

29  
88



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**Facultad de Ingeniería**

**La Explotación Petrolera Marina Desde Plata-  
formas de Acero Fijas y Autosuficientes**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:  
**INGENIERO CIVIL**  
p r e s e n t a :  
**EDUARDO IBARROLA SANTOYO**

---

México, D. F.

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional

Autónoma de México

Al Pasante señor EDUARDO IBARROLA SANTOYO,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Francisco Cánovas Corral, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"LA EXPLOTACION PETROLERA MARINA DESDE PLATAFORMAS DE ACERO FIJAS Y AUTOSUFICIENTES"

- I. Bosquejo histórico del petróleo en el mundo y en México.
- II. Hidrocarburos y productos asociados.
- III. Importancia de los hidrocarburos en la vida moderna.
- IV. El petróleo y el gas recursos no renovables.
- V. Extracción del petróleo y el gas y sus procesos.
- VI. Extracción del petróleo y el gas en el mar.
- VII. Diferentes tipos de estructuras para la extracción de hidrocarburos en el mar.
- VIII. Plataformas de acero fijas y autosuficientes.
  - a. Descripción de las plataformas.
  - b. Procedimientos para su construcción, transporte e instalación.
- IX. Tubería que conecta la plataforma con tierra y obras auxiliares.
- X. Conclusiones.

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

A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
C. U. Universitaria, 9 de febrero de 1962  
EL DIRECTOR

ING. JAVIER JIMENEZ LAVRIE

# I N D I C E

	Páginas
1. Bosquejo histórico del petróleo en el mundo y en México	1
2. Hidrocarburos y productos asociados.	31
3. Importancia de los hidrocarburos en la vida moderna.	36
4. El petróleo y el gas recursos no renovables.	51
5. Extracción del petróleo y el gas y sus procesos.	56
6. Extracción del petróleo y el gas en el mar.	91
7. Diferentes tipos de estructuras para la extracción de hidrocarburos en el mar.	97
8. Plataformas de acero fijas y autosuficientes.	122
a) Descripción de las plataformas.	
b) Procedimientos para su construcción, transporte e instalación.	
9. Tubería que conecta la plataforma con tierra y obras auxiliares.	185
10. Conclusiones.	207

## CAPITULO I

### BOSQUEJO HISTORICO DEL PETROLEO EN EL MUNDO Y EN MEXICO

#### HISTORIA GEOLOGICA. -

El petróleo es una combinación de carbono e hidrógeno exclusivamente: razón por la cual se considera dentro de los hidrocarburos.

La palabra petróleo significa aceite de piedra, su raíz etimológica proviene del latín: petra-piedra y óleo-aceite.

La proporción en que el carbono y el hidrógeno se encuentran mezclados para formar el petróleo es la siguiente: carbono de 76 a 80%, hidrógeno de 10 a 14 %.

En la mayoría de los casos contiene mezclados algunas materias como oxígeno, azufre y nitrógeno y se han encontrado huellas de compuestos de hierro, níquel, vanadio y otros materiales.

La fórmula de los hidrocarburos saturados, depende de los distintos orígenes del petróleo, se puede establecer de una manera muy general de acuerdo con la siguiente tabla:

Fórmula general  $(CH_4)$ , que puede ser:

$C_n H_{2n+2}$  para la serie del metano

$C_n H_{2n}$  para la serie del etileno y

$C_n H_{2n-2}$  para la serie del acetileno.

Los científicos no se han puesto de acuerdo en las diferentes teorías del origen del petróleo, las cuales se siguen discutiendo hasta la fecha. Varios químicos famosos, entre los que se encuentran rusos y franceses, principalmente, sostienen la teoría de que el petróleo tiene origen mineral.

Otros investigadores sostienen que el petróleo proviene de la descomposición de residuos animales y vegetales que se han transformado en aceite, con lo cual consideran que su origen es orgánico.

Basan su teoría al comprobar que los terrenos en que se ha formado el petróleo no han estado nunca a una temperatura superior a los 38°C. Con esto, descartan la teoría de origen mineral, ya que la obtención de petróleo partiendo de carburos metálicos requeriría temperaturas mucho más elevadas. Los análisis de laboratorio, de rocas petrolíferas de campos productores parecen confirmar un origen orgánico. Han encontrado, en estas rocas, ciertas propiedades ópticas que sólo se localizan en sustancias orgánicas, además el contenido de nitrógeno y otras sustancias en el petróleo sólo pueden proceder de materiales orgánicos. El hecho de que la mayor parte de los yacimientos en el mundo se localicen en lugares que fueron ocupados por lagos y mares hace millones de años, confirman el origen orgánico.

Existen otras teorías que señalan que la formación de hidrocarburos pudo haberse efectuado, también, durante el largo proceso de la formación de los planetas y en consecuencia de la tierra. Si esta teoría fuera cierta debería encontrarse petróleo en todo el globo y a medida que se avance en nuevas técnicas para perforaciones más profundas, podría considerarse - que el petróleo sería inagotable.

Se menciona esta teoría únicamente por novedosa. Los avances de la ciencia llegarán a descubrir cual es el origen real del petróleo.

Independientemente de su origen, se ha llegado a establecer la era y el período de la formación de los mantos petrolíferos que se conocen en el mundo en la actualidad. La tabla siguiente indica la era y el período de su formación así como la ubicación de los mismos.



ERA	PERIODO	PAIS
Cenozoico	Terciario	Colombia, Ecuador, Estados Unidos, Francia, Irán, Iraq, México, Perú, Rumanía, Trinidad, Unión Soviética, Venezuela.
Mesozoico	Cretácico	Alemania, Argentina, Egipto, Estados Unidos, Medio Oriente, México, Unión Soviética.
	Jurásico	Alemania, Estados Unidos, México, Unión Soviética.
	Triásico	Alemania.
	Pérmico	Alemania, Estados Unidos, Unión Soviética.
	Carbonífero	Canadá, Estados Unidos, Unión Soviética.
Paleozoico	Devónico	Canadá, Estados Unidos, Unión Soviética.
	Silúrico	Estados Unidos.
	Ordovícico	Estados Unidos.
	Cámbrico	Estados Unidos.

## ANTECEDENTES HISTORICOS EN EL MUNDO. -

Realmente se desconoce la fecha exacta en que se empezó a hacer uso del petróleo. En varias partes del mundo el petróleo aparecía en la superficie sin necesidad de perforación alguna y fué así que se empezó a utilizar.

