIOGRAFIA	113

C A P I T U L O

I

I. INTRODUCCION

El petróleo ha sido en los últimos años el energético más empleado; es el más versátil de todos, sus derivados pueden llevar a cabo cualquier función energética importante.

El petróleo es el artículo de comercio más importante del mundo tanto en volumen como en valor. Su producción, transformación y uso constituye una operación económica sin paralelo en la historia de la humanidad. Aunque su presencia comercial en el mundo tiene más de un siglo, no fue sino hasta 1959, que alcanzó y sobrepasó al carbón como el energético que más energía proporcionaba al hombre. De esta manera, en relativamente pocos años se convirtió en el eje mismo de la nueva civilización moderna del hombre del siglo XX.

En la actualidad el petróleo y el gas natural son los energéticos que más se utilizan en México. Se estima que del 75 al 90 % de la energía que el país necesita, es generada con base en el petróleo y el gas natural.

Las proyecciones que se tienen coinciden en que la contribución de estos energéticos seguirá siendo determinante para que México pueda mantener un crecimiento adecuado y lograr así un pleno desarrollo industrial.

Nuestro país con el desarrollo que está experimentando en todas sus áreas de infraestructura hace que sus necesidades técnicas sean cada vez mayores y que se requiera de un esfuerzo que de la solución más adecuada. Dentro de toda esa gama de necesidades encontramos tal vez la

mas fuerte y que es la expansion petrolera que actualmente se está llevando a cabo.

Somos en cierta forma afortunados de contar con una reserva aproximada de 70 mil millones de barriles de hidrocarburos sin embargo, esta reserva aunque probada, requiere para poderse extraer y producir de mucho tiempo, trabajo, esfuerzo, recursos economicos y humanos y de la aplicación de técnicas y métodos cada vez mas sofisticados que permitan el acceso a zonas cuya potencialidad productiva es muy grande y cuya localización no esta en tierra firme como en el caso de la sonda de Campeche y de cuyo suelo se explota el 75 % del petroleo nacional. Esta tecnología a la que nos referimos solo podrá surgir en la medida en que se lleve a cabo una vasta investigación y desarrollo en el area de las ciencias de la tierra y en especial de la ingeniería petrolera así como de los demás campos involucrados como en el caso de la ingeniería civil, la cual contribuye en gran medida en el proyecto y construcción de la infraestructura necesaria para la extracción y producción del petroleo y el gas natural.

La actual exploración del subsuelo marino para la obtención de petroleo ha conducido a la instalación de numerosas plataformas marinas fijas ya sean de perforación, producción, enlace o vivienda las cuales en su mayoría estan dirigidas en pilotes, cuyas longitudes de penetración son del orden del triple de las correspondientes a los edificios construidos en tierra.

Los sistemas y procedimientos de diseño de las plataformas marinas han evolucionado en atención a las necesidades estáticas y dinámicas del medio de diseño.

El descubrimiento de nuevos yacimientos de hidrocarburos, así como su desarrollo y explotación, son prioridades en las que el país ha puesto especial empeño, dado

que para mantener nuestras reservas se tiene que descubrir una cantidad de hidrocarburos igual a la explotada. Lo anterior representa un gran esfuerzo dada la magnitud de la producción petrolera de nuestro país, de la cual la mayor parte se extrae de la sonda de Campeche.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la trascendencia de las actividades que se desarrollan en la explotación del petróleo en campos marinos, desde la exploración y definición de los sitios en donde se localizará un futuro campo petrolero, hasta la tecnología y participación de la Ingeniería en esta labor, ya que muchas veces es desconocida a pesar de su gran importancia.

En el capítulo II se presentan las generalidades de las instalaciones para la extracción del petróleo y el gas natural submarinos, describiendo la evolución que han tenido estas operaciones así como las fases que integran estos métodos.

Posteriormente, en el capítulo III se tratan los estudios geofísicos cuyo propósito es recabar toda la información para ubicar el sitio que geotécnica y potencialmente reúna las características para definir un campo susceptible de explotación.

El capítulo IV pretende describir los procedimientos de construcción, transporte e instalación de las plataformas marinas que constituyen una fase muy interesante dada la complejidad de las variables a las que estarán sometidas mar adentro, procedimientos en los cuales la participación de la Ingeniería Civil es de amplia trascendencia.

Planteado el objetivo de este trabajo así como sus alcances, vaya también con el presente trabajo un amplio

reconocimiento a los técnicos petroleros mexicanos que les tributa consciente o inconscientemente, cada ser humano que se ve beneficiado con el empleo de los hidrocarburos.

C A P I T U L O

II

2. INSTALACIONES PARA LA EXTRACCION DE PETROLEO Y GAS SUBMARINOS

2.1. ANTECEDENTES

La superficie de la plataforma continental, de la República Mexicana es de 480 000 km², ubicada dentro del límite de las 200 millas territoriales, en ella se han llevado a cabo trabajos de exploración geofísica en un área de 310 000 km² aproximadamente, que comprende tanto el Golfo de México como el litoral del Pacífico.

Los estudios geológicos realizados en la planicie costera del Golfo de México, junto con la información de los campos, obtenida en tierra, indicaron que las cuencas sedimentarias en las que se encuentran dichos campos, se extienden hacia la plataforma continental.

En 1949 se iniciaron los trabajos de sismología en una franja marina, localizada al oeste de Coatzacoalcos. Los resultados de los estudios pusieron de manifiesto un número de estructuras, sitios con posibilidades de acumulación de hidrocarburos, de los cuales se seleccionaron las más cercanas a la costa para su perforación direccional desde tierra.

En el año de 1957, se iniciaron las actividades de exploración sismológica en la plataforma continental frente a los campos de la faja de oro terrestre. Los resultados de estos estudios confirmaron la fracción complementaria del arrecife en forma de Atolón de la faja de oro en la plataforma continental.

En 1959, se iniciaron las actividades de perforación exploratoria marina, descubriéndose el campo Santa Ana.

En 1963 se perforaron los primeros pozos que dieron por resultado los descubrimientos de los campos Isla de Lobos y Arrecife Medio, que confirmaron la existencia de la faja de oro marina.

Frente a las costas de Tampico en 1968 se realizaron trabajos de sismología de perforación, que culminaron con el descubrimiento del campo Arenque, en rocas de edad jurásica.

En 1972 se realizó un estudio de sismología de reflexión en la plataforma continental entre el Puerto de Frontera y las costas de la Península de Yucatan, del que se definieron más de sesenta estructuras que pueden constituir la prolongación hacia el mar de la plataforma cretácica-jurásica en la que se encuentran campos productores del área Chiapas-Tabasco, esta región por sus reservas y producción, es la de mayor importancia para el país.

Los campos productores marinos descubiertos a la fecha se encuentran ubicados en cuatro regiones denominadas: Arenque, Faja de Oro Marina, Santa Ana y Sonda de Campeche. (Fig. 1).

2.2. EXTRACCION DE PETROLEO Y GAS EN EL MAR

El procedimiento para la extracción del petróleo, el gas y los procesos a que estos son sometidos, para la obtención de productos finales, utilizados en la vida diaria, constituyen una gama de actividades muy amplia.

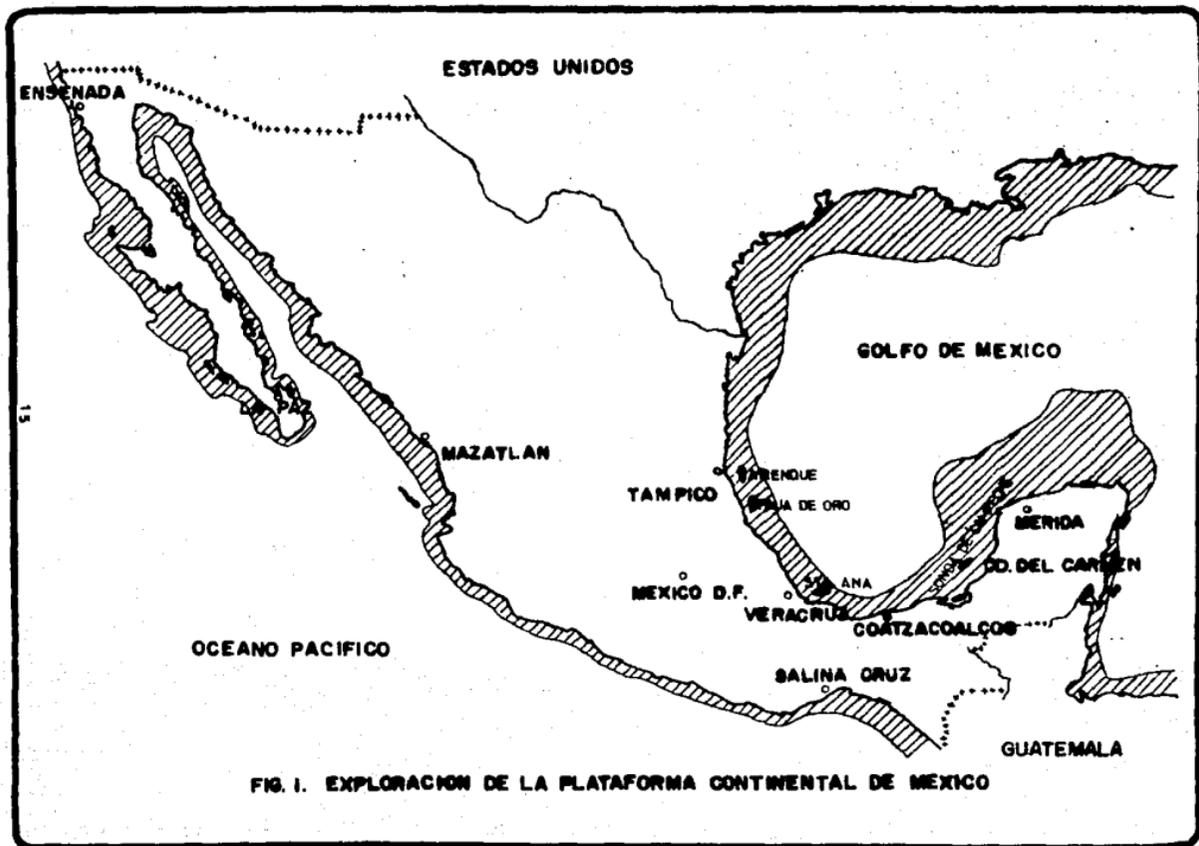


FIG. 1. EXPLORACION DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DE MEXICO

De manera general se citan los siguientes:

- A) Exploración.
- B) Explotación.
 - B.1) Perforación.
 - B.2) Extracción.
- C) Separación.
- D) Transporte de crudo y gas a tierra o embarque en buques tanque.
- E) Refinación.
- F) Procesos subsecuentes para el mejoramiento de los productos o la obtención de productos correspondientes a la petroquímica básica.
- G) Almacenaje, el cual puede ser necesario en forma intercalada entre varios de los procesos anteriores.
- H) Transporte de productos finales.
- I) Distribución y venta.

Se debe analizar tipo y tamaño de los equipos de perforación que se usarán, los cuales son iguales en sus componentes básicos que los equipos de tierra pero de mayores dimensiones y mas robustos.

Embarcaciones, remolcadores, chalanes y helicópteros sustituyen los caminos de acceso y los vehiculos que se usan en tierra.

A) EXPLORACION

El aprovechamiento de los yacimientos de petroleo y gas natural localizados debajo del fondo marino, sigue en lo fundamental, el mismo esquema utilizado en tierra firme; solo que en el mar es necesario hacer batimetrías de la

zona que se está explorando para conocer las profundidades del lecho marino y saber así mismo si es posible o no la construcción de algunas estructuras para la perforación y extracción.

El primer paso lo dan los geólogos y geofísicos al emprender la búsqueda de nuevos yacimientos, la mayoría de éstos, descubiertos hasta la fecha tienen su origen en el periodo terciario, de 10 a 600 millones de años antes de nuestra era.

Las primeras exploraciones en busca de hidrocarburos carecían de bases científicas, siendo su objetivo el encontrar manifestaciones superficiales del petróleo, tales como las chapopoterías. Posteriormente, la técnica exploratoria consistía en perforar pozos de cateo, siguiendo las tendencias marcadas por los pozos productores, con el resultado de que muchos de ellos se localizaban al azar. En el periodo de 1910 a 1920, la industria comenzó a utilizar los servicios de los geólogos, quienes con mayores conocimientos de las relaciones existentes entre las condiciones superficiales y del subsuelo, podían determinar con mayores posibilidades de éxito, los lugares en que debían perforarse los pozos, basándose en la exploración geológica superficial.

Numerosos campos fueron descubiertos como fruto de esta clase de exploraciones, pero pronto la experiencia demostró la existencia de yacimientos a mayores profundidades, no teniendo evidencias superficiales de ellos.

En el año de 1920, hicieron su aparición en la industria petrolera los métodos geofísicos de exploración, técnicas que pueden determinar las condiciones de las capas profundas del subsuelo, mediante ciertas mediciones que se hacen desde la superficie o dentro de los pozos que se

perforan.

A la fecha, estos métodos han demostrado ser sumamente valiosos en la búsqueda de los hidrocarburos, cuyos resultados, interpretados adecuadamente con criterios geológicos, han dado lugar al descubrimiento de casi el 80% de las reservas actuales del mundo.

No obstante los adelantos logrados en las técnicas exploratorias, todavía no se cuenta con un método directo capaz de definir con exactitud la existencia de los hidrocarburos, ya que todos los métodos de exploración, sólo dan indicaciones sobre las características de las capas del subsuelo.

La exploración petrolera actual puede dividirse en tres etapas:

- Trabajos de reconocimiento.
- Trabajos de detalle.
- Estudios para la localización de los pozos.

Desde un punto de vista petrolero, no todo nuestro territorio presenta condiciones geológicas apropiadas para la acumulación de hidrocarburos. La región con mayores posibilidades, y donde se encuentran los distritos productores, es la llanura costera del Golfo de México, desde las estribaciones de la Sierra Madre Oriental en el noreste, extendiéndose hacia el sureste, comprendiendo los estados de Nuevo León, Tamaulipas, parte oriental de San Luis Potosí, Veracruz, Tabasco y parte occidental de Campeche.

Otras regiones con características geológicas apropiadas, pero cuyas posibilidades no se conocen, comprenden la parte nororiental del Estado de Chihuahua, el Estado de Coahuila, parte norte de Chiapas, la península de Yucatán y el

sur de Baja California.

Exploraciones recientes en la Plataforma Continental del Golfo de México, cubierta por el mar, han permitido el descubrimiento de nuevos campos que incrementarán en forma importante las reservas de nuestro país.

La localización de los yacimientos en el mar, es decir, costa fuera, requiere de un esfuerzo científico y técnico mucho mayor que el que se exige para las explotaciones en tierra firme.

La última palabra en cuanto a la existencia dentro del subsuelo de yacimientos de petróleo puede darla únicamente una perforación de prueba.

B) EXPLOTACION

La explotación tiene dos fases: perforación y extracción.

B.1) PERFORACION.- La finalidad principal de las actividades de explotación consiste de desarrollar un campo petrolero, con base en los trabajos de exploración iniciales, que han proporcionado la seguridad de que existen hidrocarburos a determinada profundidad. En el desarrollo de este campo se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

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

4. Número de localizaciones que pueden perforarse.
5. Análisis económico de la cantidad de equipos de perforación que deberán operar para desarrollar el campo.
6. Construcción de caminos de acceso.
7. Condiciones de habitabilidad. El nuevo campo puede depender de otro ya establecido o dichas facilidades de habitación pueden encontrarse en un poblado o ciudad cercanos.
8. Aprovisionamiento de agua y combustibles. En ocasiones puede utilizarse como combustible el gas de los mismos pozos o el crudo que éstos producen.
9. Construcción de bodegas de almacenamiento para materiales y equipo.
10. Construcción de las líneas de descarga y de baterías para la separación de los hidrocarburos (gas y aceite).
11. Construcción de las líneas colectoras de gas y aceite.
12. Construcción de tanques de medición y almacenamiento.
13. Construcción de plantas de bombeo para dar salida a los hidrocarburos a los centros de consumo o de transformación (refinerías).

Una vez contando con todo lo anterior o teniéndolo programado para construirse o instalarse en el momento oportuno, se inicia la perforación de los pozos de explotación o desarrollo. La técnica que se usa para la perforación es semejante a la que se usa en los pozos de exploración pero con un concepto diferente y bien definido: producir.

Se describe a continuación el equipo y las operaciones durante la perforación de pozos petroleros.

El sistema utilizado para la perforación de pozos es el de perforación rotatoria. Se perfora un agujero haciendo girar una barrena a la cual también se le aplica una fuerza de compresión. La barrena está conectada y se hace girar por la sarta de perforación, compuesta de tubería de perforación de acero de alta calidad y de lastra-barrenas (Fig. 2.1), tubos de acero de paredes muy gruesas, cuya función es proporcionar la carga de compresión en la barrena, permitiendo que la tubería de perforación más ligera permanezca en tensión; a medida que se profundiza el pozo, se van agregando nuevos tramos de tubería de perforación. Los cortes o pedazos de formación que arranca la barrena son levantados por el fluido de perforación, sale a través de los orificios o toberas de la barrena y regresa a la superficie por el espacio anular, comprendido entre las paredes del pozo y la tubería de perforación. En la superficie el fluido (lodo), que sale del pozo, se hace pasar a través de un cedazo o tamiz vibratorio (Fig. 2.2), donde se eliminan los pedazos de formación; de ahí pasa a las presas (Fig. 2.3), que generalmente son tres, donde se da el tratamiento necesario al fluido. De la última presa se succiona el lodo de las bombas y se repite el ciclo, bombeando a través del tubo vertical (Fig. 2.4), de la manguera rotatoria (Fig. 2.5), y de la unión giratoria (Fig. 2.6) al interior de la tubería de perforación.

Periódicamente se saca del pozo la sarta de perforación para cambiar la barrena por otra nueva. La tubería de perforación se saca en lingadas de tres tubos cada una; éstas son acomodadas en el piso de la torre por los ayudantes de piso y en la parte superior, hace la misma operación el ayudante de perforación.