Los primeros datos confiables, en cuanto a su uso, son los siguientes:

La Biblia ya lo menciona con el nombre de betún-mineral combustible y Noé lo utilizó como impermeabilizante para proteger y calafatear su arca.

Se tiene noticia que los asirios y babilonios lo empleaban para alumbrado en lugar de aceite vegetal y lo usaban también en sus construcciones como cemento.

Para usos medicinales lo usaron los árabes y los hebreos.

Los romanos usaron el petróleo para destruir naves enemigas.

Los egipcios lo utilizaron en el embalsamamiento de sus muertos y en las pinturas de los muros de sus tumbas.

Los chinos fueron los primeros que usaron el gas natural para alumbrado y también usaron el petróleo en forma de aceite hirviendo y granadas de fuego en sus guerras.

De su uso en Rusia nos habla Marco Polo en el Siglo XIII.

En América los indios lo empleaban para impermeabilizar sus canoas y los totonacas de la región de Papantla lo utilizaban como medicina y como incienso en sus ritos. También llegó a usarse para masticarlo y limpiar la dentadura.

En 1784 el matemático, físico y químico italiano Amado Argand inventó una lámpara con mecha hueca y redonda a través de la cual pasaba una corriente de aire y protegida por un tubo cilíndrico de vidrio para reducir los inconvenientes del humo. Más tarde esta lámpara fué modificada y mejorada y con el invento de esta lámpara se introdujo un nuevo uso del petróleo, en la iluminación, y para fines del Siglo XVIII estaba generalizada, no obstante que el petróleo crudo así quemado se inflama fácilmente y deja al arder residuos bituminosos.

En 1847 se vendió petróleo embotellado, en Pittsburgh con el nombre de "carbón-oil", haciendo creer a la gente de que curaba todos los padecimientos en hombres y animales. Samuel M. Kier propietario del establecimiento que vendía el carbón-oil consultó con un prominente químico de Filadelfia y se convenció que destilando el petróleo se podría obtener un buen iluminante decidió construir un alambique y destiló el primer barril de petróleo en el año de 1850. Es pues, Kier el precursor de la refinación en América.

En 1855 un químico norteamericano del Yale College llamado Benjamín Silliman Jr. terminó su estudio basado en la destilación fraccionada. Este método aún está en uso en nuestros días.

Hasta aquí las fuentes de abastecimiento de petróleo eran las chapopoterías a donde el petróleo llegaba a la superficie a través de las fracturas de las capas del suelo.

El 30 de Diciembre de 1854, se fundó la "Pennsylvania Rock Oil Co. of New York", con objeto de explotar el petróleo, pero los accionistas descontentos por la inactividad de la compañía, decidieron fundar la "Séneca Oil Co.", el 23 de marzo de 1858 con un capital de 250,000,00 dólares.

El Sr. Bissell que era el más entusiasta y a quien se le reconoce como el primero que concibió la idea de buscar petróleo en los Estados Unidos contrató los servicios del Profesor Benjamín Silliman Jr. como químico, del Coronel Edwin L. Drake como superintendente, de William A. Smith como perforador y de Charles y Frank Smith como ayudantes.

Con excepción de Silliman los otros cuatro fueron enviados a realizar trabajos en un arroyo llamado Oil Creek de Titusville, Pennsylvania, Estados Unidos. El Coronel Drake improvisó una casa de máquinas de madera y una torre del mismo material para alzar las herramientas de perforación e instaló un motor y una caldera.

Inició la perforación y el sábado 27 de agosto de 1859 había alcanzado una profundidad de 22.40 metros y el barreno cayó en una endadura y resbaló hacia abajo, al día siguiente por la tarde se inspeccionó el pozo, descubriendo que había aceite flotando sobre el agua a poca profundidad del piso de la torre. Fue ese pozo, al que se le llamó Bissel-Drake, el primero que se perforó en América con la finalidad de obtener petróleo. Con la perforación de este pozo que producía 20 barriles por día puede decirse que se inició la industria petrolera.

A fines del Siglo XIX, el residuo de la destilación del petróleo substituyó con mucha ventaja, al carbón en las calderas de las locomotoras. La flota inglesa en el Siglo XX empezó a utilizar el petróleo en toda su flota y actualmente su uso es general en todos los buques de guerra y mercantes por las grandes ventajas que ofrece respecto al carbón. Es más fácil manejar el petróleo y tiene mayor poder calorífico.

En 1877 el ingeniero mecánico e inventor alemán llamado Karl Benz comenzó a diseñar y armar un motor de dos velocidades. En 1886 construyó el primer automóvil impulsado con motor de gasolina. Fue el precursor de la industria automotriz y originó el uso del petróleo como carburante en los motores de combustión interna generalizándose así, en el Siglo XIX, el uso de la gasolina que anteriormente no tenía valor comercial.

Desde aquel 27 de agosto de 1859 en que se perforó el primer pozo, la producción mundial del petróleo ha aumentado considerablemente y ya para 1974 ésta alcanzó la cifra de 57 millones de barriles por día.

#### ANTECEDENTES HISTORICOS EN MEXICO.-

Realmente se ignora cuando empezó a usarse el petróleo en nuestro país, sin embargo se tiene conocimiento que las tribus que habitaron el territorio mexicano, lo usaban desde antes de la llegada de los españoles.

Los mexicanos lo utilizaron como medicamento, como pegamento, como impermeabilizante, como material de construcción y como incienso en sus ritos religiosos.

Los totonacas lo recogían de la superficie del agua y lo usaban como iluminante.

A la llegada de los españoles éstos no le dieron mayor importancia, ya que su ambición era encontrar oro y plata y algunos de ellos se dedicaron a la agricultura. Sin embargo, algunos españoles siguieron las sugerencias de los indígenas y utilizaron el petróleo como medicina y para calafatear sus barcos.

El nombre de chapopote que se le da en México al petróleo crudo proviene del náhuatl y su raíz es chapopoctli, de chiahuatli-grasa y poctli-humo.

Las regiones más ricas en chapopote representaron un serio peligro para la ganadería, ya que los animales se ahogaban en ellas y fué así como para terrenos muy ricos en petróleo nunca se encontraba comprador.

Las autoridades españolas, tanto en Nueva España como en la metrópoli, se empezaron a preocupar por legislar sobre el petróleo y fue así como el 27 de Mayo de 1733 el Rey Carlos III de España promulgó las " Reales Ordenanzas para la Minería de la Nueva España", en estas ordenanzas ya se hablaba de los hidrocarburos. El Virrey de la Nueva España era entonces Don Matías de Gálvez.

El 22 de diciembre de 1836, al firmarse en Madrid el "Tratado de Paz y Amistad entre México y España", México adquirió todos los derechos pertenecientes a la corona española en la Nueva España y el tratado se firmó estando vigentes las "Reales Ordenanzas para la Minería de la Nueva España".

El año de 1861, se introdujo en México el uso de la lámpara de kerosina.

El Emperador de México Maximiliano de Habsburgo otorgó 38 concesiones petroleras a particulares en el período comprendido de noviembre de 1864 a noviembre de 1865 y el propio Emperador reglamentó el laboreo de las sustancias que no eran metales preciosos, mencionando el betún y el petróleo. En esta reglamentación exigió que se obtuviera la concesión ex-

presa y formal de las autoridades competentes para poder explotar las minas, entre las cuales estaban consideradas las de betún y de petróleo.

Fué en 1880 cuando se inició la construcción de la primera refinería en México en el puerto de Veracruz, la cual fué terminada en 1886 y fué llamada El Aguila.

Se iniciaron trabajos en Papantla, en Veracruz y en diferentes minas, llegando el momento en que la producción petrolera fue tan alta que faltaba mercado en el país.

En noviembre de 1884 se aprobó el "Código de Minas de los Estados Unidos Mexicanos", en el que se menciona que ..... "las sales que existan en la superficie, las aguas puras y saladas, superficiales ó subterráneas; el petróleo y los manantiales gaseosos o de aguas termales y medicinales" eran de la exclusiva propiedad del dueño del suelo quien por lo mismo, sin necesidad de denuncia ni de adjudicación especial podía explotar y aprovechar.

En 1886 la "Waters Pierce Oil Company" construyó en Veracruz una refinería con capacidad de 500 barriles diarios para procesar petróleo crudo importado de Estados Unidos y 10 años más tarde fundó la refinería en Arbol Grande, cerca de Tampico en donde procesaba 2,000 barriles diarios de petróleo también importado de Estados Unidos.



En 1898 la "Wathers Pierce Oil" compró la refinería que había sido instalada en Veracruz y le cambió el nombre de "El Aguila" por "El Gallo".

Al finalizar el Siglo XIX el Sr. Edward L. Doheny, a invitación del Presidente del Ferrocarril Central Mexicano, inspeccionó las zonas chapopoteranas existentes en el Golfo de México y a principios de 1900, en las proximidades de Tampico inició perforaciones con éxito.

El escenario en el que principió, verdaderamente, la historia del petróleo en México fue la hacienda de "El Tullillo" en el Municipio de El Ebanero, S.L.P., con una extensión de 90,000 hectáreas las cuales estaban infestadas de chapopoteranas en las que constantemente morían las reses. El Sr. Doheny compró la Hacienda de "El Tullillo" en la que se encontraba el cerro de "La Pez" y a sus faldas existían, desde centurias atrás, las dos más grandes chapopoteranas de la República; el Sr. Doheny instaló en esta Hacienda su primer campo petrolero, al que llamó "El Ebanero",

El Sr. Doheny inició de inmediato las perforaciones de 19 pozos, encontró petróleo y alcanzó una producción de 50 barriles diarios y con otros socios formó la Mexican Petroleum Co.

En diciembre de 1901 el Congreso de la Unión decretó la Ley del Petróleo de los Estados Unidos Mexicanos, por la que se autorizaba al Ejecutivo Federal para conceder permisos a fin de hacer exploraciones en el subsuelo

de los terrenos baldíos o nacionales por el plazo de un año improrrogable. Igualmente se autorizaba a otorgar patentes de explotación por un plazo de 10 años.

La Mexican Petroleum Co. estuvo a punto de quebrar al terminar de perforar el último de los 19 pozos, y para entonces el Sr. Dohery contrató a Ezequiel Ordoñez quien había sufrido un trato injusto al ser separado del Instituto Geológico de México.

Con un nuevo crédito y el asesoramiento del Sr. Ordoñez, Dohery logró cambiar el destino de la Mexican Petroleum Co. y se inició la perforación en el punto más cercano posible al "Cerro de la Pez".

El 3 de abril de 1904, después de haber perforado a unos cuantos metros de un pequeño cantil de lava y al haber alcanzado la profundidad de 501 metros, brotó el pozo denominado La Pez No. 1, alcanzando, el chorro de petróleo, 15 metros de altura y produciendo 1,000 barriles diarios, los que se mantuvieron varias años. Con esto principió la producción de petróleo en la República Mexicana a nivel comercial.

Ya para 1904 la Mexican Petroleum Co. había construido en El Ebano la primera refinería en México para la producción de asfalto.

Más empresas extranjeras empezaron a establecerse en el país, se asfaltaron calles de las ciudades de México, Tampico, Veracruz, Guadalajara,

Puebla, Monterrey y Chihuahua y con petróleo mexicano algunas ciudades de Estados Unidos.

El Gobierno otorgó otras concesiones para explorar y perforar, y se sufrieron varios accidentes por pozos que se incendiaron al perderse su control.

Cuando estalló la revolución, el 20 de Noviembre de 1910, en ningún momento se alteró la marcha de la industria petrolera y su ritmo de ascenso se inició justamente el año de 1911, llegando a una producción de 12'500,000 barriles por año contra 3'600,000 barriles que se habían extraído en 1910 y para 1921, 193'000,000 de barriles por año.

La cantidad de petróleo con la que México contaba era superior a la demanda del consumo interno, por lo que se inició la exportación del excedente y fué así como la "Huasteca Petroleum Co.", exportó 30,000 barriles con destino a Texas en Estados Unidos,

De aquí en adelante las compañías más fuertes que operaron en México fueron:

- Americanas;

Del Grupo Doheny;

- La Mexican Petroleum Co.,
- La Huasteca Petroleum Co.,
- La Standard Oil of New Jersey, que operó en México con el nombre de Penn Mex, Fuel Co.,

Los intereses de Sinclair operaron con el nombre de:

- Freeport and Mexican Fuel Corp.
- La Gulf Company.
- La Southern Pacific Railroad.

y otras, controlando comercialmente el 65%.

- Los intereses representados por la Royal-Dutch-Shell Sindicate operaron con el nombre de :
  - Corona Petroleum Co.
  - Chijos Oil Ltd., quienes controlaban el 32%.
- El 3% restante lo controlaba la empresa semi-oficial "Petróleos de México", S. A. (Petro-Mex).