La torre o mástil (Fig. 2.7), proporciona el

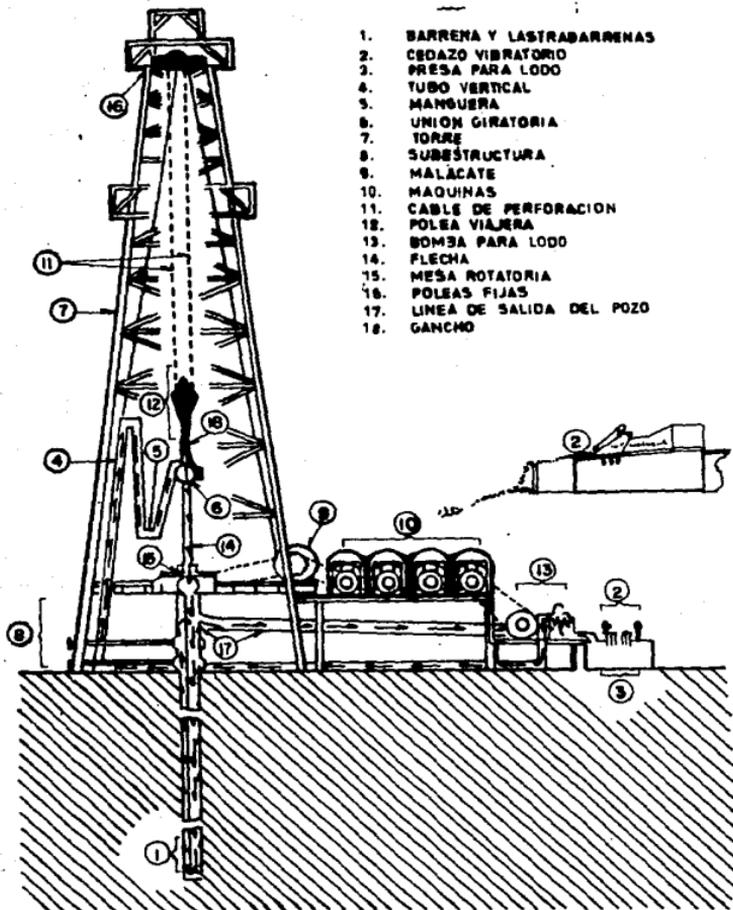


FIG. 2. COMPONENTES BASICOS DE UN EQUIPO DE PERFORACION ROTATORIA

claro vertical para bajar o subir la sarta de perforación, al meterla o sacarla del pozo durante las operaciones de perforación; debe tener la resistencia y la altura suficientes para efectuar estas operaciones en una forma segura y expedita. Las capacidades de carga de estas torres o mástiles, varían aproximadamente de 45 a 700 toneladas, empleándose las más ligeras para perforar pozos someros y las más resistentes para pozos profundos.

La subestructura (Fig. 2.8) es, como su nombre implica, el soporte en el que la torre descansa; debe resistir las cargas previstas con un factor de seguridad conveniente; ser de altura suficiente para permitir la colocación y acceso de los preventores (válvulas), empleados para cerrar el pozo en caso de emergencia.

El malacate (Fig. 2.9), es una de las partes principales del equipo de perforación; tiene las siguientes funciones: Es el centro de control desde donde el perforador opera el equipo; contiene los embragues, cadenas, engranes, aceleradores de las máquinas (Fig. 2.10), y otros mecanismos que permiten dirigir la potencia de los motores a la operación particular que se desarrolla; y, contiene un tambor que recoge o alimenta el cable de perforación (Fig. 2.11), para subir la polea viajera (Fig. 2.12), según la operación. La potencia necesaria para las maniobras la proporcionan los motores (Fig. 2.13), que pueden ser de combustión interna o eléctricos de corriente directa, dan la potencia para mover las compresoras de aire; las bombas de lodo (Fig. 2.13), empleadas para hacer circular el lodo de perforación, son normalmente de pistones, de doble acción, tipo duplex. Las bombas de pistón tienen las siguientes ventajas:

- a) Capacidad para manejar fluidos que contengan alto porcentaje de sólidos, algunos de ellos abrasivos.

- b) Válvulas con dispositivos para permitir el paso de reactivos para el lodo, de tamaño determinado.
- c) Sencillez de operación y de mantenimiento; las camisas, los pistones y las válvulas pueden ser cambiados por el personal de equipo; y
- d) Amplia variación del volumen y de la presión disponibles.

La flecha (Fig. 2.14), es siempre la conexión superior de la sarta de perforación; comunmente es un tubo de sección cuadrada, pero puede ser hexagonal u octagonal; pasa por los bujes ajustados en la mesa rotatoria (Fig. 2.15), que permiten que el movimiento giratorio de esta mesa se transmita a toda la sarta de perforación, siendo esta su principal función.

Después de una solución intermedia consistente en la erección de estructuras simples, en las que se apoyaban unicamente 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 chalan, se paso al empleo de instalaciones de perforación flotantes totalmente integradas y por lo tanto móviles.

9.2) EXTRACCION.- Una vez que las perforaciones preliminares y las pruebas de producción demuestran la existencia de un yacimiento economicamente explotable, se inicia la explotación del campo. Para ello es necesario por una parte, efectuar una serie de perforaciones de producción y por la otra instalar el equipo de producción que depende de la extensión del yacimiento, de su capacidad calculada, de la profundidad del yacimiento y del tirante de agua en el sitio, así como de la naturaleza de la roca sedimentaria que contiene

a los hidrocarburos.

La producción artificial en el mar se hace básicamente mediante la inyección de gas o agua y muy rara vez mediante bombeo neumático, mecánico o hidráulico.

En la plataforma de producción son eliminadas el agua y las impurezas y se separan 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.

El gas natural obtenido como producto secundario puede ser regresado al yacimiento, ya sea para mantener la presión o bien para almacenarlo ahí hasta ser transportado a fin de obtener la presión necesaria para mantener la producción y aumentar la recuperación comúnmente explotado en la periferia del yacimiento.

C) SEPARACION

Una vez que es extraído el petróleo y el gas, son enviados por su propia energía a través de tuberías hasta las baterías de separación.

En esta batería se separan el petróleo, el gas y el agua usando procedimientos mecánicos y basados en la diferencia de densidades del petróleo y el agua y la diferencia de estado físico del gas.

D) TRANSPORTE DE CRUDO Y GAS A TIERRA FIRME

El petróleo y el gas, ya separados, deben ser transportados a las refinarias, plantas de tratamiento de gas,

etc.

La forma mas comun de hacer este transporte es utilizando tuberias de diferentes diametros protegidos contra la corrosión y lastradas, para evitar su flotación.

Estas tuberias pueden ir desde los equipos de perforación o desde las baterias de separación a tierra firme o a una boya que sirve para el cargado de buques tanque.

Los procesos de refinación, purificación, mejoramiento, distribución y venta, son hechos en tierra firme aunque últimamente se ha iniciado la construcción de embarcaciones en las que se hace una refinación parcial del petróleo.

En la actualidad se presenta tambien la necesidad de almacenaje fuera de costa para lo cual se disenán y construyen grandes tanques.

2.3. DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS PARA LA EXTRACCION DE HIDROCARBUROS EN EL MAR

A fin de poder efectuar este tipo de perforaciones en el mar, se han desarrollado en los ultimos años, diferentes tipos de estructuras de soporte para los equipos de perforación.

Segun la forma en que están construidas las plataformas pueden ser fijas o móviles.

A las plataformas fijas se les conoce como fijas o estacionarias.

Existen cuatro formas basicas de instalaciones

móviles de perforación que se apoyan sobre el fondo marino que son:

- Unidad totalmente sumergible, (Plataforma lastrable).
- Unidad auto-elevable.

Y las instalaciones flotantes de perforación

que son:

- Unidad semisumergible.
- Barco de perforación.

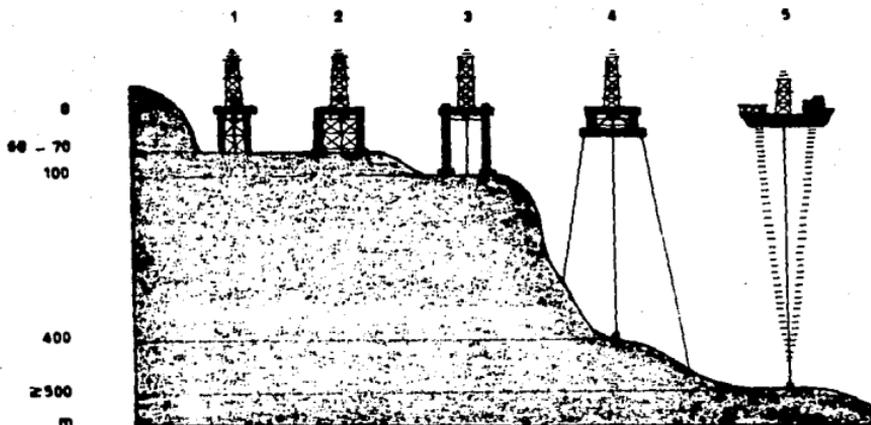
La utilización de los diferentes tipos de instalaciones depende en primer lugar de las condiciones imperantes en el sitio de operación, tales como la profundidad del agua, las condiciones meteorológicas e hidrológicas. (Fig. 3).

A continuación se describen cada una de estas plataformas.

A) PLATAFORMAS FIJAS O ESTACIONARIAS.

En la actualidad, se han cristalizado dos formas básicas para las superplataformas de la nueva generación de gigantes: La plataforma de acero con cimentación a base de pilotes, que se desarrollo a partir de las plataformas de perforación y producción convencionales; y la plataforma de gravedad hecha de concreto, de diseño auténticamente nuevo.

La selección del tipo de construcción que deba ser empleada, depende principalmente, de las características del fondo marino. Cuanto menor sea la capacidad de carga del fondo marino y mas accidentada su configuración, se recomienda la construcción a base de acero con cimentación de pilotes. En cambio, mientras mas liso y sólido sea el fondo marino, es más recomendable la plataforma de gravedad de concreto. Para



1. ESTACIONARIAS O FIJAS
2. SUMERGIBLES 100 %
3. AUTO-ELEVABLES
4. SEMSUMERGIBLES
5. BARCOS

FIG. 3. TIPOS DE PLATAFORMAS

tirantes de agua hasta de 100 m los costos para ambos tipos son aproximadamente iguales. Para profundidades mayores de 100 metros, la plataforma de concreto presenta una ligera ventaja en precio. (Las Figs. 4 y 5 muestran un ejemplo de una plataforma de acero y una de gravedad de concreto respectivamente).

Son estructuras rígidas ancladas al fondo marino, una vez instaladas en su localización es difícil cambiarlas de sitio, éstas pueden ser usadas para perforar, producir, bombear, para quemar gas o para habitación.

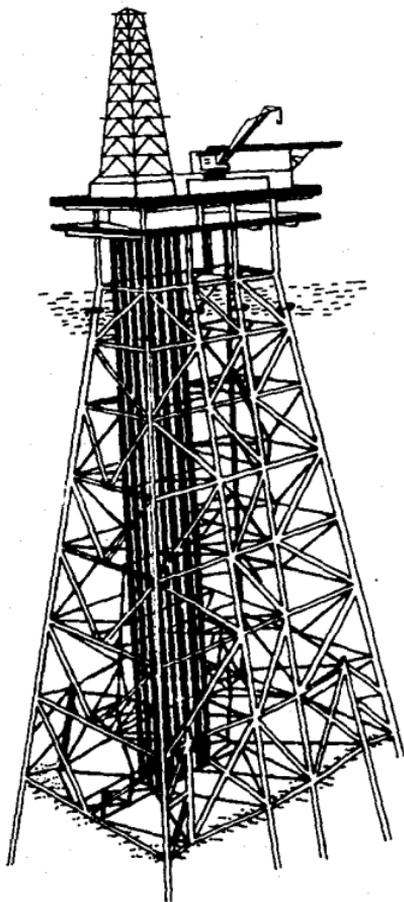
En los primeros años las plataformas fijas de acero solo se usaban en aguas poco profundas, en la actualidad se han podido construir plataformas para un tirante de agua de hasta 312 mts.

Para su construcción se usan básicamente elementos tubulares tanto en las columnas como en los elementos estructurales que las unen, anclándose al fondo del mar también con pilotes.

Las plataformas fijas de concreto se componen de entre 5 hasta 100 celdas cilíndricas o rectangulares que se apoyan en el fondo marino. Estas celdas tienen una altura de 40 a 60 metros y sobre esta base se levantan, como prolongación de las celdas de 2 a 4 torres cuya sección va reduciéndose hacia la punta hasta alcanzar una altura de 100 a 200 metros y sobre las cuales descansa la cubierta. (Fig. 5).

A las plataformas de concreto también se les llama de gravedad, ya que por su peso y el lastre que se les coloca en las celdas pueden resistir el embate de los elementos meteorológicos.

Las tuberías de ascensión se llevan ya sea a



RESUMEN DE DATOS DE PLATAFORMA

Conductores 12 a 24 de 26
 pulg. de diámetro
 DIMENSIONES DE LA CUBIERTA
 PERFORACION 22 M x 47 M
 PRODUCCION 22 M x 50 M
 CONDICIONES DEL SITIO 120 M
 TIRANTE DE AGUA 18 M
 ALTURA DE OLAS 266 KM/H
 VIENTO 3000 A 3500 TON
 CARGA DE PERFORACION

TIEMPOS REQUERIDOS PARA
 DESARROLLO:
 INGENIERIA 4 MESES
 FABRICACION 9 MESES
 INSTALACION 1 MES
 PESOS ESTIMADOS
 SUPERESTRUCTURA 680 A 940 TON
 SUBESTRUCTURA 2750 A 3200 TON
 PILES 2200 A 2500 TON

FIG. 4. PLATAFORMA MARINA APOYADA EN PILOTES

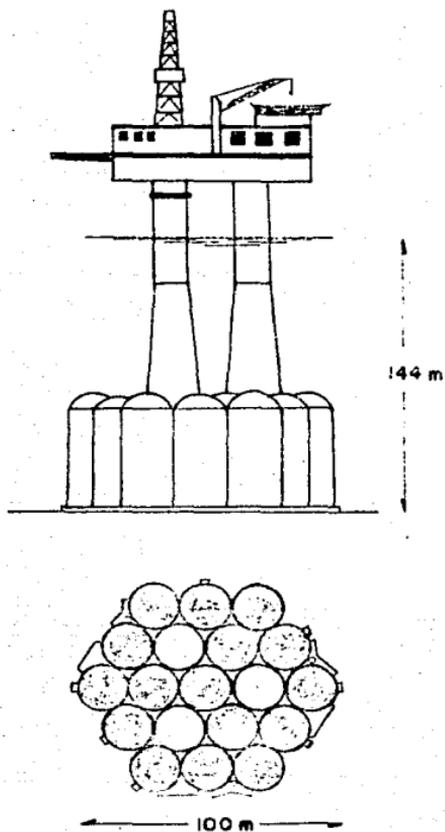


FIG. 5. PLATAFORMA DE GRAVEDAD DE CONCRETO

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, estas deben ser lastradas con agua o petróleo.

Cuando se usan las celdas para almacen de petróleo, a fin de evitar el flotamiento, la presión en su interior deberá mantenerse por debajo de la presión exterior, a fin de que no pueda fugarse el petróleo.

Los trabajos de construcción de las plataformas de concreto se comienzan en un dique seco. Se empieza por colar el concreto de la sección inferior de las celdas y una vez que la altura de las mismas es suficiente para que pueda flotar, se llena de agua el dique, la sección de fondo se pone a flote y es remolcada hacia aguas más profundas.

Así continua la construcción, hasta que las celdas han alcanzado una altura de 45 m. aproximadamente.

Una vez terminadas las celdas, estas se tapan con losas de concreto con excepción de las que representaran los apoyos para soportar las cubiertas.

Durante el desarrollo de los trabajos, la batería de recipientes es sumergida paulatinamente mediante la introducción de agua de lastre, a fin de evitar el tener que trabajar a una altura demasiado grande sobre la superficie del agua. Una vez que las últimas celdas que posteriormente habrán de soportar las cubiertas, han alcanzado la altura prevista, la batería de recipientes se deslastra parcialmente.

La estructura vuelve a flotar y es remolcada 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 sobre la que se instalan los equipos de perforación y/o producción.

La unidad es remolcada hasta el sitio en donde se va a colocar definitivamente, ahí vuelven a llenarse los recipientes con agua a fin de que la plataforma quede apoyada en el suelo marino. (Fig. 8).

Este tipo de plataformas solo deben ser instaladas cuando el trayecto entre el dique seco y el sitio de instalación es corto.

Las plataformas de concreto tienen otras dos limitaciones, una es la escasez de lugares adecuados, en las costas, que además de que se encuentren protegidos deben tener la profundidad necesaria para su construcción. La otra desventaja es la de que el suelo del fondo del mar debe ser plano y no presentar ninguna depresión o prominencia, ya que de otra manera podrán desarrollarse sobrecargas y esfuerzos locales en la sección de fondo de la plataforma, que a su vez podría producir fisuramientos.

Estas plataformas son usadas básicamente para perforar, muy pocas veces se usan para producción o habitación.

Las primeras perforaciones marinas se efectuaron a través de islas artificiales, estructuras de madera o acero, o desde bancos de arena levantados en aguas poco profundas, sin embargo, las instalaciones de este tipo resultaron demasiado costosas para efectuar perforaciones de exploración, cuyo resultado es siempre incierto, ya que únicamente la torre y el equipo de perforación son transportables y pueden ser utilizados en otro lugar.