A todo lo anterior continuaron descubrimientos de campos petroleros, perforaciones de pozos y construcciones de refinerías.

En 1913 Pearson inició la construcción de una refinería en la márgen izquierda del Río Pánuco, en lo que actualmente es Ciudad Madero y un oleoducto de 135 Kms. de longitud desde el campo de Potrero del Llano. En 1914 esta refinería empezó a procesar inicialmente 20,000 barriles diarios y se le dió el nombre de "El Aguila".

No todas las compañías petroleras que operaban en México tuvieron éxito, algunas fracasaron.

El 9 de febrero de 1914 al perforar el pozo No. 4 de "Cerro Azul", llegaron a una bolsa de gas que expulsó el agua fuera del pozo y al día siguiente al llegar a una profundidad de 545 metros se produjo una fuerte explosión y el pozo empezó a producir. Según el Sr. Doherty el pozo "Cerro Azul No. 4", ha sido la fuente de petróleo más famosa de América.

El 15 de febrero del mismo año, el pozo produjo 152,000 barriles diarios y para el 19 de febrero 260,000 barriles diarios. Al 31 de Diciembre de 1921 su producción fué de 57'000,000 de barriles.

El Ing. Ezequiel Ordoñez descubrió la famosa "Faja de Oro" terrestre entre los años de 1908 a 1928. Esta faja se localiza sobre la planicie costera del Golfo de México, en el Estado de Veracruz y se extiende desde los 75 Kms. al sur de Tampico hasta los 190 Kms.

El 5 de febrero de 1917 al promulgarse la Constitución que aún nos rige, se legisló sobre el petróleo; En su Artículo 27, párrafo 4o, se indica - que .....corresponde a la nación el dominio directo de ..... los combustibles, minerales sólidos, el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos líquidos o gaseosos.

También indica que sólo los mexicanos por nacimiento o por naturalización y las sociedades mexicanas tienen derecho para adquirir el derecho de las tierras, aguas y sus accesorios para la explotación de minas, aguas

o combustibles minerales en la República Mexicana. El Estado podrá conceder el mismo derecho a los extranjeros, siempre que éstos se comprometan ante la Secretaría de Relaciones en considerarse como nacionales respecto a estos bienes y de no invocar a la protección de sus gobiernos ; se estableció la pena de perder, en beneficio de la nación, los bienes que hubieran adquirido para explotar el petróleo si faltaban al convenio. Se les prohibía adquirir a los extranjeros dominio directo sobre tierras y aguas en una franja de 100 kms. a lo largo de las fronteras y de 50 kms. en las costas.

Posteriormente se estableció el impuesto de producción al petróleo, el cual debía pagarse en timbres.

En el año de 1917 México llegó a ocupar el tercer lugar como productor mundial de petróleo con más de 55,000,000 de barriles anuales y para 1921, México ocupaba el segundo lugar con más de 193'000,000 de barriles anuales.

A finales de 1921 apareció agua salada en algunos pozos de la "Faja de Oro". En 1922 con los incendios de dos pozos y por haber aparecido agua salada en muchos pozos de la "Faja de Oro", se inició el descenso de la producción petrolera en México.

En 1926 entró en vigor la Ley del Petróleo aprobada el año anterior por el Congreso de la Unión.

De los años de 1930 a 1932 la Compañía Mexicana de Petróleo "El Aguila" construyó un oleoducto desde la región de Papantla, Ver. hasta Atzacapotzalco, D.F., para alimentar una refinería que proyectaba instalar ahí. La refinería empezó a operar en 1933.

Los trabajadores petroleros, que se sentían mal tratados por las compañías petroleras extranjeras iniciaron esfuerzos para constituirse en un sindicato. Las compañías petroleras crearon los "Guardias Blancos" para sofocar este intento, pero finalmente en 1935 el sindicato quedó constituido.

Una vez constituido el sindicato, éste elaboró el proyecto de un Contrato Colectivo de Aplicación General para substituir los contratos colectivos vigentes firmados con cada una de las empresas y amenazaban con un movimiento general de huelga.

Las compañías petroleras en forma separada aceptaban concurrir a una reunión obrero-patronal.

El Presidente de la República Mexicana, General Lázaro Cárdenas, apeló a ambas partes para que sin necesidad de recurrir a medios extremos, se celebrasen las reuniones para concluir, en un plazo de seis meses, un contrato colectivo que sería obligatorio para toda la industria del petróleo. Ambas partes accedieron.

No obstante todas las intervenciones que llevaron a cabo las autoridades del trabajo y dos intervenciones del propio Presidente Cárdenas, no se pudo conseguir el acuerdo entre las partes y el 28 de mayo de 1937 los trabajadores fueron a la huelga. Esta duró trece días lo que desquició al país. El General Cárdenas instó a los huelguistas para que volvieran a sus labores prometiéndoles que se les haría justicia y éstos reanudaron sus trabajos el 9 de junio del mismo año.

Las autoridades del trabajo, por considerar que era un conflicto de orden económico se hicieron cargo de la situación y estudiaron las peticiones del sindicato y las contra-proposiciones de las compañías. El 18 de diciembre de 1937 se citó a las partes para que oyeran la lectura del proyecto de resolución.

Al conocer el fallo de los Tribunales del Trabajo, las compañías petroleras presentaron ante la Suprema Corte de Justicia de la Nación una demanda de amparo, señalando las violaciones, que ellos consideraban, habían cometido las autoridades del Trabajo en su perjuicio. Esto ocurrió el 28 de diciembre de 1937. El 2 de febrero de 1938 la Suprema Corte de Justicia acusó recibo del expediente en cuestión y el 10 de marzo de 1938 la cuarta Sala de la Suprema Corte de Justicia se reunió para escuchar el proyecto de sentencia en el amparo promovido por las compañías petroleras en contra del laudo de la Junta Federal de Trabajo, procedieron a



votar la sentencia y por unanimidad el amparo fué negado.

El 14 de marzo de 1938 las autoridades del trabajo dieron 24 horas a las compañías petroleras para que dieran cumplimiento a la resolución por ellos dictada y que la Suprema Corte de Justicia consideraba procedente.

Las compañías se negaron a aceptar el laudo de la Suprema Corte de Justicia, se declararon en abierta rebeldía e indicaron que al Gobierno Mexicano le tocaba dar el siguiente paso.

El 18 de marzo de 1938 el Presidente de la República, General Lázaro Cárdenas dió a conocer el Decreto de Expropiación de la Industria Petrolera por causa de utilidad pública y en favor de la Nación.

Se declararon expropiadas la maquinaria, instalaciones, edificios, oleoductos, refinerías, tanques, almacenes, vías de comunicación, carros tanque, estaciones de distribución, embarcaciones y todos los bienes muebles e inmuebles propiedad de las empresas extranjeras que operaban en México.

Con motivo del decreto de la expropiación, el gobierno mexicano contrajo una deuda cuyo monto total ascendió a \$ 1,606'819,827.00. Al grupo americano correspondían 198'725,600.00 y al grupo inglés \$ 1,408'094,227.00.

Las compañías extranjeras se negaron a reconocer la expropiación y no

querían firmar los convenios de indemnización. Los dos primeros convenios fueron con el grupo americano, el primero en 1940 y el otro en 1942; con el grupo inglés se firmó el convenio de indemnización hasta agosto de 1947.

Petróleos Mexicanos fué creada el 7 de junio de 1938 y ha sido dirigida - hasta la fecha por las siguientes personas:

1938-1940	Ing. Vicente Cortés Herrera	Gerente General
1940-1946	Sr. Efraín Buenrostro	Gerente General
1946-1958	Sr. Antonio J. Bermúdez	Director General
1958-1964	Ing. Pascual Gutiérrez Roldán	Director General
1964-1970	Lic. Jesús Reyes Heróles	Director General
1970-1976	Ing. Antonio Dovalí Jaime	Director General
1976-1981	Ing. Jorge Díaz Serrano	Director General
1981	Lic. Julio Rodolfo Moctezuma	Director General

Grandes fueron los esfuerzos a que se tuvo que enfrentar la primera Administración de Petróleos Mexicanos; no se encontraba mercado externo para nuestro petróleo, no se podían adquirir refacciones y equipos para la producción, no se contaba con suficientes técnicos calificados para el manejo de la empresa, faltaban materias primas para la producción como el tetraetilo de plomo. Sin embargo, estas dificultades pudieron ser sorteadas,

El primer pozo perforado ya por Petróleos Mexicanos fué el "Plan 55" cerca de Las Choapas, Ver.

En 1942, durante la Segunda Guerra Mundial, los submarinos alemanes

hundieron cinco barcos de la flota petrolera mexicana y en 1944 el sexto. Ellos fueron el "Potrero del Llano", el "Faja de Oro", el "Tuxpan", "Las Choapas", "Amatlán" y "Juan Casiano".

Ya para 1946 Petróleos Mexicanos inaugura la nueva refinería de Atzacapotzalco con el nombre de "18 de Marzo". El 30 de Junio de 1950 se puso en servicio la refinería de Salamanca con el nombre de "Antonio M. Amor".

Durante 1952 los técnicos de Petróleos Mexicanos descubrieron la prolongación de la "Faja de Oro" terrestre, que lleva el nombre de "Ezequiel Ordoñez".

En 1955 se puso en servicio la planta de absorción de Reynosa, Tamps. El 22 de febrero de 1956 se inauguró la refinería de Minatitlán.

Hasta 1956 se siguieron descubriendo nuevos campos en la "Faja de Oro" terrestre.

Tomando en cuenta los descubrimientos de la "Faja de Oro" terrestre, antigua y nueva, los técnicos de Petróleos Mexicanos establecieron la teoría de que la "Faja de Oro" era sólo un arco del que parecía ser un gran atolón cretáceo, cuyo arco opuesto tendría que estar bajo el agua. Efectivamente, exploraciones llevadas a cabo en esa zona confirmaron la existencia de grandes depósitos submarinos de petróleo.

En 1958 inauguró Petróleos Mexicanos la planta de absorción de Ciudad Pemex, Tab.

Se han construido o ampliado refinerías y plantas en varios lugares del territorio nacional: Refinería Madero en Cd. Madero, Tamps.; la de Poza Rica, Ver.; Refinería "Miguel Hidalgo" en Tula, Hgo.; la planta criogénica de Ciudad Pemex, Tab.; la planta de absorción de La Venta, Tab.; la planta criogénica de Pajaritos, Ver.; la planta criogénica de La Venta, Tab.; además de otras plantas en las refinerías ya existentes.

En igual forma se ha seguido explorando el territorio nacional y perforando nuevos pozos, tanto terrestres como marítimos, siendo los más importantes los yacimientos de Chiapas y Tabasco.

No podemos dejar de mencionar que en 1967 México fué la sede del VII Congreso Mundial del Petróleo.

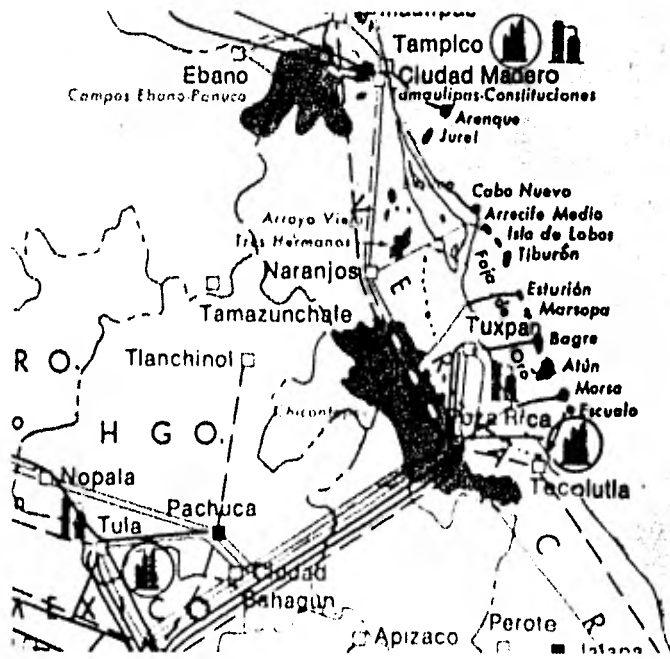
En agosto de 1965 se creó el Instituto Mexicano del Petróleo para la capacitación de técnicos, de investigación tecnológica y la elaboración de proyectos específicos. Su primer Director fué el Ing. Javier Barros Sierra y después el Ing. Antonio Dovalí Jaime, de dónde pasó a ocupar la Dirección de Petróleos Mexicanos en el sexenio 1970-1976.