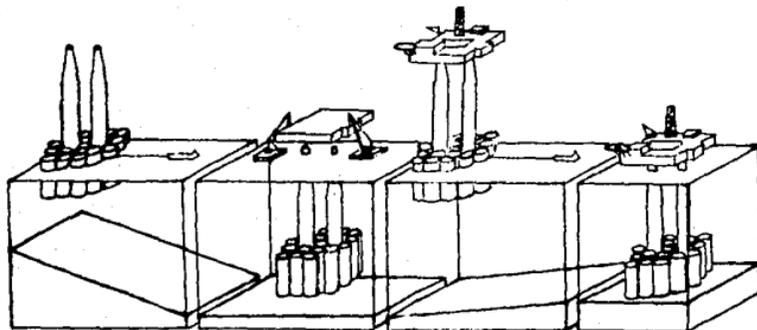
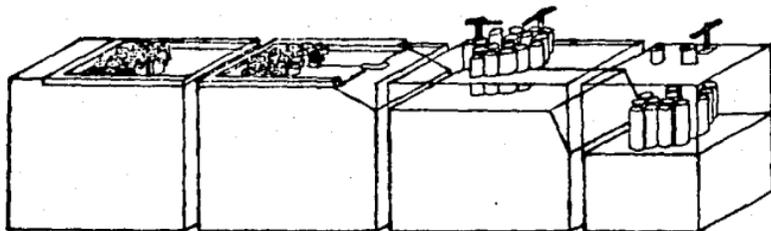


FIG. 6. FABRICACION, TRANSPORTE E INSTALACION DE UNA
PLATAFORMA DE GRAVEDAD

B) UNIDAD TOTALMENTE SUMERGIBLE

La primera unidad lastrable de perforación fue construida en 1949, podía operar en aguas hasta con una profundidad de 10 m; Este tipo de estructuras se construyen de acero y sirven para soportar la torre y el equipo de perforación. Descansa sobre un pontón u otro elemento flotante el cual es lastrado con agua una vez definido el sitio en el 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 efectos del oleaje. Una vez terminados los trabajos, la plataforma es puesta a flote evacuando el agua del lastre, y así puede ser trasladada a otro sitio de trabajo.

Este tipo de plataformas solamente pueden trabajar a profundidades no mayores de 70 metros.

Las unidades totalmente sumergibles, han demostrado ser adecuadas para su utilización en aguas bajas y especialmente en zonas pantanosas.

Sin embargo, muestran aspectos desventajosos en cuanto a problemas de estabilidad durante el transporte y, además, porque la erosión en el lecho marino, cuando la plataforma está asentada, produce daños en los puntos de apoyo de los flotadores.

Estas plataformas pueden ser construidas tanto para exploración como para perforación. (Fig. 7).

C) UNIDAD AUTO-ELEVABLE

La unidad móvil auto-elevable (jack-up) es un

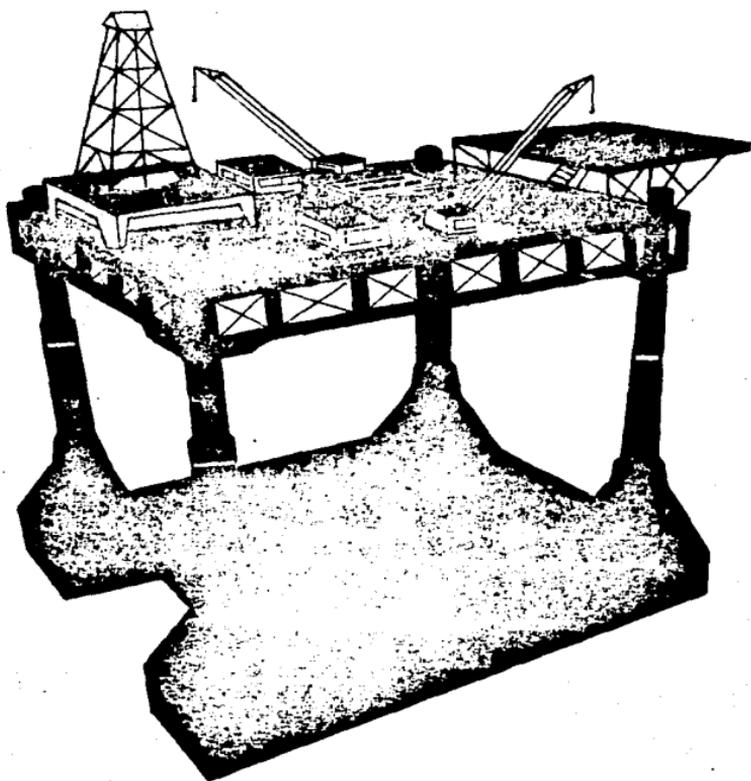


FIG. 7. PLATAFORMA TOTALMENTE SUMERGIBLE

tipo de instalación cuya utilización se encuentra muy extendida; las primeras fueron construidas en 1954 entretanto las construcciones originales se han modificado apreciablemente a fin de que puedan operar a profundidades mayores y bajo condiciones más difíciles de trabajo.

La plataforma sobre la que se encuentra montada la torre de perforación, es construida en forma de balsa y contiene en varias cubiertas, dispuestas una encima de otra, todo el equipo necesario para la perforación, así como la planta de fuerza, almacenes, campamentos, etc. Las patas sobre las que se apoya la unidad, cuyo número llega a ser hasta de 12, están hechas a base de cilindros huecos o armaduras de acero.

La balsa es transportada y cuando la unidad se encuentra sobre el punto de operación las patas son bajadas hasta apoyarse en el fondo marino. Inmediatamente después la plataforma es levantada sobre sus patas hasta una altura suficiente sobre el nivel del mar, para que el oleaje no pueda alcanzar la superestructura. (Fig. 8).

Las plataformas auto-elevables se usan en la actualidad para profundidades de 100 m aproximadamente.

En estas plataformas el diseño de las patas cobra la mayor importancia, ya que mientras mayor sea su longitud mayor será su costo para conservar una relación de esbeltez conveniente.

Una vez que la unidad auto-elevable ha sido apoyada, puede ser operada con bastante independencia de las condiciones climatológicas que imperan en el sitio, sobre todo el oleaje como es el caso de las unidades totalmente sumergibles y emplear prácticamente la misma técnica de perforación en tierra firme.

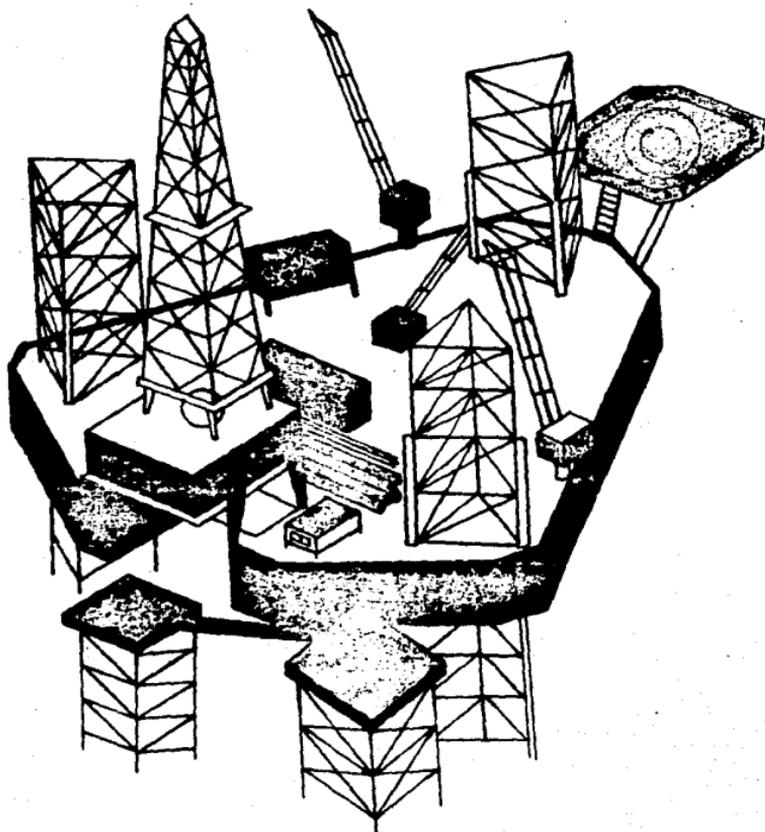


FIG. 8. UNIDAD AUTO-ELEVABLE
(JACK-UP)

El cabezal del pozo y el preventor pueden ser instalados directamente por debajo de la plataforma de trabajo sobre el agua, con esto, se reduce el peligro de contaminación en la perforación.

Dado que las unidades auto-elevables combinan la movilidad con las ventajas de operación de las estructuras fijas de acero, se procura emplearlas siempre que las condiciones del fondo marino lo permitan. Su desventaja es la vulnerabilidad que presenta durante el remolque y la instalación. La mayor parte de los daños y pérdidas totales se originan cuando las patas se encuentran levantadas y sobresalen de la superficie del mar.

D) UNIDADES SEMISUMERGIBLES

El objetivo que se persiguió en el diseño de estas unidades fue el de reducir a un mínimo posible los efectos de oleaje en los trabajos de perforación.

Están formadas por un conjunto de flotadores de diversas formas, los cuales permiten la flotación de las columnas huecas que presentan alturas desde 30 hasta 45 metros, sobre las que van varias cubiertas que alojan los equipos de perforación, producción, fuerza, unidad habitacional, etc.

Se transportan hasta el sitio donde se quiere hacer la perforación; antes de iniciarla, los flotadores son estabilizados a una profundidad de entre 15 y 25 metros inundando los tanques de lastre. 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.

Los grandes equipos semisumergibles pueden

trabajar aun con olas de hasta 10 m de altura.

Existe una tendencia a emplear cada vez mas unidades semisumergibles en zonas con peligro de mal tiempo, ya sea para el tendido de tuberias, como gruas flotantes, o bien como plataformas de perforación y producción.

La operación de las unidades semisumergibles de perforación, requiere una técnica de perforación diferente y más complicada porque el cabezal del pozo y el preventor de reventones deben ser instalados en el fondo del mar, ya que la tubería de ascención no podría soportar las grandes presiones que eventualmente provienen del yacimiento.

La suspensión de la tubería debe ser muy flexible, para absorber los cambios de posición entre el pozo y la plataforma de perforación.

ED BARCOS DE PERFORACION

Los primeros barcos de perforación resultaron 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 hacia a estos buques sumamente sensibles al oleaje, resultaban aprovechables y baratos en su adquisición.

La instalación sobre la cubierta del buque consiste en la colocación de la torre de perforación, la mesa rotatoria, la abertura de perforación, etc., no presentando mayores dificultades.

Estos buques presentan la ventaja de poder soportar oleajes fuertes, por lo que gozan del mas bajo porcentaje de daños totales entre todas las instalaciones de

perforación móviles como se mencionó anteriormente.

La mayor desventaja de los barcos 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 buque colocarse en el ángulo más favorable con respecto al viento y al oleaje, rotando alrededor del eje de barrenación, y aun así no les es posible efectuar trabajos de perforación en presencia de olas con alturas superiores a 4 ó 5 metros, ya que no se han podido reducir los desplazamientos verticales del buque.

Por su función las plataformas se clasifican en:

1. De perforación.
2. De producción (procesamiento de petróleo y gas).
3. De bombeo.
4. Quemadores.
5. Habitacionales.
6. De compresión.
7. De enlace.

No siempre se usa una plataforma para un uso único, muchas veces en una misma plataforma pueden estar localizados los equipos de perforación, producción, bombeo y en igual forma las unidades habitacionales.

Las plataformas dedicadas a la perforación, producción, bombeo y habitación, en la mayoría de los casos son fijas, ya que el desarrollo de un campo petrolero toma bastante tiempo y una vez terminada la perforación de todos los pozos, se requiere el control a través de un dispositivo denominado árbol de válvulas el cual es un equipo conectado a las tuberías de adome en la parte superior que a la vez que las sostiene, proporciona un sello entre las sartas y permite

controlar la producción del pozo. Por lo general se conecta a la cabeza del pozo, la cual es capaz de soportar la tubería de revestimiento, resistiendo cualquier presión que exista en el pozo, continuando las actividades de separación, purificación, etc., eventualmente deben hacerse las inyecciones de agua en caso de que se deseen efectuar recuperaciones secundarias en un yacimiento.

- Plataforma de perforación

El objetivo de una plataforma de perforación marina es colocar la tubería que permitirá perforar y extraer el crudo del subsuelo localizado con anterioridad en una determinada zona, previamente estudiada.

El diseño de estas plataformas es en la mayoría de ocho patas y con posibilidad de perforar 12 pozos direccionales; su cubierta consta de dos niveles de operación, una de producción y otra de perforación. Se construye con travesaños armados de placas, que unidas a las columnas forman marcos rígidos. En ella se aloja el equipo de perforación, los tanques de lodo, la maquinaria y el paquete habitacional. El peso estimado de esta plataforma es de 3 000 ton, que incluyen la subestructura, los pilotes y la superestructura.

- Plataforma de producción

Su función consiste en separar el gas del crudo y bombear este último a tierra a través de oleoductos submarinos, están compuestas por una subestructura, formada por ocho columnas y una superestructura que consta de dos niveles, su peso es de 3 600 ton, debido al peso del tripode quemador y al de los puentes de acceso tanto a la plataforma de perforación como a la plataforma de enlace.

Plataforma de bombeo

Tiene la función de aumentar la presión para el transporte del crudo desde el punto medio entre las plataformas de enlace y las instalaciones en tierra.

- Plataforma de separación y quemador

Son instaladas para evitar el derrame de crudo utilizando una campana de recolección.

- Plataformas habitacionales

Están diseñadas para brindar asistencia a trabajadores de los diferentes complejos, cuenta con helipuerto, sistema de radiocomunicación, sistema contra incendio, planta potabilizadora de agua, planta de tratamiento de aguas negras, cocina, comedores, salas de recreación, biblioteca, plantas generadoras de energía eléctrica, clínica y gimnasio.

- Plataforma de compresión

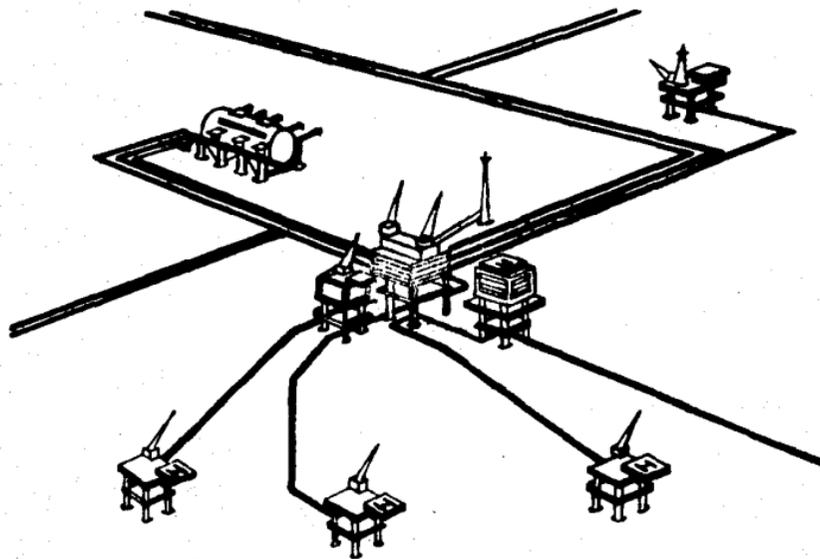
Se utilizan para alojar los equipos compresores de gas para su transporte, su peso es de aproximadamente 10 800 ton.

- Plataforma de enlace

Su función es la de recolectar el crudo con gas procedente de las plataformas de perforación y lo distribuyen a la de producción para su procesamiento, también unen los

ductos que recolectan el crudo con los oleoductos que lo transportan a tierra. En estas plataformas se instalan los cabezales de recepción y envío de aceite crudo y gas.

En la (Fig. 9) se puede apreciar una instalación consistente en varias plataformas.



45

FIG. 9. INSTALACION DE VARIAS PLATAFORMAS

C A P I T U L O .

I I I

3. ESTUDIOS GEOFÍSICOS

3.1. ALCANCE

El propósito de la investigación geofísica es recolectar la información necesaria para localizar el sitio de exploración geotécnica y definir las características superficiales del suelo y las geológicas del subsuelo marino.

Los objetivos generales de la investigación geofísica en el levantamiento de la localización del sitio son los siguientes:

- a) Obtener datos de la columna de agua.
- b) Proporcionar las características del fondo marino y del subsuelo del área estudiada.
- c) Conocer a través del estudio, en forma general la geología somera de la zona. Pudiendo establecer criterios referentes a la construcción e instalación de plataformas, en base a sus resultados.
- d) Identificar todos los eventos, que por su importancia representen riesgos, no sólo para la instalación de las plataformas, sino también para la perforación programada del pozo exploratorio.

3.2.

TRABAJOS MARINOS

Un estudio geofísico se basará principalmente en los procedimientos y los equipos empleados en el levantamiento de los registros de campo, lo cual es esencial para obtener la precisión requerida por las especificaciones de proyecto; por lo tanto durante el desarrollo de un trabajo de este tipo se cumplirán los siguientes requisitos:

A) BARCO DE INVESTIGACION

Las investigaciones geofísicas se hacen a bordo de embarcaciones, ya sea construidas especialmente para ello o adaptadas para este tipo de trabajo. La construcción o adaptación de una embarcación se debe hacer en base al equipo empleado y por lo tanto, deben estar definidas cada área de trabajo para cada equipo y la fuente de poder adecuada para éstos.

El barco tendrá, cuando menos, las siguientes instalaciones, divididas en sistemas electrónicos y electromecánicos:

- Equipo de posicionamiento.
- Ecosonda.
- Sonar de barrido lateral.
- Perfilador estratigráfico somero.
- Perfilador estratigráfico profundo.
(Figs. 10 y 11).
- Radios de corto y largo alcance.
- Radar.
- Brújula.
- Puente de mando con controles vista a proa y a popa.
- Sala de graficadoras y magnetómetro.