Durante el sexenio gubernamental de 1976 a 1982 se hicieron los más bastos descubrimientos en el Sureste del país y el Golfo de Campeche, los cuales han elevado en forma muy importante las reservas petroleras del país, y han hecho que México se coloque en los primeros lugares en cuanto a reserva y producción se refiere.

Grande ha sido el esfuerzo y la inversión de Petróleos Mexicanos para explotar sus yacimientos.

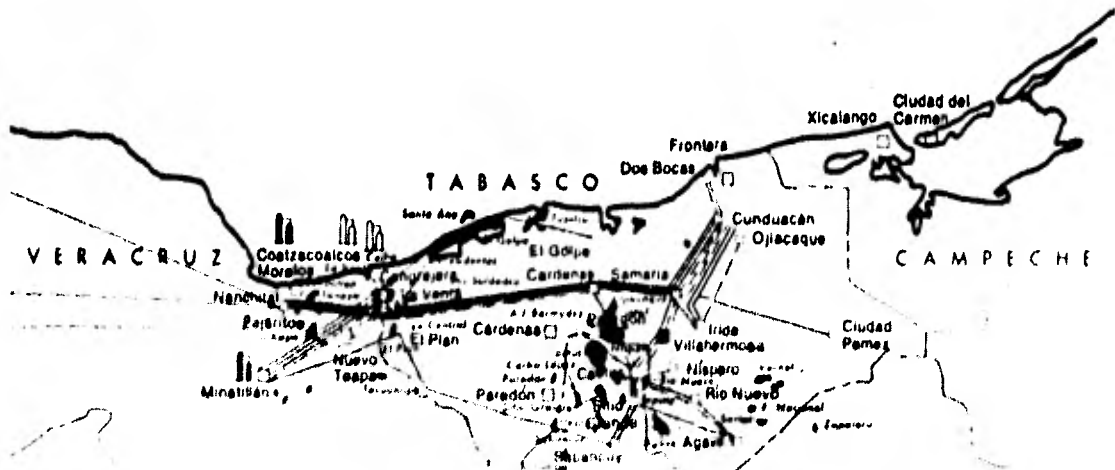
En igual forma y durante el mismo período Petróleos Mexicanos hizo el anuncio de haber encontrado una de las mayores acumulaciones de hidrocarburos en el hemisferio occidental y se refiere a la cuenca de Chicontepec, localizada en la porción Noreste de la República Mexicana, en la región geológica conocida como Tampico-Misantla con una extensión de 123 kms. y una superficie de 11,500 Kms<sup>2</sup>.

La profundidad del yacimiento en Chicontepec, es somera, de 1,800 mts. en promedio y aunque los pozos perforados en la zona dan poca producción, Petróleos Mexicanos proyectó la explotación de esta cuenca para que sirviera de base a la implantación de programas de desarrollo socio-económico, haciendo que toda esta explotación se hiciera con equipos, materiales y medios 100% nacionales. Su explotación está en proyecto.