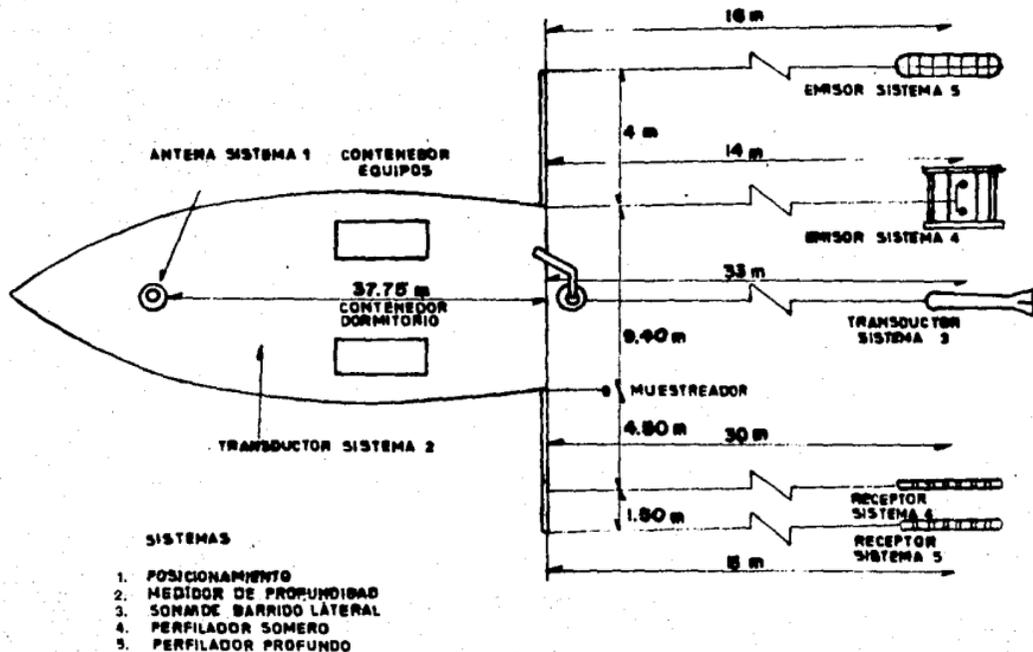


FIG. 10. DISPOSICION ESQUEMATICA EN PLANTA DE LOS EQUIPOS
A BORDO Y EN EL AGUA

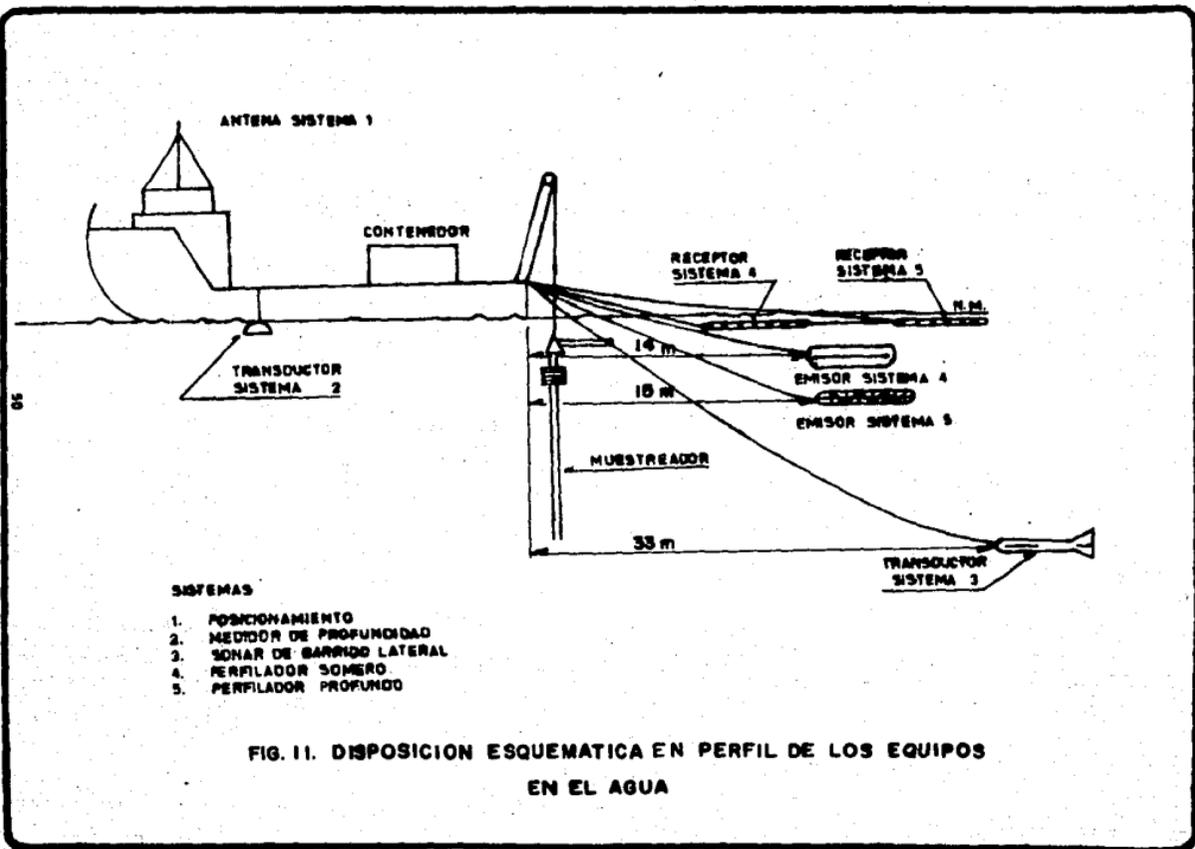


FIG. 11. DISPOSICION ESQUEMATICA EN PERFIL DE LOS EQUIPOS EN EL AGUA

Oficina de trabajo.
Almacén de refacciones.
Intercomunicaciones entre puente-posiciona
miento-sala de graficadoras.
Area de muestreo.
Grúa o torre y malacate para muestreador.
Taller electrónico.
Cuarto de fuentes de energia.
Cocina.
Comedor.
Dormitorios (mínimo 20).
Baños (mínimo 2).

B) EQUIPO

Un estudio geofísico de suelos someros para la instalación de plataformas marinas, requiere del uso del equipo electrónico de alta resolución acústica, entre 20 Hz y 31 MHz:

Los estudios de este tipo se llevan a cabo con tres equipos electrónicos diferentes, que son: los equipos para medir el tirante de agua, equipos para analizar el fondo marino y equipos para analizar y explorar la geología del subsuelo.

Para medir el tirante de agua, se utilizan básicamente las ecosondas, las cuales pueden ser de tipo digital con doble frecuencia de operación, o de tipo analógico; estos equipos emiten ondas acústicas, verticalmente hacia el fondo marino a través de cristales piezoeléctricos y estos mismos cristales reciben las ondas reflejadas del fondo o de cualquier otro objeto. De la misma forma se emplea una sonda acústica para detección de tubería por medio de parábolas de difracción, usando como medio de graficación la

ecosonda analógica. Posteriormente, al considerar constante la velocidad del sonido en el agua, el equipo calcula el tirante de agua y lo gráfica.

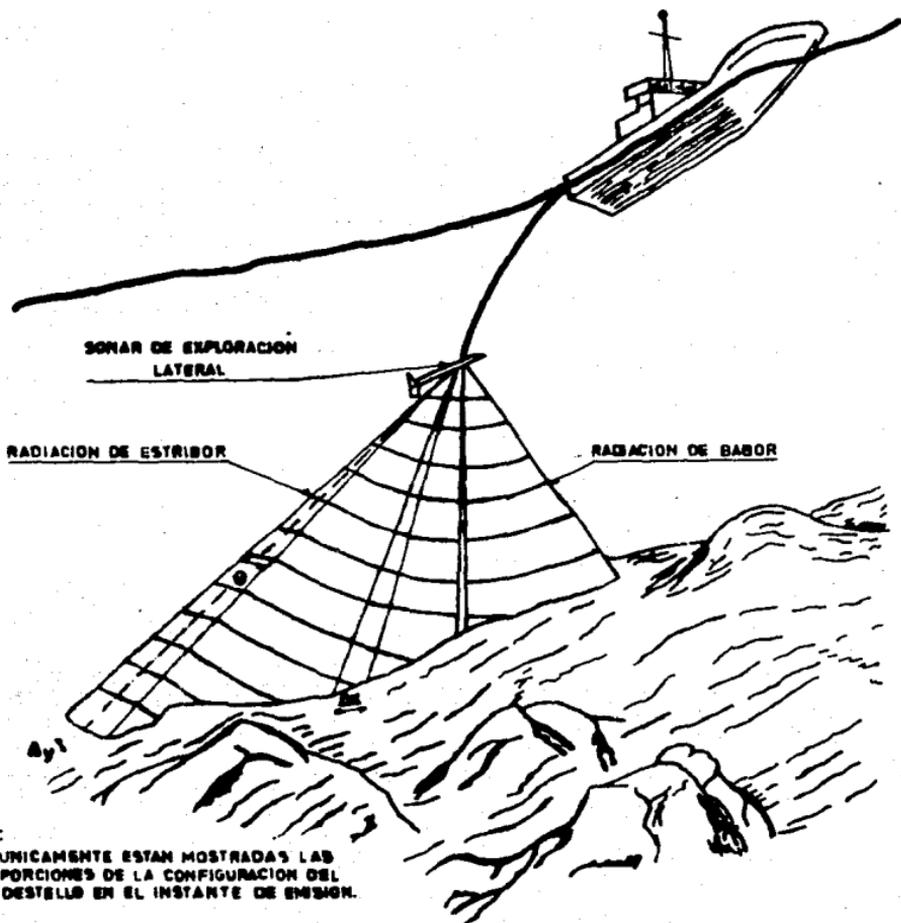
El análisis del fondo marino, para la localización de eventos existentes en él, consistentes en montes de lodo, tuberías, corales y otros, se hace en base a las gráficas, que genera el sonar de exploración lateral. El equipo está constituido por un sensor hidrodinámico marino, remolcado tras la popa mediante un cable de acero, enrollado en un malacate y conectado a una graficadora, que muestra las señales sónicas reflejadas por los eventos del piso marino en un registro continuo, tanto a babor como a estribor, alcanzando un cubrimiento de 200 m hacia cada lado. (Fig. 12).

La exploración o estudio geológico del subsuelo, se lleva a cabo con dos tipos de equipos, uno es el perfilador electromecánico o somero el cual es un equipo de alta resolución y frecuencia, para alcanzar una penetración de hasta 80 m bajo el fondo del mar, y el otro es el perfilador de centelleo o profundo que tiene una penetración hasta de 800 m bajo el fondo del mar; las gráficas generadas por estos equipos, son únicamente cortes transversales de la estructura del subsuelo sin considerar la litología.

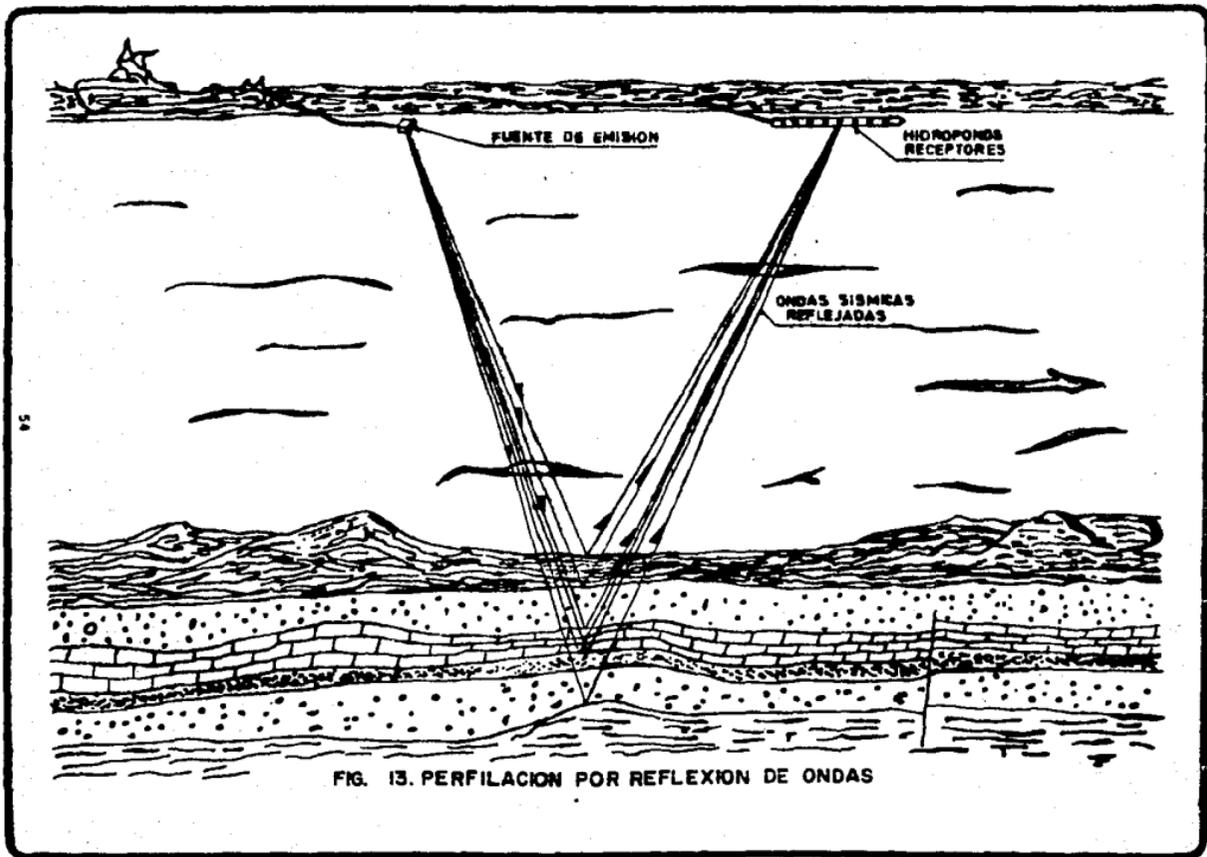
Para realizar el estudio geológico de la zona, los cortes transversales son complementados con los datos del sonar de exploración lateral y los sondeos geotécnicos.

La graficación de los cortes transversales es continua, ya que la emisión y recepción de ondas, en ambos equipos, es continua durante la travesía del barco, y por lo tanto, dichos cortes están en el plano del eje de travesía referido. (Fig. 13).

Las diferencias entre ambos equipos estriban en



**FIG. 12. REPRESENTACION ESQUEMATICA DE OPERACION DEL
SONAR DE EXPLORACION LATERAL**



el grado de resolución y en la profundidad del corte en el subsuelo.

Como complemento del estudio geológico de los sedimentos no consolidados, es recomendable hacer muestreos de dichos sedimentos para poder comparar su homogeneidad con la que presentan los cortes transversales del perfilador somero y además, determinar algunas propiedades cualitativas y características mecánicas del suelo. Lo anterior servirá para determinar las condiciones de anclaje de embarcaciones o cualquier otra actividad que dependa de la naturaleza de dichos materiales.

C) EQUIPO AUXILIAR

Para garantizar el funcionamiento adecuado de todas las unidades de equipos electrónicos y electromecánicos, fue necesario contar con equipo auxiliar como:

- a) Osciloscopio, que sirve para conocer, registrar y medir los parámetros de señales eléctricas con las que operan los equipos.
- b) Dos multimetros, para medir parámetros de voltaje, corriente y resistencia eléctrica del funcionamiento de los equipos.
- c) Un generador de funciones, para simular entradas de señales eléctricas a los equipos y comprobar su funcionamiento.
- d) Un frecuencímetro, para medir las frecuencias de las señales eléctricas de alimentación y operación de equipos.

- e) Un medidor de potencia, para medir potencias de salida de señales de alta frecuencia, y de las diversas unidades.
- f) Una fuente de poder de corriente directa, para alimentar los diversos circuitos de los equipos con el fin de comprobar su funcionamiento.
- g) Dos unidades de intercomunicación, para establecer comunicación entre la cabina y la caseta del barco.

D) CALIBRACION Y PRUEBA DEL EQUIPO

La calibración de la ecosonda se logra al hacer coincidir la marca de cero del equipo con el cero del papel, esta marca es una línea discontinua que indica la posición del emisor-receptor, con respecto al fondo marino y que traza el equipo sobre el papel; de acuerdo con cada escala, trazará una raya discontinua, una raya punto raya o una raya dos puntos raya; además de esto, es necesario calibrar la intensidad y continuidad de grabación de la gráfica y vigilar que la escala sea la adecuada para que la gráfica no se saiga del papel.

Para probar el equipo, se utilizan sondas graduadas, de la cual pende una placa de aluminio donde se reflejan las ondas que emite el ecosonda, y así se pueden medir las diferentes profundidades de placa, que deben coincidir con la graduación de la sonda o estar dentro del rango de precisión que establezca el fabricante; es recomendable que esta prueba se haga, cuando menos dos veces en un mismo día a diferentes horas y que para cada prueba, se establezca la curva de calibración correspondiente, dando así las correcciones de velocidad del sonido para cada

profundidad.

La calibración del resto del equipo se basa principalmente en las mediciones del ecosonda, ya que, de acuerdo a la precisión de cada equipo, en todos se puede medir el tirante del agua, el cual debe coincidir con lo indicado por el ecosonda.

En el sonar de exploración lateral, se debe además calibrar la intensidad de grabación de la gráfica y la profundidad de arrastre del sonar, la cual dependerá del rango o escala de exploración. Para probar el equipo se hace un levantamiento en el lugar con estructuras conocidas, las cuales deberán aparecer en la gráfica y coincidir con las distancias horizontal y vertical ya conocidas anteriormente.

ED POSICIONAMIENTO

La precisión del posicionamiento o localización geográfica, durante la obtención de datos geofísicos y el muestreo, es de esencial importancia para delinear las estructuras geológicas potencialmente significativas y otros eventos de importancia.

El posicionamiento de los puntos de importancia, así como los de todo el estudio, se podrá hacer con equipos de emisión directa de ondas o con equipos de emisión indirecta, a través de satélites.

Los equipos de emisión directa, por su forma de operar, son de otro alcance y de mayor precisión, estos equipos, únicamente se pueden emplear en sitios donde se tengan puntos bien localizados geográficamente y podrán ser utilizados cuando se hagan estudios en el área de plataforma, y cuando transmitan una señal nítida.

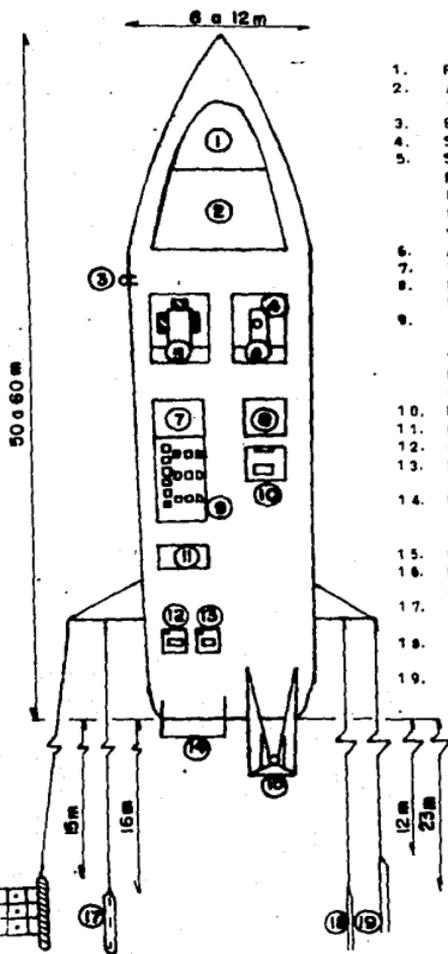
Los equipos de emision indirecta, tambien llamados equipos de posicionamiento de largo alcance, son usados para estudios lejanos, donde no existen puntos localizados geograficamente que puedan servir como base para usar equipos de emision directa; este sistema consta de una estacion movil a bordo del barco, y de tres estaciones fijas instaladas en tierra, el sistema opera utilizando ondas que se propagan en la corteza terrestre, y se interconecta a una computadora y a un graficador de rutas. La computadora esta documentada, para corregir las distancias debido a la curvatura de la tierra, factores de escala, e indice de refraccion. Por su forma de operar, su precision es menor, ya que el metodo que emplean es por triangulacion, lo cual produce errores de tipo acumulativo.

F)

DESARROLLO DEL TRABAJO

La planeacion de los trabajos de campo, que se realizan para localizar el sitio adecuado de instalacion de una plataforma marina, se divide en dos etapas y normalmente se hacen dentro de una area de 4 km^2 ; al centro de dicha area, se localiza el sitio propuesto de instalacion y a partir de este se trazan lineas en ambas direcciones, cuya separacion dependera de la precision del estudio, esta reticula presentara las rutas de crucero del barco; normalmente las lineas quedan espaciadas a cada 150 m en un sentido y a cada 250 m en el otro.

En esta primera etapa, el barco recorre las rutas de crucero preestablecidas en la planeacion y normalmente se operan en forma simultanea los tres diferentes tipos de equipos electronicos, (equipos para medir el tirante de agua, equipos para analizar el fondo marino y los equipos utilizados para analizar y explorar la geologia del subsuelo, (Fig. 14) asimismo, en forma simultanea, se localiza sobre las



1. PUENTE
2. AREA DE DORMITORIOS Y SERVICIOS
3. ECOSONDA
4. SALA DE POSICIONAMIENTO
5. SALA DE GRAFICADORAS, PERFILADORES SOMERO Y PROFUNDO, SONAR DE BARRIDO LATERAL, MAGNETOMETRO Y ECOSONDA
6. ANTENA
7. TALLER ELECTRONICO
8. LABORATORIO Y ALMACEN DE MUESTRAS
9. CUARTO DE FUENTES DE ENERGIA CON FUENTES SUPLEMENTARIAS BANCOS DISPARADORES Y BANCOS CAPACITADORES
10. MALACATE DE MUESTREADOR
11. GENERADOR AUXILIAR
12. MALACATE DE MAGNETOMETRO
13. MALACATE DE SONAR DE BARRIDO LATERAL
14. ESTRUCTURA PARA ARRASTRE DE SONAR DE BARRIDO LATERAL Y MAGNETOMETRO
15. GRUA DE MUESTREADOR
16. FUENTE ACUSTICA DE PERFILADOR SOMERO
17. TRANSDUCTOR DE PERFILADOR PROFUNDO
18. HIDROFONOS EN CANAL DOBLE DEL PERFILADOR PROFUNDO
19. HIDROFONOS DEL PERFILADOR SOMERO

FIG. 14. ARREGLO TÍPICO DE UN BARCO PARA INVESTIGACION GEOFISICA

gráficas (con líneas continuas que cruzan en todo lo ancho de la gráfica) los puntos de intersección de las líneas o rutas de la retícula, dichos puntos de intersección, comunmente son llamados puntos de fijación o puntos de tiro y se enumeran en forma secuencial.

Es recomendable que los equipos de perfilación o de corte, se operen como se indica en la Fig. 14, o sea, los receptores remolcados por el lado de estribor y los emisores por el lado, de babor o viceversa, ya que, el ruido y la turbulencia de la propela del barco elimina o disminuye la intensidad de arribo de las ondas directas.

Para realizar estos trabajos, es recomendable que las condiciones meteorológicas sean buenas; con olas no mayores de 1.5 m y vientos no mayores de 30 km/hr, ya que esto dificulta el control del barco e incrementa los errores en las gráficas; asimismo, es recomendable que la velocidad de crucero no sea mayor de 5 nudos.

Un estudio de este tipo está limitado a un tirante de agua de no más de 450 m al alcance del equipo de alta resolución.

La segunda etapa de los trabajos de campo, se refiere a la fase de muestreo del fondo marino.

En los estudios geofísicos marinos, y en general para cualquier trabajo en el mar, no es posible identificar a simple vista los sitios donde ya se han hecho estudios; esto se logrará únicamente por la localización geográfica de estudios anteriores. Por lo tanto, es recomendable que antes de iniciar cualquier estudio se recabe la información previa existente; además, esto ayudara a comprobar la exactitud del estudio por realizar, las corrientes, los posibles cambios de las fallas geológicas activas y algunos otros datos necesarios

para construcciones futuras.

G) MUESTREO

Este muestreo se refiere únicamente a la obtención de muestras de los suelos del fondo marino y específicamente a los sedimentos no consolidados. El muestreo se hace en base al registro del perfilador electromecánico, donde es posible identificar, por diferencia de contrastes, los sedimentos no consolidados.

Los puntos a muestrear se escogen en base a la homogeneidad de dichos contrastes, pero con fines de estimación de obra, se recomienda considerar un muestreo a cada 2 o 3 km sobre las rutas de cruceo.

El equipo comunmente empleado para muestrear los suelos marinos, es el muestreador de pistón tipo Kullenberg (pistón sampler), cuya penetración máxima es de 15 m y recupera muestras de hasta 11.75 cm de diámetro; la profundidad de muestreo varía de acuerdo al tipo de suelo, el cual se puede identificar con los registros anteriormente levantados; por lo anterior, se recomienda tomar como base un muestreo hasta de 3 m para suelos arenosos y hasta 15 m para lodos y arcillas muy blandas, y a partir de esto seleccionar la profundidad de muestreo adecuada; asimismo, el muestreador deberá sumergirse con una velocidad máxima aproximada de 1m/seg, hasta sentir el disparo del muestreador y detenerlo.

En la Fig. 15 se puede ver este equipo y en la Fig. 16, se muestra un diagrama del procedimiento de muestreo.

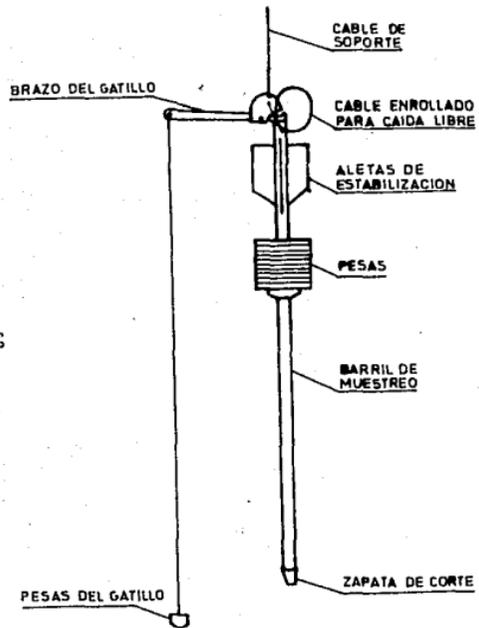


FIG. 15. MUESTREADOR DE PISTON

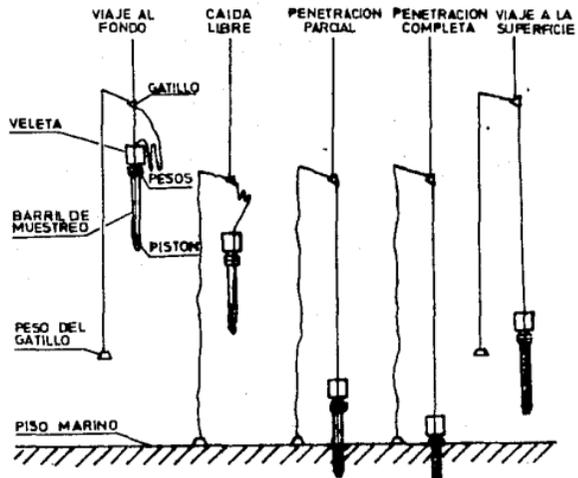


FIG. 16. MUESTREADOR DE PISTON EN OPERACION

Se recomienda un análisis cualitativo más minucioso de los suelos muestreados, lo cual permitirá estimar en forma somera la capacidad de carga superficial. A las muestras obtenidas se les practicarán las siguientes pruebas:

- a) Descripción visual y al tacto, describiendo su color, olor, consistencia, clasificación, etc.
- b) Contenido de agua.
- c) Porcentaje de carbonatos.
- d) Prueba de veleta miniatura.
- e) Prueba de penetrometro de bolsillo.

Todas las pruebas descritas anteriormente, se deberán anotar en un registro de campo, donde además se anotará: profundidad de muestreo, localización con coordenadas, masa y densidad media del muestreador, altura de caída libre, tirante de agua y diametro exterior e interior del muestreador; dicho registro se anexará al reporte preliminar.

Al extraer el tubo de plástico del muestreador, la muestra ya queda empacada y únicamente habrá que sellar ambos extremos del tubo para evitar pérdidas de material y humedad; por lo anterior, se recomienda que antes de sellar el extremo inferior del tubo, se realicen las pruebas de laboratorio a bordo para posteriormente colocarlas verticalmente sobre un armazón de madera, donde quedan fijas.

Para el envío de las muestras, se recomienda que se lleven a bordo del mismo barco hasta el muelle y de ahí

directamente al laboratorio; durante todo el transporte hasta el laboratorio, las muestras deberán mantenerse en posición vertical.

3.3. TRABAJOS DE GABINETE

El trabajo de gabinete, se refiere a las pruebas de laboratorio que se efectúan con la finalidad de complementar la información recabada en los ensayos de sitio y en el laboratorio del barco y obtener los datos para la interpretación de registros, elaboración de planos y reportes. Para realizar el trabajo, se requiere de profesionales especializados que cumplan y hagan cumplir los siguientes requisitos:

A) PRUEBAS DE LABORATORIO EN TIERRA

Las pruebas de laboratorio que se requieren son las siguientes:

- a) Descripción y clasificación según SUCS.
- b) Granulometría.
- c) Contenido de agua.
- d) Relación de vacíos.
- e) Contenido de carbonatos.
- f) Peso específico relativo de sólidos.
- g) Límites de Atterberg.
- h) Peso específico sumergido.

B) INTERPRETACION DE REGISTROS

Se recomienda que para la interpretación de cada registro se siga la siguiente secuencia:

- a) Eliminación de señales parasitas.
- b) Identificación de los diferentes tipos de reflectores y ajuste de mediciones.
- c) Elaboración de mapas.
- d) Interpretación geológica.

La interpretación de los registros de cada equipo se describen a continuación:

B.1) ECOSONDA

B.1.1) Eliminación de señales parasitas

Las señales parásitas que se presentan en este tipo de registros son debidas a las deformaciones que sufre la onda acústica al rebotar sobre superficies inclinadas, las cuales presentan una pendiente menor a la real.

B.1.2) Identificación de los diferentes tipos de reflectores y ajuste de mediciones

Debido a que en este tipo de registros los únicos reflectores que se grafican son los del fondo marino y los que sobre él yacen, se recomienda considerar la identificación de aquellos reflectores en los que, después de hacer el ajuste necesario en la profundidad medida, se tengan cambios de pendiente.

La profundidad medida por el ecosonda, debe ser ajustada o corregida para obtener la profundidad real; para esto, se deben considerar la corrección por calibración de la velocidad del sonido y la corrección por marea.

B.1.3) Elaboración de mapas

Después del análisis de los registros y la corrección de la profundidad, es posible elaborar los planos batimétricos, los cuales presentan líneas equidistantes y referidas al nivel de bajamar. Para trazar dichos planos se recomienda seleccionar las profundidades y puntos notables a lo largo de los registros, como son los puntos de tiro, los puntos con cambio de pendiente y las zonas con una pendiente regular entre dos puntos.

B.1.4) Interpretación geológica

La información geológica que se puede obtener de estos planos y registros es la siguiente:

- 1) Localización de fallas geológicas, con las cuales, por la separación horizontal entre las curvas batimétricas, se puede tener idea de su actividad.
- 2) Definición de la morfología del fondo, identificando un fondo uniforme o irregular mediante la separación entre curvas batimétricas.
- 3) Variaciones batimétricas, debidas a acarrees y depósitos de materiales hechos por las corrientes marinas.
- 4) La localización de burbujas de aire en el tirante de agua, lo cual denota suelos con baja densidad.

La información aquí detectada debiera ratificarse

y complementarse con los planos y registros de los otros equipos.

B.2) SONAR DE EXPLORACION LATERAL

B.2.1) Eliminación de señales parásitas

En estos registros se pueden presentar diferentes tipos de señales adicionales o de configuración diferente a la real. Se recomienda que personal con mucha experiencia en la interpretación de estos registros, localice los diferentes tipos de señales que puedan alterar la interpretación del registro, como son los siguientes:

- 1) Zonas ciegas: son zonas en las cuales el ángulo de incidencia de las ondas es tan pequeño, que la distorsión es muy grande.

El ancho de esta área variará de acuerdo al tirante de agua bajo el sonar y el ángulo efectivo del rayo.

- 2) Zona de sombra: son zonas iluminadas, a las cuales las ondas acústicas no llegan por la obstrucción de un risco o cualquier otro objeto.
- 3) Cruzamiento: son figuras producidas por el reflejo de las ondas acústicas que se cruzan de un lado del sonar al otro y quedan grabadas simultáneamente en el registro. La figura real quedará graficada con mayor intensidad y en el otro lado quedará más tenue.

- 4) Distorsión de figuras geométricas: es la distorsión que se produce sobre figuras geométricas, causadas por la velocidad del barco.

B.2.2) Identificación de los diferentes tipos de reflectores y ajuste de mediciones

Los únicos reflectores que aparecen en el registro son todos aquellos cuerpos que se encuentran entre el sonar y el fondo marino y en el mismo fondo; en la interpretación, por contrastes de tonos, se pueden identificar los diferentes tipos de reflectores como son los riscos, las depresiones, las tuberías y cualquier otro cuerpo artificial que se encuentra sobre el fondo; lo anterior servirá para delimitar los terrenos de diferentes géneros que forman el fondo y localizar los obstáculos relevantes para calcular su altura.

El ajuste de las distancias graficadas en el registro, se debe hacer conforme al tipo de reflector y a la distancia que se pretenda calcular, por lo tanto, se recomienda considerar los siguientes tipos de ajustes:

I) Distorsión de imágenes.

Existen varias causas que pueden producir la distorsión de las imágenes, como son:

- 1) Distorsión por la inclinación de las ondas. Debido a que en el rango lateral la escala transversal no es lineal con el tiempo de registro, la imagen registrada es más distorsionada cuando el ángulo de incidencia es pequeño.

2) Distorsión por la pendiente del fondo. Esta se presenta cuando el fondo varía uniformemente con una pendiente perpendicular al eje de trayectoria del sonar; la distancia horizontal medida desde la vertical bajo el barco, para un tiempo t dado, difiere dependiendo de si la onda se dirige sobre la pendiente o bajo ésta.

3) Distorsión por anisotropía del medio a través del cual se propagan las ondas. La distorsión que presenta la anisotropía del medio de propagación del sonido, estriba en un acortamiento del rango máximo producido por un gradiente de velocidad del agua, que provoca el encorvamiento de rayos de la onda.

Estas distorsiones son difíciles de eliminar, por lo que se recomienda conocer con mayor exactitud la distribución de las velocidades del sonido en el agua.

4) Distorsión del aparato por la inestabilidad en la navegación en el emisor del sonar. La calidad de los registros depende del cuidado que se tenga en la navegación. Se deben evitar las desviaciones del barco y los ciclos de aflojamiento y tirón del remolque (velocidad constante); los movimientos de enrollamiento y desenrollamiento del cable no aumentan en forma apreciable la distorsión del registro. La desviación o deriva del barco puede ser producida por viento o corriente; puede no afectar al registro si el sonar continúa sobre la línea del crucero, pero si se

desvía y forma un ángulo con la línea de crucero, y se aleja de la línea referida, si afecta bastante al registro.

- 5) Distorsiones de escala en los registros. Se deben a la flexibilidad de variación en el ancho de la franja de estudio y a la dificultad que existe para mantener una velocidad constante del barco; por lo tanto se recomienda que, para formar un mosaico isométrico, se eliminen estas distorsiones, las que algunas veces son considerables; asimismo para formar cartas o mosaicos a escala, se recomienda utilizar el método de anamorfosis aplicado en tramos de un kilómetro, el cual se divide en dos etapas: la primera se refiere a la corrección de la escala longitudinal, la que depende de la velocidad del barco y de la velocidad de corrimiento del papel; la segunda etapa corresponde a la corrección de la escala transversal, la cual depende del ancho del papel y de la escala o rango adoptado durante el levantamiento del registro.

- II) Determinación de posición y altura de obstáculos.

El ajuste o cálculo de la posición de un obstáculo y su altura, se debe considerar durante la interpretación de los registros, ya que esto ayudará en el trazo del mapa de eventos del fondo marino.

B.2.3) Elaboración de mapas

De los resultados obtenidos en los subincisos a.2.1 y a.2.2, se trazará el plano de eventos del fondo marino que ayudará al trazo de las curvas batimétricas, así como en el trazo del plano de isopacas.