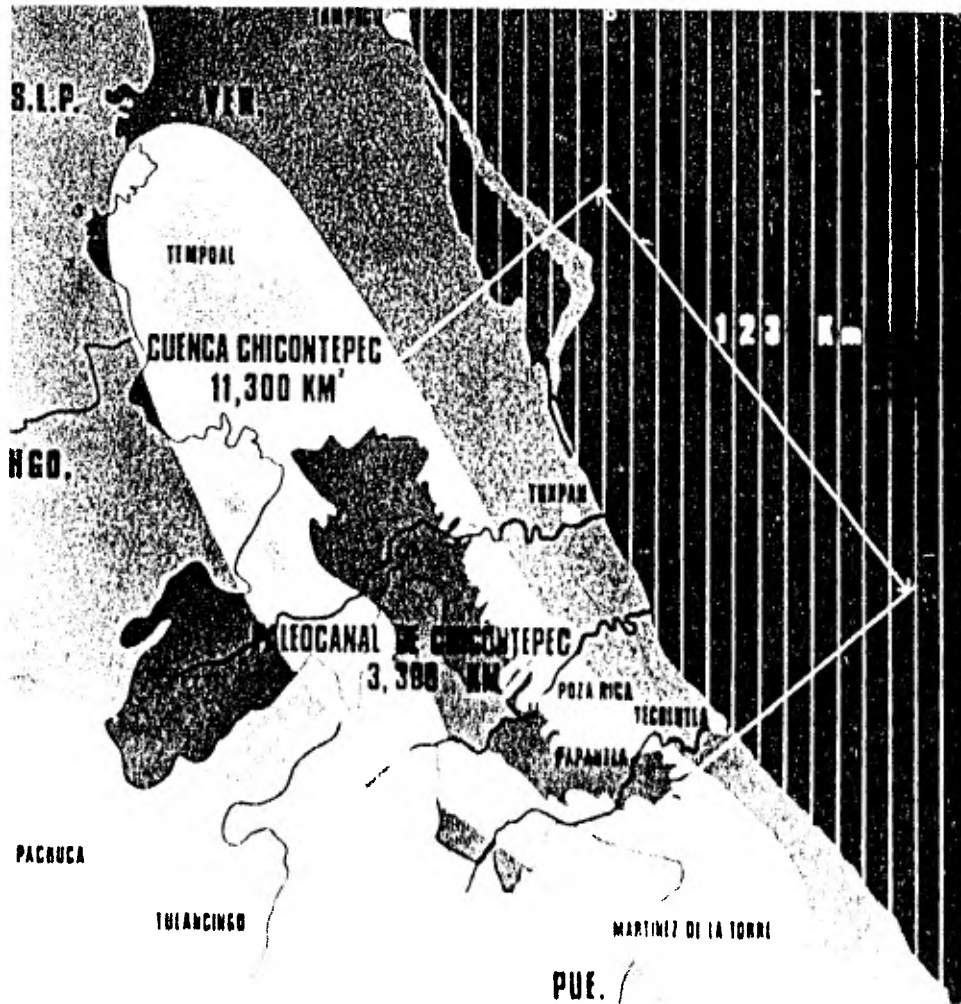


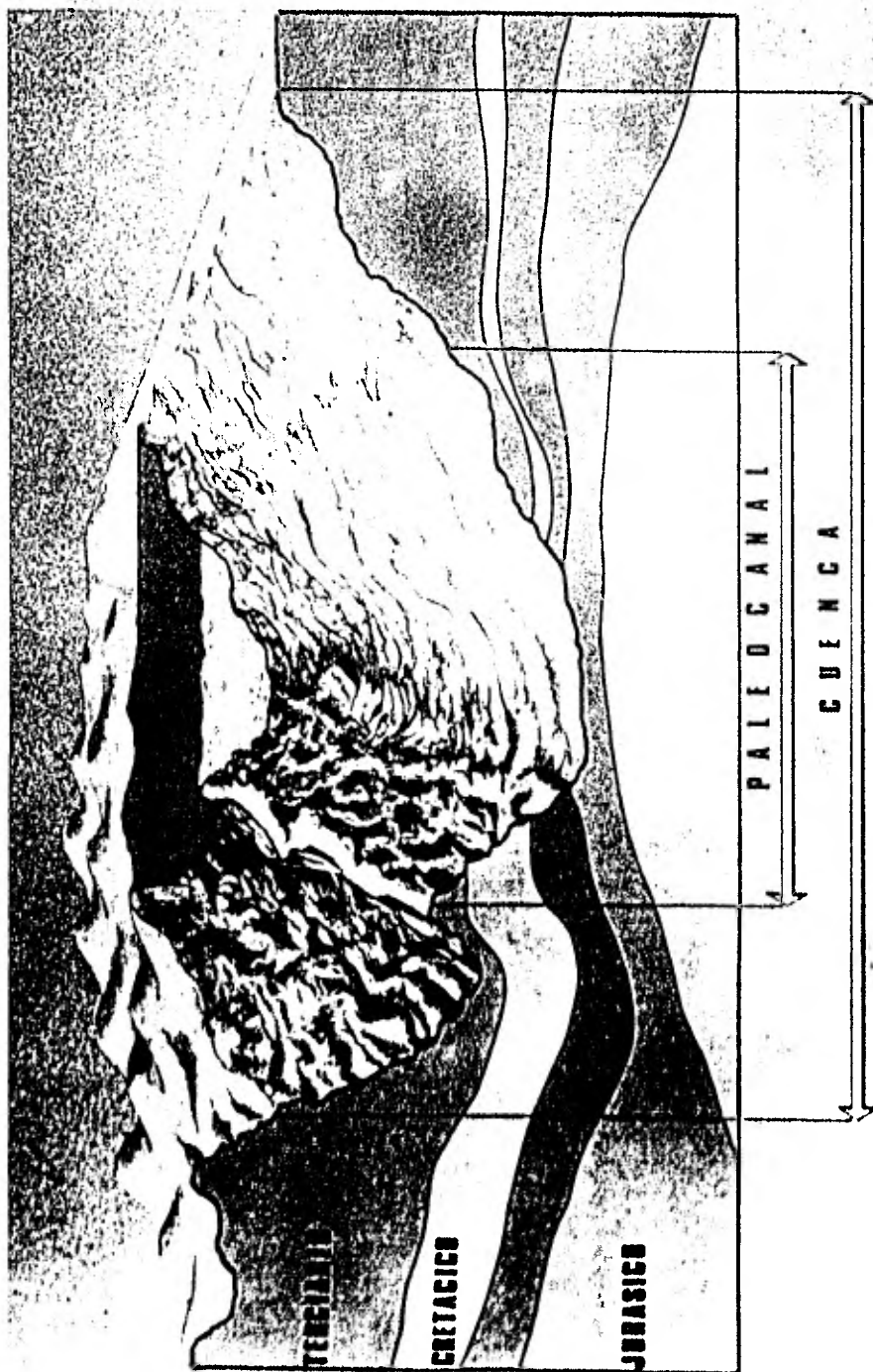
Faja de Oro terrestre y marina

*Bahía de Campeche*

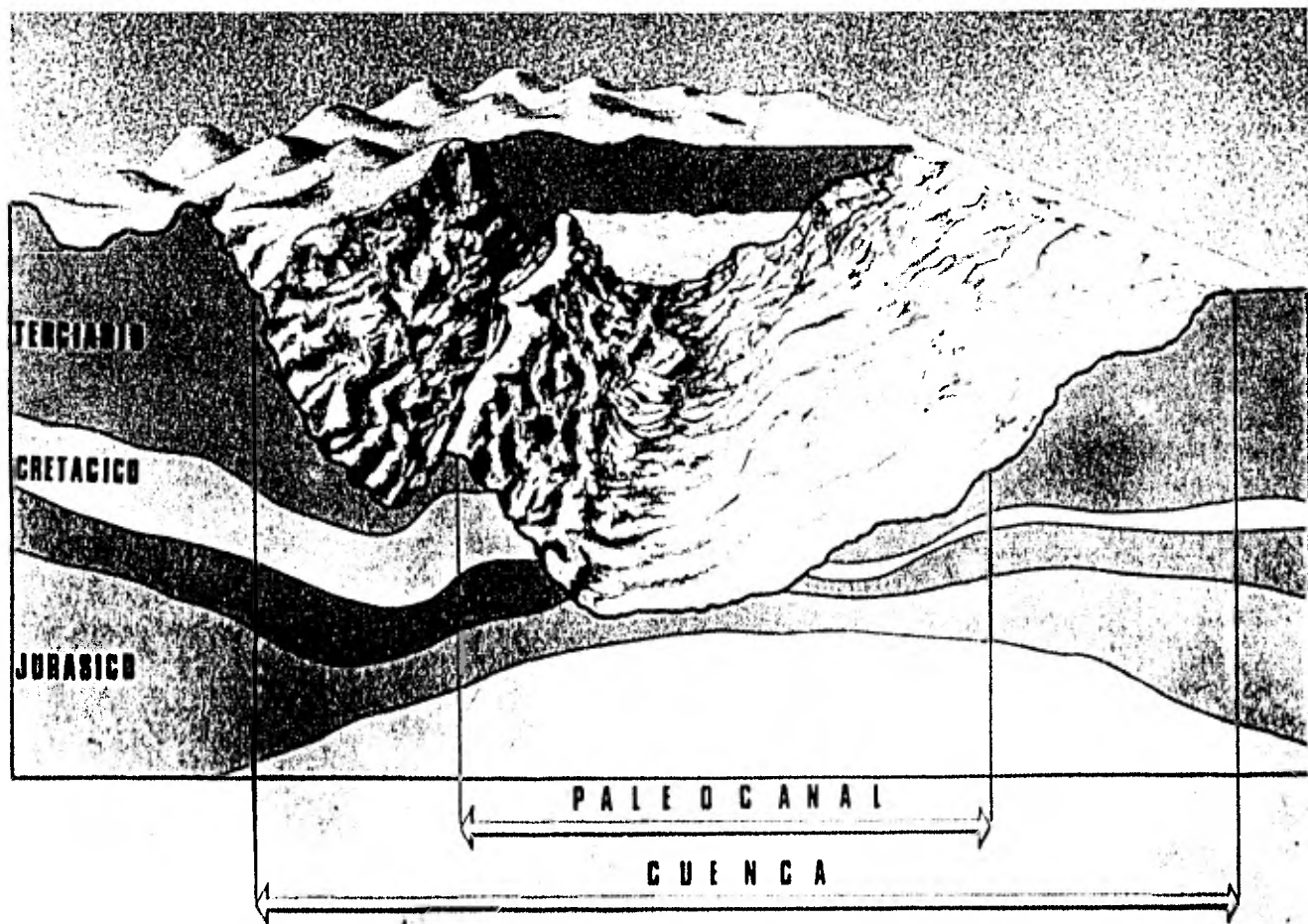


Bahía de Campeche









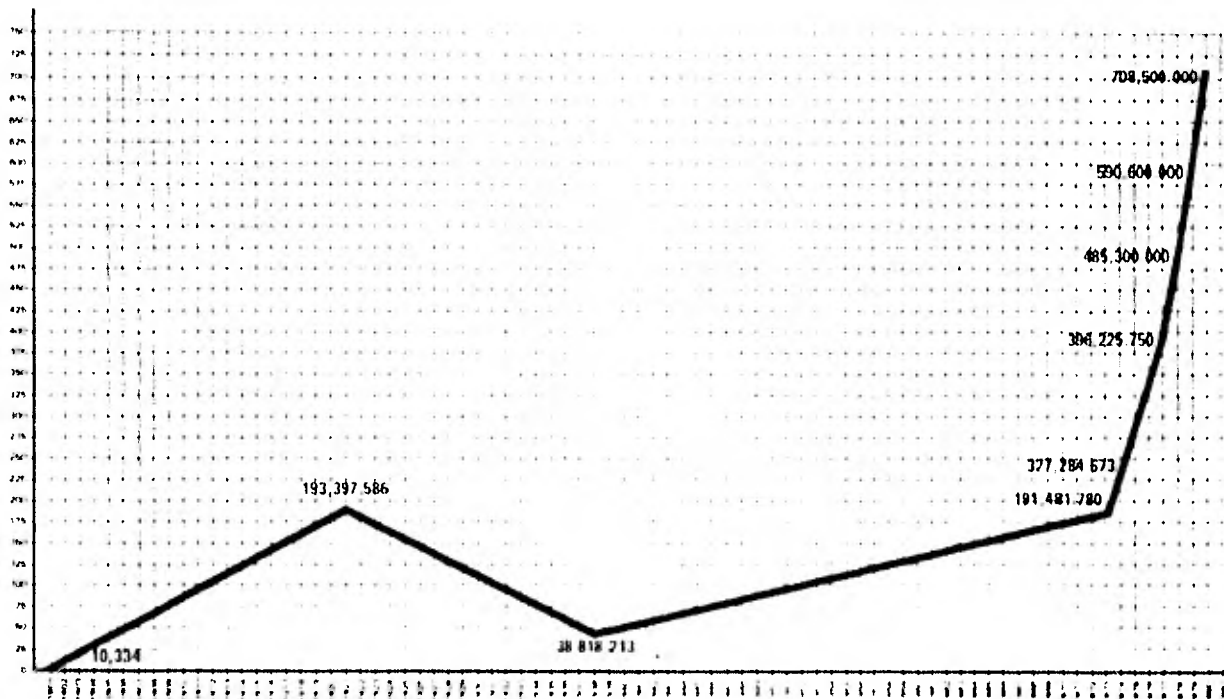
En las páginas siguientes presentamos una tabla y una gráfica en donde se indica la producción de petróleo crudo, condensado y líquidos de absorción en la República Mexicana del año 1901 a 1981. En la gráfica mencionada se ve con toda claridad el lento crecimiento en los primeros años; el impresionante crecimiento que hubo de 1911 a 1921; la reducción en la producción - que se inició en 1922, debido a las razones que mencionamos en páginas anteriores; en igual forma se ven las variaciones de producción desde la creación de Petróleos Mexicanos hasta el año de 1981.

La producción de los últimos años es verdaderamente impresionante.

Producción de Petróleo crudo, condensado y líquidos de absorción  
en la República Mexicana  
Barriles

<u>Año</u>	<u>Producción</u> <u>Anual</u>	<u>Año</u>	<u>Producción</u> <u>Anual</u>
1901	10,334	1942	35.148,633
1902	40,181	1943	35.458,894
1903	75,335	1944	38.503,348