B.2.4) Interpretación geológica

Debido a que el registro corresponde, igual que en el ecosonda, únicamente al fondo y a lo que sobre él yace, la interpretación geológica se basa en las manifestaciones que aparecen en el fondo; por lo tanto, la información geológica que se puede obtener es la misma que con el ecosonda, pero con mayor detalle. En los registros es posible visualizar los afloramientos, los lomeríos, etc., y también se puede deducir la dirección del flujo de los sedimentos, provocados ya sea por corrientes marinas o por movimientos tectónicos.

C) PERFILADORES SOMERO Y PROFUNDO

C.1) Eliminación de señales parásitas

Las primeras señales parásitas que se deben eliminar son las producidas por reflexiones múltiples, las cuales provienen de la reflexión repetitiva entre el fondo y la interfase agua-aire, prolongándose hasta agotar la energía de las ondas.

La detección de estas señales puede ser en forma inmediata cuando exista una evidencia clara o por comparación de punto por punto al medir el tirante de agua bajo el fondo para altas energías y horizontes de pendiente fuerte.

Las señales parásitas creadas por la difracción de las ondas pueden ser distinguidas por figuras hiperbólicas, las cuales son producidas por cuerpos específicos que reflejan las ondas sísmicas en todas direcciones como son: los bloques erráticos, los arrecifes, las superficies erosionadas, las fallas, etc. En la práctica, los fenómenos de difracción raramente son un obstáculo, aunque algunas veces pueden disimular accidentes geológicos. Un alineamiento vertical cerca de las figuras de difracción puede indicar una falla y un alineamiento horizontal cerca de las figuras puede indicar una superficie de erosión.

Otro tipo de señales parásitas que pueden ser detectadas, son las que producen el engrosamiento de los reflectores y en particular del reflector formado por el fondo marino, las cuales se deben a la combinación de los fenómenos de reverberación y pedaleo que producen una elongación de la señal acústica.

Las concentraciones de gas inducido, que comúnmente se encuentran en el subsuelo, afectan a la propagación de las ondas sísmicas y producen figuras que distorsionan el registro; por lo tanto, se recomienda hacer un análisis minucioso de estas zonas, ya que comúnmente están asociados con eventos geológicos.

C.2) . Identificación de los diferentes tipos de reflectores y ajuste de mediciones

La interpretación de los registros requiere de un amplio entendimiento de los sondeos de relativamente alta frecuencia, los que determinan la geometría, estructura y configuración de los estratos geológicos.

El estudio de un perfil es un análisis directo

de los reflectores de las ondas sísmicas. Los diferentes tipos de reflectores que se identifican son los siguientes:

- 1) Reflectores rectilíneos: generalmente representan suelos sueltos o sedimentos uniformes no tectonizados.
- 2) Reflectores curvos: pueden ser explicados por la misma sedimentación, pero más frecuentemente representan distorsiones de origen tectónico.
- 3) Reflectores discontinuos o complejos: estos indican no únicamente distorsiones tectónicas, sino fenómenos tales como: erosión, rellenamiento, discordancia, etc.

La naturaleza de cada reflector estará indicada por la apariencia que presente, ya que ésta es función de la amplitud, frecuencia, forma, etc., de la onda sísmica.

Las velocidades medidas en los registros, deben ser corregidas; para la velocidad en el agua, se utiliza el método indicado por el ecosonda y para los estratos del suelo se presuponen velocidades de onda, estimadas de datos concernientes a las formaciones encontradas o medidas en sondeos de calibración.

C. 3) Interpretación geológica

La interpretación geológica que se hace en estos registros, es la más importante del estudio, ya que aquí se pueden confirmar las manifestaciones geológicas localizadas en el fondo marino.

Para la interpretación geológica, se recomienda seguir la siguiente secuencia:

- 1) Definir el campo entre dos reflectores, los cuales muestran características sísmicas homogéneas.
- 2) Análisis de dichas características en términos sedimentológicos.
- 3) Establecimiento de las características dimensionales de los elementos así definidos (extensión lateral, erosiones, discordancias, etc.).
- 4) Agrupamiento de todos los datos obtenidos en términos estratigráficos, que permite la correlación con la historia geológica de las regiones circundantes.

D) MUESTRAS DE SUELOS

En base a las pruebas de laboratorio, tanto de a bordo como de tierra, se deben identificar y definir las características cualitativas de cada tipo de suelo detectado; asimismo, será posible estimar en forma aproximada la resistencia al esfuerzo cortante del suelo muestreado, en base al amortiguamiento de la energía cinética de impacto. (Fig. 17).

El amortiguamiento de la energía potencial, conforme penetra el muestreador, depende principalmente de la naturaleza del suelo, por lo tanto, para estimar la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, se recomienda considerar que dicho amortiguamiento depende de lo siguiente:

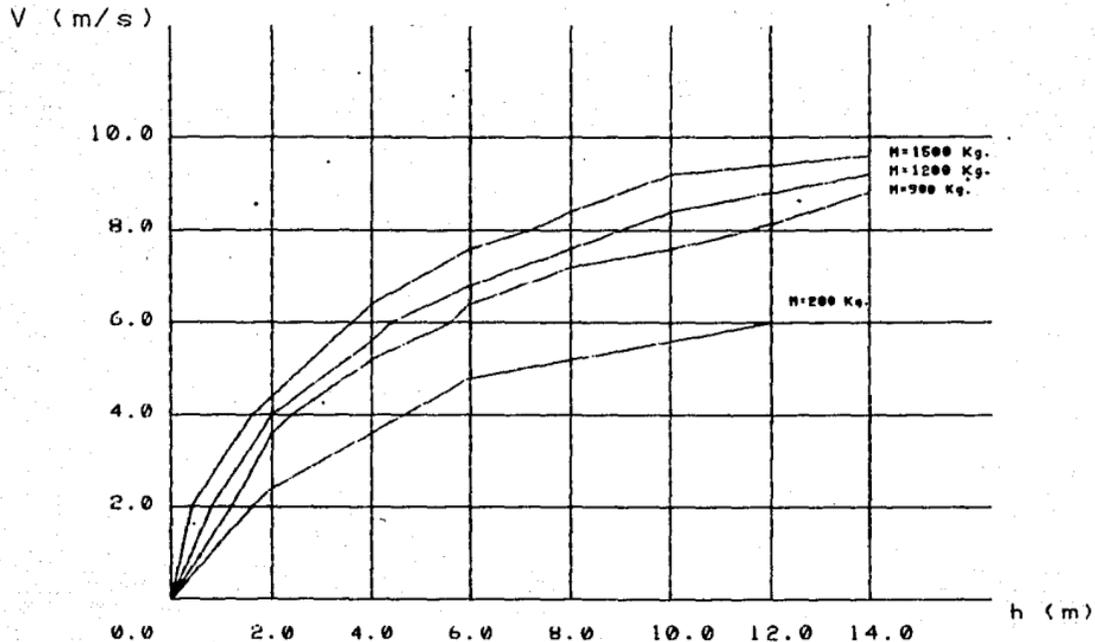


Fig. 17 VARIACION DE LA VELOCIDAD EN CAIDA LIBRE DEL MUESTREADOR EN TERMINOS DE LA DISTANCIA h RECORRIDA Y LA MASA M .

I) Para lodos:

- 1) Es proporcional a la penetración.
- 2) Es proporcional a la suma del diámetro exterior más el diámetro interior del muestreador ($d_e + d_i$).
- 3) Es una función lineal de la diferencia ($d_i - d_e$).

II) Para arenas:

- 1) Es proporcional al cuadrado de la penetración.
- 2) Es proporcional a la suma ($d_e + d_i$).
- 3) Es una función de la diferencia ($d_i - d_e$).

En cuanto al amortiguamiento de la energía cinética, se recomienda considerar que ésta depende de:

- 1) La resistencia a la penetración del muestreador.
- 2) La resistencia a la penetración por fricción lateral (interna y externa) del muestreador.

ED . ELABORACION DE PLANOS

A partir de los datos de registros corregidos, la elaboración de los mapas se hace mediante el análisis de cada reflector punto por punto; en dicho análisis, se pueden medir las dos trayectorias del tiempo y así trazar los mapas isócronos, los cuales, denotan curvas de igual tiempo para un mismo horizonte. En base a los mapas isocronos, se pueden trazar los mapas de isobatas, los cuales denotan curvas de

igual profundidad para un mismo horizonte.

- Plano de posicionamiento

En este plano se indicará por coordenadas, la ubicación de cada punto de tiro.

- Plano batimétrico

Deberá estar referido al plano de posicionamiento y contener las curvas batimétricas con equidistancias no mayores de 1 m y referidas al nivel del mar.

- Plano de accidentes del fondo marino

Este plano se basará en los planos de posicionamiento y batimétrico, ya que las anomalías del fondo marino se identifican mejor sobre las curvas batimétricas.

- Plano de isopacas

La información obtenida de los perfiladores someros y profundos se presenta en los planos de isopacas someros y profundos. En los primeros lo que se configura son las líneas que unen a los puntos de igual espesor, en los sedimentos no consolidados, es decir, la capa del suelo que va del piso marino al primer horizonte reflector abajo de éste y los cuerpos y estructuras geológicas (arrecifes y fallas) contenidos en la unidad de suelos marinos. En los segundos se presenta la misma información pero a mayor profundidad, generalmente a las isopacas que van de la superficie del suelo marino hasta la primera capa consolidada o lecho rocoso. Se

utilizan para determinar el volumen de roca de un yacimiento.

- Plano estructural somero

Este plano presentará el horizonte reflector más significativo de las tendencias estructurales de la zona y será elaborado mediante los datos de los perfiladores somero y profundo.

- Plano de peligros potenciales

Estos planos se elaboran integrando la información del sonar de barrido lateral con planos de los accidentes estructurales y cuerpos anómalos detectados con los perfiladores.

En este plano se indicarán las posibles zonas que puedan presentar problemas para la construcción e instalación de las estructuras y para la perforación. Estos peligros pueden ser: sedimentos saturados con gas, fallas geológicas, sedimentos inestables y topografía difícil.

Este plano es de gran importancia, ya que permite discriminar o clasificar zonas para el trabajo de tendido de líneas nuevas, perforación de pozos y cimentación de plataformas.

- Perfiles interpretativos

Para estos planos se recomienda que cuando menos se elaboren dos perfiles estratigráficos, localizados sobre los dos ejes principales de la retícula; pero si se localizan fallas geológicas importantes, se recomienda trazar perfiles

estratigráficos que las intersecten.

Es necesario agregar que todos estos planos van acompañados de un informe definitivo que describe y discute la información obtenida como resultado del estudio geofísico y por lo tanto, en él se deberán mencionar y describir los trabajos de campo, de laboratorio y de interpretación de registros, además de diferentes conclusiones y recomendaciones en concordancia con el objetivo del estudio.

C A P I T U L O

I V

4. PROCESO DE CONSTRUCCION, TRANSPORTE E INSTALACION

Las plataformas de acero fijas y autosuficientes son usadas como ya se explico en perforación, producción, bombeo, habitación, etc.; su instalación es en el mar, quedando sujetas al oleaje, corrientes marinas, sismos y viento, además de resistir las cargas verticales de peso propio y peso del equipo.

Las torres de perforación que en los años 20 de nuestro siglo fueron utilizados 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 como se conciben actualmente principió apenas en los años 40, 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 8 m, poco después le siguió una segunda con capacidad para operar a 15 m.

A fin de poder aprovechar mejor los períodos de buen tiempo, relativamente cortos, se procedió a construir la subestructura en un astillero en tierra.

Las instalaciones requeridas para estos trabajos se distribuyen en grandes patios que requieren de terrenos con superficies mayores a las diez hectáreas en las que normalmente se reúnen los siguientes requisitos:

1. Fácil acceso al mar.

2. Vías de acceso terrestre.
3. Servicios de energía eléctrica.

Las plataformas marinas de acero ya sea de perforación, producción o enlace, tienen un proceso de fabricación muy semejante, con la excepción de que las dos últimas no llevan conductores.

PLATAFORMA MARINA	SUBESTRUCTURA O JACKET	PILOTES	CONDUCTORES	SUPER ESTRUCC. O DECK
PERFORACION	X	X	X	X
PRODUCCION	X	X		X
ENLACE	X	X		X

En estas plataformas pueden distinguirse tres elementos perfectamente diferenciados:

- Superestructura (Deck).
- Subestructura (Jacket).
- Pilotes.

(Ver Fig. 18)

La superestructura o deck es la parte superior de la plataforma marina, formada por 8 columnas y dos pisos principales, se ensambla directamente al extremo superior de las piernas de la subestructura o jacket, dentro de estas se construyen los diferentes pisos que habrá en la plataforma como son: el piso de atracamiento, que es la parte superior de la subestructura, el de producción y el de perforación, en el caso de que la plataforma sea destinada a este último objeto.

El piso denominado de producción, corresponde al

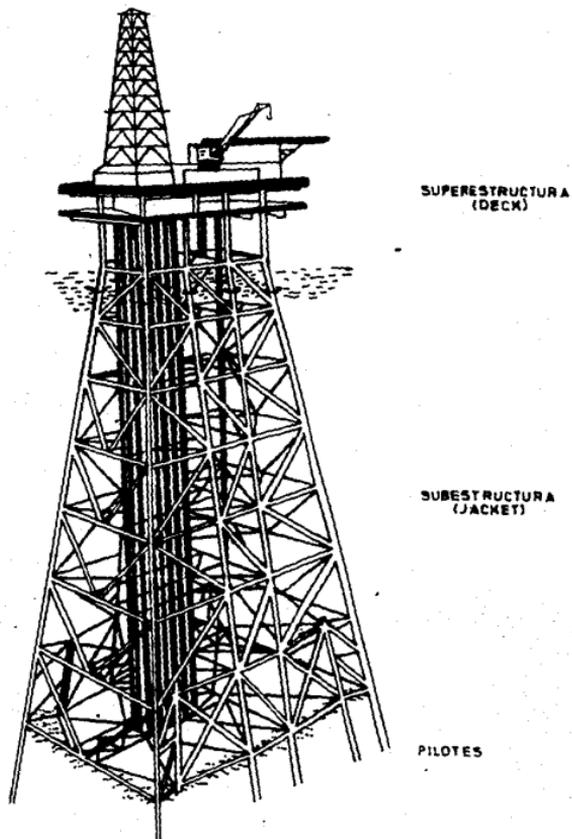


FIG. 18. PLATAFORMA DE ACERO FIJA

nivel intermedio de la superestructura y será donde se alojen los árboles de válvulas de los pozos terminados, así como las tuberías de conducción del flujo de los hidrocarburos, además de servicios auxiliares para las operaciones de perforación y el sistema contra incendio.

En el piso de perforación constituido por vigas y piso de rejilla industrial electrosoldada se alojan todos los elementos del equipo con los que se ejecuta esta operación, tales como: la torre, el malacate, la mesa rotatoria, los equipos de bombeo, etc.

El helipuerto, así como los paquetes habitacionales se instalan sobre este mismo piso formado al igual que el de producción por vigas estructurales con módulos sobrepuestos de rejillas antiderrapantes, con procedimientos similares se fabrican los tripodes y puentes que completan la instalación.

Los equipos que se requieren para la perforación son armados en paquetes rígidos con objeto de facilitar su instalación.

Los módulos de perforación están formados por los siguientes paquetes: de máquinas, bombas tanque, químicos, perforación y habitacional. Los cuatro primeros se montan sobre la superestructura, el paquete de perforación se monta a un lado de los anteriores pero quedando sobre ellos y el habitacional se monta en el piso superior, directamente arriba de los cuatro primeros.

La subestructura representa una unidad piramidal totalmente tubular que se apoyará en el lecho marino y sus elementos principales son 4 marcos trapezoidales desde 50 a 80 m de longitud, formados por tuberías de 52 y 48 pulgadas de diámetro, los marcos son soldados con todos sus elementos en

el piso para posteriormente ser izados y unidos con otros elementos estructurales para integrar la base de la plataforma. Los 4 marcos referidos permitirán tener 8 puntos de apoyo sobre el lecho marino y están formados por columnas tubulares unidas entre sí por medio de contraventeos horizontales o diagonales, capaces de resistir las cargas originadas por las olas, corrientes marinas, etc.

Una vez armada la subestructura se procede a la obturación de los extremos de las piernas para asegurar la flotabilidad.

Los miembros estructurales tanto de la superestructura como de la subestructura ya sean estas columnas o contraventeos, están formados por tubos y las razones de haber seleccionado perfiles tubulares para la construcción de las plataformas son varias:

- Mejores condiciones para soportar los embates de corrientes y oleaje.
- Posibilidad de flotación, condición necesaria, en el caso de la subestructura.
- Posibilidad de pilotear la subestructura, ya en posición vertical.

* Las partes complementarias de la subestructura son tales como: defensas para la protección de la estructura por impacto de embarcaciones, atracaderos para llegada de las mismas y el sistema de inundación para permitir la entrada del agua a las columnas en su instalación.

Las estructuras se protegen contra la corrosión con un sistema de protección catódica a base de ánodos de sacrificio que se colocan en los elementos estructurales de la

subestructura.

En la zona de mareas, que siempre, por diseño, debe quedar en el jacket, se debe proteger con metal monel. Otra forma de protegeria es con pintura 100% de sólidos, colocada sobre tela de mosquitero.

Los pilotes son elementos tubulares que pasan por el interior de las columnas tubulares del jacket y se hincan en el fondo del mar, sujetando la plataforma y haciéndola fija.

En la cubierta inferior van colocados el preventor de reventones y el arbol de válvulas; en ocasiones también la unidad de separación.

En las plataformas de perforación se prevén guías que van montadas en el jacket y en las que se fijan los conductores, que servirán para guiar a la tubería de perforación al iniciar los pozos direccionales.

Así mismo se instalan tubos para que el petróleo baje y pueda conectarse a la tubería que conducirá el petróleo a tierra.

Para el manejo de equipo y materiales las plataformas se equipan con dos grúas de cable, instaladas sobre pedestales con una capacidad de aproximadamente 50 ton cada una.

Las plataformas de producción son equipadas en formas muy diferentes según el propósito que se persiga; en ocasiones la superestructura es equipada en la costa y a veces en el sitio donde la plataforma quedara instalada. Igual caso sucede para las plataformas de bombeo.

Solo cuando un grupo de plataformas estan cerca, una de otra, se separan las instalaciones para habitación a una plataforma aparte y en este caso la plataforma habitacional lleva varias unidades.

La quemada de gas se hace con mecheros que normalmente se instalan sobre plataformas menores hechas de tres patas (tripodes).

Cuando se coloca una bateria de plataformas, ya sea una o varias para perforacion, produccion, bombeo mas el tripode para el quemador y la unidad habitacional, en cualquiera de las combinaciones posibles, estas plataformas se unen con puentes.

4.1. CONSTRUCCION

La construcción de este tipo de plataformas se hace por separado, diferenciando los tres elementos básicos, deck, jacket y pilotes; después se transportan estos elementos al sitio donde se pretenden instalar en forma definitiva.

Para llevar a cabo la construcción es necesario disponer de un patio lo suficientemente amplio para la ejecución de todas las labores necesarias en la construcción; este patio debe tener acceso marítimo, comunicaciones terrestres, aproximación a centros de población y abrigo contra el mal tiempo.

El patio debe prepararse y equiparse adecuadamente para poder operar en él; el piso debe nivelarse y drenarse, para soportar el tránsito de maquinas grandes y grúas de gran capacidad de carga, bajo las mejores condiciones, incluso en tiempo de lluvias.

Se deben hacer las instalaciones eléctricas para fuerza, iluminación, instalaciones de aire y si es posible oxígeno para corte.

Debe preverse también las cimentaciones sobre las que se construirán las estructuras tanto del jacket como del deck.

Las cimentaciones para la construcción del jacket, el que se construye acostado, deberá permitir el deslizamiento posterior hacia el chalán; de igual manera debe suceder con la cimentación en la que se construya el deck, el cual deberá construirse en posición vertical.

Estas cimentaciones pueden ser muy variadas dependiendo de la calidad del suelo. Existen patios en los que el terreno es tan bueno que basta con colocar durmientes y sobre ellos colocar dos rieles a la distancia adecuada. En otros casos se deben colar dos trabes con zapatas corridas y si el terreno lo requiere y las estructuras a construir son grandes y pesadas se debe pilotear.

En la construcción de plataformas marinas fijas, se emplean dos tipos de procedimientos, los cuales son muy similares y consisten en lo siguiente:

Primeramente se arma un marco en el piso, una vez armado se procede a la construcción mediante cualquiera de los procedimientos siguientes:

- 1 Continuar el armado en el piso.
- 2 Continuar el armado en el espacio.

En lo que corresponde al montaje el procedimiento es similar.

El procedimiento más conveniente, es el que consiste en armar y montar la estructura a nivel de piso, en el patio de fabricación y está comprendido dentro de dos etapas principales:

La primera consiste en la prefabricación a nivel de piso de conjuntos parciales, cuya finalidad es conseguir el mayor avance en el trabajo de habilitación, ensamble y soldadura de todos los elementos, bajo las mejores condiciones de rendimiento, calidad, seguridad y plazos de ejecución.

La segunda etapa tiene por objeto, la integración de los conjuntos parciales hasta integrar un todo de dimensiones y peso predeterminados, cuyas condiciones de ensamble y soldadura en el espacio por razón natural son mucho más complicadas. Esta segunda etapa que concluye con la fabricación de las partes principales de la plataforma, se ejecuta procurando que quede en una zona donde pueda ser cargada a la embarcación que la conducirá a su lugar de instalación.

El armado y montaje se lleva a cabo en forma general con los siguientes equipos:

- Equipo de soldar, incluyendo posicionadores.
- Soldadoras manuales.
- Cabezales automáticos y semiautomáticos.
- Equipo de corte.
- Compresores y herramientas neumáticas.
- Generadores de corriente.
- Equipo de maniobra que incluye desde malacates hasta grúas que servirán para el izado de los marcos, y por último
- Equipo de transporte.

Para la fabricación de la tubería de la plataforma, se utiliza un acero de alta resistencia A-36 (AISI):

La construcción se inicia partiendo de tubería de acero prefabricada ya sea mediante rolado en frío o tubería sin costura; hasta 24 pulgadas de diámetro la tubería es sin costura, para mayores diámetros es rolada y con costura.

La construcción del jacket comienza uniendo diferentes tramos de tubería hasta dar la longitud de las columnas, éstas van unidas con soldadura automática después de haber biselado las puntas de los tubos.

Debe cuidarse la alineación, pues de existir algún desalineamiento el pilote no entraría.

Las tuberías que forman los contraventeos horizontales y diagonales se preparan y cortan a la medida, haciendo cortes especiales de tal forma que la junta entre el contraventeo y la columna se ensamblan. (Fig.19).

Para lograr una perfecta intersección, el corte se hace a través de plantillas a escala natural, las que previamente han sido calculadas y dibujadas mediante procedimientos analíticos y gráficos, los que se pueden programar por computadora.

Con las tuberías así preparadas se arman y soldan los marcos a los lados de las trabes, colocando entre ellos todos los accesorios que deben llevar como son defensas, guías de los conductores, sistema de inundación, ánodos de sacrificio, etc., para evitar efectuar maniobras en el espacio.

Las grúas mantienen en posición vertical el marco hasta que este queda fijo por medio del contraventeo con

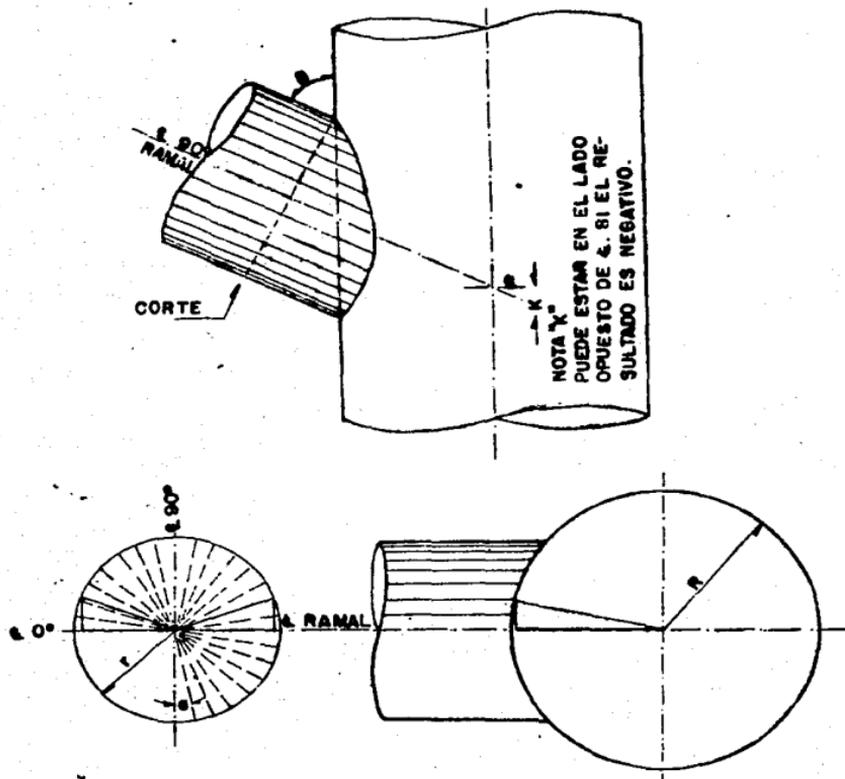


FIG. 19. CORTE DE LAS PLANTILLAS EN ESCALA NATURAL

la columna del segundo marco, la que se ha colocado en la otra trabe. Con esto se logra que la estructura se autosoporte y las grúas se puedan retirar.

El segundo marco es el único que se levanta sin una columna, ya que ésta estaba unida previamente al primer marco. La operación de izaje es igualmente con grúas; se soldan los elementos entre los dos primeros marcos y se pueden retirar las grúas.

Con esto queda formada la parte central de la subestructura. En maniobras posteriores, se izan los otros dos marcos laterales y se unen con contraventeo a los marcos laterales.

Terminada la parte estructural principal, se procede a la colocación de pasillos, atracaderos, escaleras y barandales.

Las columnas de la subestructura llevan un conjunto de válvulas que forman el sistema de inundación que será usado durante la instalación.

En la parte superior lleva una tapa de acero de $\frac{3}{4}$ pulgada de espesor y la cual podrá ser rota por los pilotes en el momento del hincado.

El producto anticorrosivo en la zona de mareas también se coloca a los marcos en tierra.

Con esto, el jacket con sus 1 800 ton de peso queda terminado después de una limpieza y resane de pintura salvo el producto que lleva en la zona de mareas, quedando listo para el embarque.

El tirante de la subestructura normalmente es de

40 a 60 m dependiendo del lugar donde vaya a ser instalada.

El deck se fabrica en forma similar; se arman en el piso las columnas tubulares y los elementos superiores cuya cuerda inferior es también tubular y solo la cuerda superior es una viga formada por placas; los travesaños son también tubulares.

Una vez armados los marcos en el piso se van colocando en posición vertical uno por uno y se unen con las armaduras que perpendicularmente a los marcos van en la parte superior, uniéndose a las columnas.

Las armaduras longitudinales están formadas también por tubos tanto en la cuerda inferior como en los montantes y diagonales. Se colocan sin la cuerda superior la que es una vigueta W.F.

Las columnas de los marcos del deck en su parte inferior tienen forma cónica y para poderlos parar sobre las trabes se usan candeleros también de tubo.

La estructura superior se monta sobre una estructura provisional llamada "Skidframe", que le dara rigidez durante la construcción y servira para efectuar el deslizamiento hacia el chalán.

Las cubiertas inferior y superior son armadas previamente en secciones en el piso y son izadas, en una sola pieza.

Sobre la cubierta inferior se coloca el piso de rejilla industrial electrosoldada y la cubierta superior se cubre con madera de pino tratada.

En igual forma se le colocan al deck todos los

barandales, las escaleras entrecubiertas y las escaleras retráctiles que van de la cubierta inferior al nivel de los embarcaderos.

Sobre la cubierta superior van también montadas dos vigas robustas que servirán para que pueda colocarse sobre ellas la torre de perforación. Son parte de las cuerdas superiores de las armaduras longitudinales.

Por último, se instala el sistema de protección anticorrosiva consistente en limpieza con chorro de arena, se protege con acabado epóxico de alto contenido de sólidos a dos manos. Procediendo a hacer una limpieza general y resanes, con esto queda lista la estructura para ser embarcada.

La fabricación de los pilotes, consiste en la preparación y unión de tubos de dimensiones específicas, generalmente los pilotes son de 48 pulgadas de diámetro y un espesor de 1.25 pulgadas a 2.00 pulgadas de espesor, en longitudes de 70 hasta 90 m.

Una vez terminados de fabricar los pilotes son cargados en las embarcaciones que los transportarán a su lugar de instalación, en donde son recibidos por equipos especiales para llevar a cabo esta operación.

El peso promedio de las partes de una plataforma de perforación petrolera marina fija fluctúa entre:

- Superestructura	300 a 450 ton
- Subestructura	700 a 900 ton
- Pilotes	1200 a 1500 ton

En la Fig. 20 se observa el procedimiento desde la fabricación hasta el transporte de una plataforma de acero.

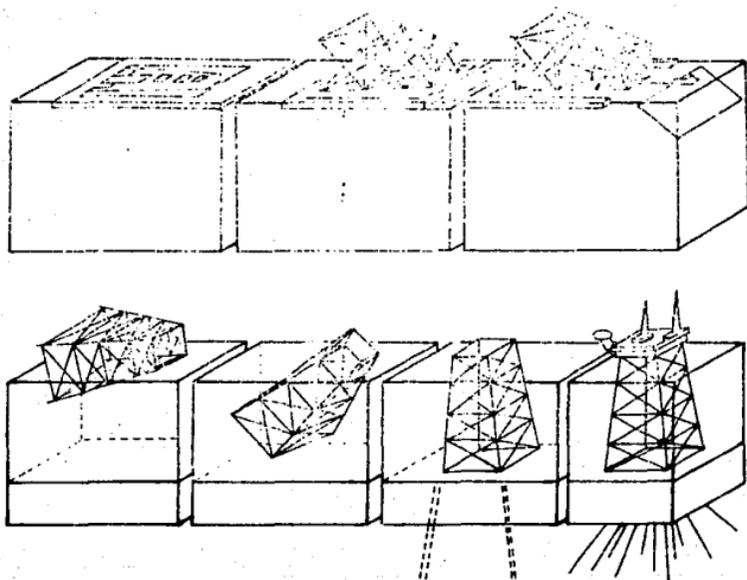


FIG. 20. FABRICACION, TRANSPORTE E INSTALACION DE UNA PLATAFORMA DE ACERO

4.2.

TRANSPORTE

Del patio de fabricación el deck, el jacket pilotes y paquetes son deslizados o cargados en los chalanes o barcazas para su traslado al sitio de proyecto; es acomodada de tal forma que las trabes de deslizamiento donde se encuentran descansando los marcos centrales coinciden con las propias trabes del chalán. Terminada la delicada maniobra, se asegura la estructura con elementos tubulares y se inicia el transporte con el auxilio de remolcadores especializados en este tipo de operaciones.

La preparación de las estructuras y de los chalanes que las transportarán al campo para su instalación es importante, ya que de acuerdo a las condiciones de llegada de las estructuras se logran disminuir los tiempos de trabajo en la instalación.

El chalán que lleva la estructura sumergida tiene un sistema de compartimientos interiores que pueden inundarse mediante un juego de bombas con el que está equipado el chalán, para dos objetos: el primero es lastrar en posición horizontal y poder nivelar la cubierta del chalán con el nivel de las trabes sobre las que está construido el jacket. El segundo motivo es para que en el momento del lanzamiento se puedan inundar en forma diferencial las diferentes celdas y se pueda colocar en posición inclinada el chalán, para facilitar el deslizamiento se lubrican las placas que están colocadas sobre las trabes para que puedan deslizarse los apoyos sobre los que quedó armada la subestructura.

El chalán sobre el que se carga el deck únicamente es necesario lastrarlo para igualar el nivel con el de las trabes sobre las que está construido.

Los pilotes son montados ya sea sobre el chalán en el que va el deck y si no cabe en un tercer chalán. La carga se hace con grúa.

Ya con toda la plataforma cargada se inicia el viaje al sitio de instalación el cual esta previamente marcado con una boya.

La información necesaria para desarrollar los trabajos de instalación de la plataforma, deberá basarse en un juego completo de planos estructurales, es necesario conocer el peso y centro de gravedad de la estructura, tener un estudio completo de mecánica de suelos de la localización en el cual aparezca el tirante de agua, la estratigrafía del terreno, las curvas de penetración contra resistencia del suelo, esto con el fin de poder seleccionar el tipo de martillo adecuado para el hincado de los pilotes, también se requiere tener datos sobre oleaje, vientos y mareas para posicionar el barco-grúa. Por lo tanto es importante que antes de que llegue la subestructura al sitio donde sera instalada, la embarcación que vaya a realizar el trabajo se encuentre ya en el sitio de la localización, contando con toda la información antes señalada y procediendo a efectuar el lanzamiento.

Antes de que la subestructura sea declarada lista para ser lanzada al mar, es importante checar los siguientes puntos:

- a) Todas las valvulas de inundación deberán estar cerradas.
- b) Las válvulas de descarga de aire arriba de la subestructura permanecerán cerradas.
- c) Todas las protecciones de fabrica deberán retirarse de las válvulas de inundación.
- d) Todos los estobos para las maniobras de

izaje deberán estar asegurados a la plataforma de maniobras.

- e) Cabos para arrastre de la pieza y cabos de polipropileno para retenida y guía deberán estar completamente asegurados en su posición para el arrastre.
- f) Los winches y las bombas de lastrado deberán operar correctamente.
- g) Todo el equipo adicional (equipos de corte, winches de aire, compresor, etc.) deberá estar asegurado a bordo del chalán.

El lanzamiento se inicia con la llegada del chalán al lugar de la botadura, el chalán es anclado a una distancia de 450 m del barco grúa; a continuación se cortan las amarras y se engancha el cable del malacate a las orejas de izaje de la subestructura.

4.3. INSTALACION

Existen dos alternativas para hacer que la subestructura empiece a resbalar; la primera utilizando el malacate con el que el chalán está equipado y en ocasiones ayudándose de gatos; la segunda es jalando la estructura.

La subestructura cae por su propio peso en su nivel superficial, gracias a que las patas o soportes se encuentran sellados herméticamente impidiendo el paso del agua.

En este momento entra en acción la barcaza grúa que puede ser de casco cerrado o de pontones, con lo cual se logra mayor estabilidad.

Este barco cuenta con una potente grúa con

capacidad hasta de 2 000 ton y será el elemento básico durante la instalación. El barco está equipado además con todos los servicios y equipos necesarios para la instalación y para el alojamiento del personal, que puede llegar a ser hasta de 250 personas.

Es conveniente señalar que para bajar subestructuras del chalán existen dos procedimientos uno es el que se refiere a lanzar la plataforma al mar y el otro es el de izar la pieza estructural directamente del chalán, de éstos dos procedimientos el más cómodo y seguro es el último, sin embargo en algunas ocasiones no es posible llevarlo a cabo debido a que por lo grande y brumoso de la base de la subestructura que tiene forma de pirámide es imposible acercarse al chalán con la pieza estructural al barco grúa sin que esta sufra daño, es por ello que se hace necesario el lanzar la estructura al mar y una vez en el agua acercarla al barco-grúa para su recuperación.

Para lograr la colocación correcta del barco-grúa se requiere el auxilio de otro barco, que verifica las coordenadas y una vez comprobada la posición exacta, se lanza una boya de señalamiento, que se recupera cuando se instala la subestructura.

El chalán se acerca a la estructura que se encuentra flotando en el mar, esta se estroba previamente con cables y con la grúa estacionaria sobre el chalán se inicia la maniobra para colocarla verticalmente; se opera el sistema de inundación instalado en la estructura permitiendo la sumersión controlada y la estructura se pone en posición vertical en el sitio previsto.

La infraestructura es colocada suavemente sobre el fondo y las patas se hunden un poco en la capa de lodo que se encuentra en el lecho marino. Un trabajo de buzos a veces

es necesario para guiar su colocación en posición de acuerdo con el pozo de prueba. Para evitar que se hundan demasiado, lleva en las esquinas unas tarimas formadas con madera.

La etapa siguiente consiste en fijar la subestructura al lecho marino. El procedimiento de hincado de los pilotes para la cimentación de las estructuras marinas requiere de un estudio adecuado para evitar fracasos que puedan llegar a provocar daños o pérdidas totales de una estructura.

Se sabe que existe una gran experiencia en el hincado de pilotes en tierra: sin embargo, no se puede hacer uso total de ese acervo, porque en el medio marino se presentan otros tipos de problemas como son:

1. Manejo de pilotes de mayores dimensiones (150 m de longitud y 1.58 m de diámetro) y peso hasta de 150 ton, para los que se necesitan equipos de hincado mucho más grandes y pesados.

2. Por las longitudes de los pilotes se requieren uniones de soldadura, cuya ejecución representa períodos de suspensión en el hincado.

3. Los grandes tirantes de agua y los cambios meteorológicos extremos del sitio de hincado en el medio marino.

4. La tecnología de construcción nacional es limitada en esta especialidad, por lo cual se recurre a compañías internacionales con estos recursos.

5. El costoso alquiler de estos equipos obligan a una planeación en la utilización de los mismos, muy cuidadosa para evitar las pérdidas de tiempo.

Los pilotes se dividen como sigue:

Las líneas deben designarse como A y B en la dirección longitudinal y con 1, 2, 3 y 4 en la dirección transversal, es decir:

Pilotes interiores A-2, A-3, B-2, B-3
Pilotes exteriores A-1, A-4, B-1, B-4
Pilotes de prueba, cualquier pilote interior.

El primer pilote es considerado como de prueba y se ubica en una de las patas interiores de la subestructura por condiciones de estabilidad y seguridad en el periodo de hincado. Su función es la de verificar si el comportamiento del suelo es el previsto con base en el estudio geotécnico. Al terminar el hincado de este pilote se hacen todos los ajustes necesarios, en su caso para continuar con el hincado del resto de pilotes.

La instalación de los pilotes se inicia dejándolos caer desde la parte superior de la subestructura. Los pilotes en su caída, rompen los tapones y penetran en el suelo blando. Posteriormente, con un martillo de vapor y con un martinete, se van hincando los pilotes hasta un nivel en el que es accesible soldar el siguiente tramo del pilote. La suspensión del hincado para la soldadura es del orden de 8 hrs esto provoca un efecto de endurecimiento.

Existen otros periodos de interrupción del hincado, debido al cambio del martillo que debe ser reempaquetado después de un cierto número de golpes y a la suspensión temporal del trabajo debido al mal tiempo. Para despegar el tramo de pilote se usa un martillo de mayor energía y en caso extremo se perfora a través del pilote restituyendo el material terreo en el interior del pilote mediante inyecciones de concreto masivo. Esta operación se

repite a lo largo de todo el hincado hasta llegar a la profundidad de desplante que se le haya señalado y se cumpla con el rechazo.

El piloteo se inicia por los pilotes interiores, pero por el más bajo, hasta alcanzar la penetración de diseño a una profundidad de 100 m aproximadamente y al ir penetrando los pilotes deberá chequearse el nivel para corregir cualquier desnivel que pueda existir.

El desnivel se corrige hincando el pilote de la pata más baja con lo que la estructura sube de nivel. Si no se puede corregir así, deberá levantarse la estructura con la grúa, pero cuidando que la tensión no exceda de 600 T.C. y la altura máxima recomendada 0.45 m; si no se puede corregir así debe limpiarse con chorro de agua el área lodosa de las patas en el fondo marino y con la ayuda de gatos hidráulicos llevarla a su posición.

En ocasiones se encuentran arcillas, arenas compactas e inclusive coral que impide la penetración; en este caso se utilizan equipos de barrenación, se introduce la tubería de barrenación a través del pilote. Una vez atravesado el manto resistente se procede con el hincado normalmente.

La Fig. 21 muestra la secuencia de lanzamiento e izaje de la subestructura.

Debidamente instalada la superestructura se procede a marcar sobre la cubierta las zonas donde van a ser colocados los paquetes, los cuales se distribuirán en los tres niveles, inferior, intermedio y superior, los paquetes vienen sobre un chalán y su colocación es similar a la instalación de la superestructura; una vez instalados los paquetes de perforación sube a plataforma un nuevo grupo de técnicos que son los encargados de efectuar las interconexiones de los

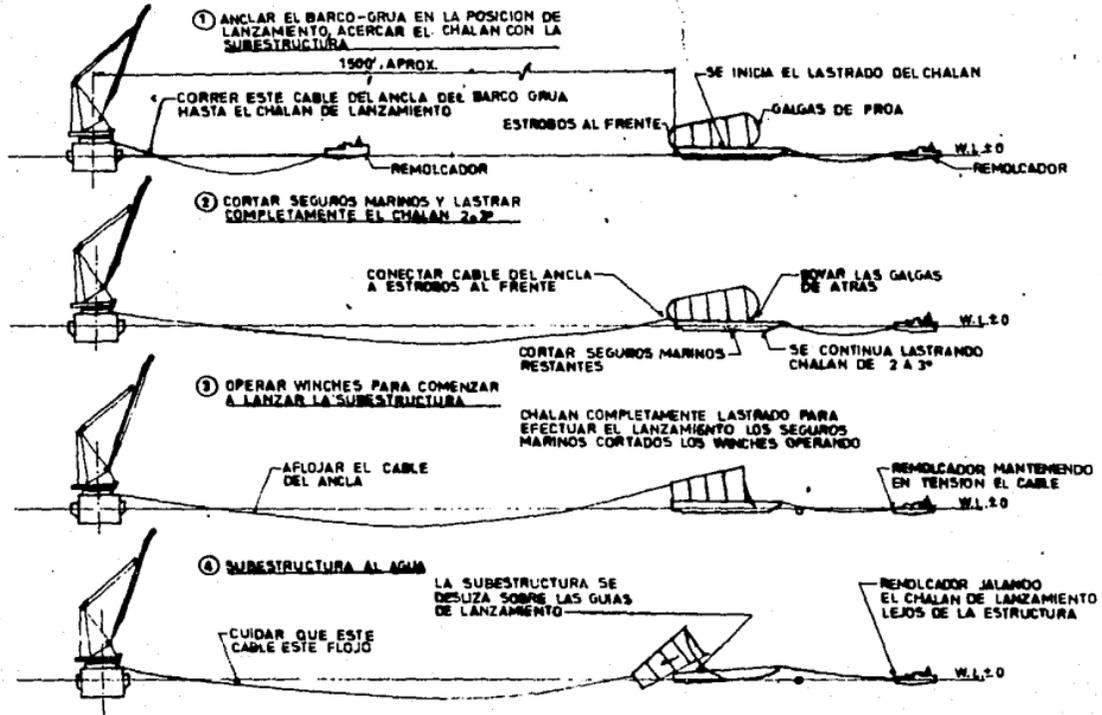


FIG.21.1.SECUENCIA DEL LANZAMIENTO E IZAJE DE LA SUBESTRUCTURA

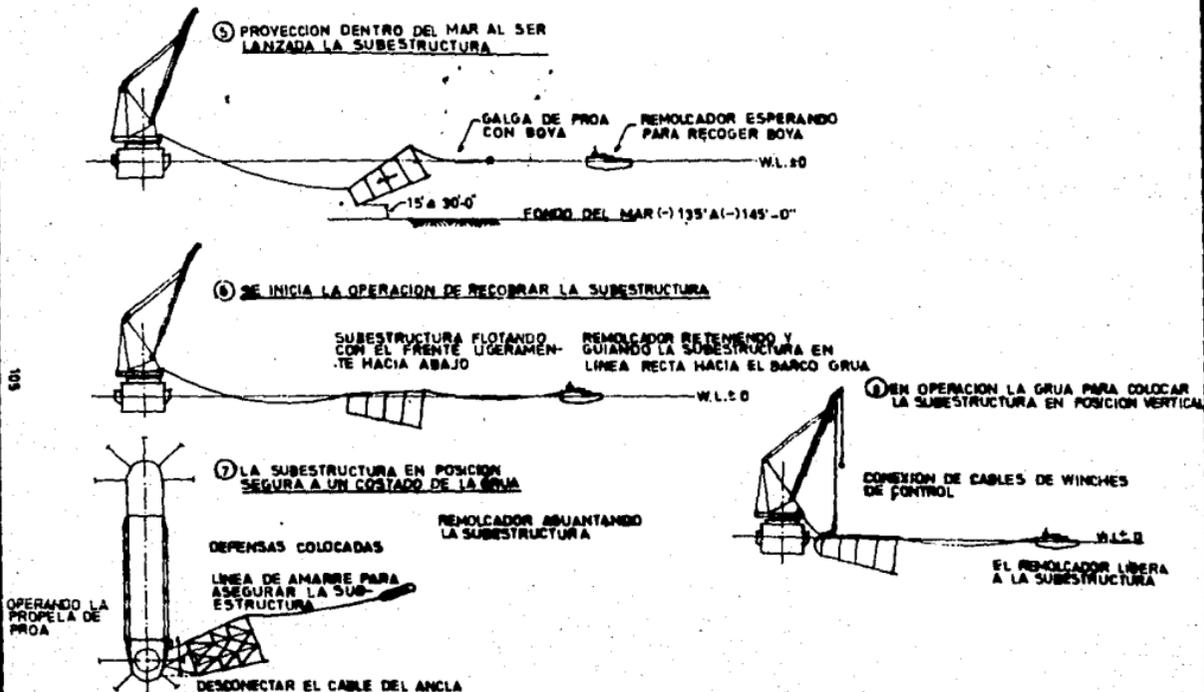


FIG. 21.2. SECUENCIA DEL LANZAMIENTO E IZAJE DE LA SUBESTRUCTURA



FIG. 213. SECUENCIA DEL LANZAMIENTO E IZAJE DE LA SUBESTRUCTURA

paquetes para que operen, las actividades que se realizan en este campo de las interconexiones son las siguientes:

- Mecánicas.
- Eléctricas.
- Tuberías.
- Instrumentación.
- Pintura.
- Armado de la torre de perforación (en caso de que la plataforma sea destinada para este caso).

Posteriormente se hace la instalación de los ductos marinos que llevarán el petróleo a tierra o a las boyas para el cargado de barcos. En donde las principales etapas serían: la recepción de tuberías en los muelles, el lastrado, el transporte al sitio de tendido y el tendido en el piso marino.

El tiempo en que se efectúan las interconexiones es de aproximadamente 30 días, una vez terminada esta actividad la plataforma se entrega al departamento correspondiente para que la opere.

4.4. DISTRIBUCION Y COMERCIALIZACION

Los productos petroleros y petroquímicos se almacenan para su distribución y venta en agencias regionales de ventas, bodegas foráneas y terminales distribuidas en el país. De ellas se abastecen los distribuidores, quienes representan el punto de enlace de mayor significación entre PEMEX y los consumidores.

Actualmente, México exporta productos petroleros y petroquímicos excedentes a varios países, una vez

satisfecho el mercado interno.

C A P I T U L O

V

5. CONCLUSIONES

En los inicios de la explotación del petróleo en nuestro país, no se contaba con la tecnología adecuada ni con el personal suficientemente capacitado para realizar los trabajos que implica esta actividad. Las perforaciones marinas se efectuaban en instalaciones rudimentarias constituidas de madera y acero y siempre en aguas poco profundas. Las instalaciones de este tipo resultaban muy costosas para efectuar perforaciones de exploración cuyo resultado era incierto. Después de un gran cumulo de experiencias por parte de los técnicos mexicanos se tuvieron que modificar técnicas, preparar personal, eliminar equipos y desarrollar en sí una ingeniería propia adecuada a las necesidades y acorde a las condiciones específicas del área en estudio tal como se ha comentado a lo largo de este trabajo.

Los avances logrados han hecho que se diseñen y fabriquen una gran variedad de plataformas marinas, para la exploración y perforación de los campos productores marinos, así como para permitir el funcionamiento de los equipos necesarios de producción, separación, bombeo y campos habitacionales que se requieren.

En los últimos años la tecnología de desplante de plataformas en aguas cada vez más profundas ha progresado en forma importante, siendo comunes las plataformas con tirantes de agua de 150 a 300 m.

A grandes profundidades se prevee emplear además de las plataformas de estructura fija otros tipos como son: las torres desplantadas en el fondo que se mantienen en

posición vertical por medio de tensores múltiples anclados en el piso marino; las de columnas tensadas que están constituidas esencialmente por una balsa semisumergida con nivel de flotación constante soportada mediante columnas tubulares a tensión cimentadas en el fondo marino mediante pilotes y la llamada instalación flotadora de producción, que es del tipo semisumergible, constituida también por un barco o balsa asegurado mediante un sistema de tensores anclados o lastrados en el piso marino.

Se cuenta actualmente con las instalaciones necesarias, así como con los recursos humanos y equipo para llevar a cabo cualquier fabricación e instalación de estructuras fuera de la costa y podemos decir que se ha desarrollado una tecnología 100 % mexicana que compite en calidad, costo y tiempo con las extranjeras; no obstante cabe señalar las siguientes recomendaciones a fin de mejorar los actuales procedimientos de extracción de petróleo:

1. En general es aceptado que ciertos riesgos están íntimamente relacionados con las estructuras, instaladas en ambientes marinos, aunque estos riesgos nunca podrán ser eliminados completamente es necesario reducirlos en lo posible mediante la implementación de programas de inspección y mantenimiento más detallados.

2. Crear normas y especificaciones adaptadas para los productos y materiales que el país produce ya que en este aspecto dependemos del extranjero para su suministro, lo que hace que los costos de explotación y producción se vean incrementados.

3. Se debe tratar de evolucionar aún más en las técnicas de perforación a profundidades mayores para poder explotar las reservas de petróleo que se encuentran localizadas más allá de las que actualmente se trabaja.

4. Se debe alentar la investigación y el desarrollo a fin de generar tecnología nacional, contratando en el exterior únicamente la tecnología no disponible en el país.

5. Generar las especificaciones nacionales necesarias, para el desarrollo de trabajos de posicionamiento, geofísicos y geotécnicos que incluyan procedimientos y equipos a usar en cada etapa del trabajo de exploración.

6. Realizar estudios técnico-económicos que indiquen si al avanzar la explotación de yacimientos se seguirá con el criterio de evitar sitios con riesgos potenciales o será necesario considerar el diseño de otros tipos de estructura cuando no sea posible cambiar el sitio de explotación del proyecto.

7. Instrumentar los mecanismos necesarios a fin de localizar sitios probables de almacenamiento para el petróleo extraído tales como los domos salinos, lo que permitirá en un largo plazo seguir contando con reservas suficientes que aseguren el futuro del país.

BIBLIOGRAFIA

1. GEOTECNIA MARINA EN LA SONDA DE CAMPECHE
Subdirección de proyecto y construcción de obras.
Gerencia de ingeniería de proyecto.
Petroleos Mexicanos.

2. PROCESO DE INSTALACIONES DE PLATAFORMAS MARINAS
Subdirección de proyecto y construcción de obras.
Gerencia de administración de proyectos especiales.
Dirección del proyecto de instalaciones marinas,
Sonda de Campeche.
Superintendencia general de construcción.
Petroleos Mexicanos.
Cd. del Carmen, Campeche.
1981.

3. PLATAFORMAS MARINAS
Ing. Pacina Sanchez Angel.
Subdirección de proyecto y construcción de obras.
Gerencia de administración de proyectos especiales.
Superintendencia general de ingeniería de diseño.
Petroleos Mexicanos.
Octubre, 1982.

4. EL PETROLEO
Dirección General.
Biblioteca Central.
Petroleos Mexicanos.
México, 1970.

5. ESTUDIOS GEOFISICOS PARA INSTALACION DE PLATAFORMAS MARINAS
Normas para proyecto de obras.
Norma No. 2.161.01
Petroleos Mexicanos.
México, 1986.

6. Tesis profesional: REVISION DEL ESTADO DEL ARTE EN EL DISEÑO DE PILOTES LARGOS APOYADOS EN SUELOS MARINOS CALCAREOS, COMO EL QUE PREDOMINA EN LA BAHIA DE CAMPECHE
Bernal Ladrón de Guevará A. Lorena.
González Ochoa Patricia.
Universidad Iberoamericana.
Ingeniería Civil.
México, 1985.

7. Tesis profesional: FABRICACION Y MONTAJE DE PLATAFORMAS DE ACERO TIPO FIJAS PARA PERFORACION PETROLERA MARINA
Rodríguez Morfín Raúl.
Universidad Nacional Autónoma de México.
Ingeniería Civil.
México, 1985.

8. Tesis profesional: LA EXPLOTACION PETROLERA MARINA DESDE PLATAFORMAS DE ACERO FIJAS Y AUTOSUFICIENTES
Ibarrola Santoyo Eduardo.
Universidad Nacional Autónoma de México.
Ingeniería Civil.
México, 1982.

9. OCEAN INDUSTRY
The magazine for off shore business.
Vol. 22, No. 9
September, 1987.

10. Conferencia: PLATAFORMAS MARINAS.
Ing. García Meneses José.
XIII Congreso nacional de ingeniería Civil.
Colegio de Ingenieros Civiles de México.
México, 1988.
11. RIQUEZA GEOLOGICA
Enciclopedia Visual Bruguera, Se todo.
Tomo I, No. 2
Editorial Bruguera.
Barcelona, España, 1974.
12. IMPORTANTES OBRAS PARA LA EXPLOTACION PETROLERA FUERA DE
LA COSTA
Revista Grupo ICA.
IV Epoca, Año 28, No. 32
Diciembre, 1983.
13. INGENIERIA MEXICANA EN LA SONDA DE CAMPECHE
Revista Grupo ICA.
IV Epoca, Año 29, No. 41
Junio, 1985.
14. INFORMACION DE LOS ARCHIVOS TECNICOS DE PEMEX, FIMSA Y
AEROFOTO.