1904	125,561	1945	43.877,430
1905	251,122	1946	49.532,888
1906	502,238	1947	57.117,911
1907	1.004,475	1948	59.773,247
1908	3.931,049	1949	63.226,983
1909	2.712,091	1950	73.881,472
1910	3.632,192	1951	78.779,552
1911	12.546,286	1952	78.906,528
1912	16.549,619	1953	74.097,590
1913	25.682,957	1954	85.230,204
1914	26.221,783	1955	91.370,125
1915	32.893,429	1956	94.370,125
1916	40.545,070	1957	92.197,297
1917	55.292,767	1958	100.641,405
1918	63.828,322	1959	105.758,471
1919	87.072,954	1960	108.771,592
1920	157.068,678	1961	116.825,375
1921	193.397,586	1962	121.792,941
1922	182.278,457	1963	125.982,207
1923	149.584,855	1964	129.503,502
1924	139.678,293	1965	132.141,019
1925	115.514,698	1966	135.021,014
1926	90.420,970	1967	149.924,037
1927	64.121,140	1968	160.485,702
1928	50.150,610	1969	168.378,985
1929	44.687,877	1970	177.599,000
1930	39.529,901	1971	177.273,561
1931	33.038,854	1972	185.010,777
1932	32.805,495	1973	191.481,780
1933	34.000,828	1974	238.167,021
1934	38.172,513	1975	294.254,326
1935	40.240,564	1976	327.284,673
1936	41.027,915	1977	396.225,750
1937	46.906,650	1978	485.300,000
1938	38.818,213	1979	590.600,000
1939	43.306,543	1980	708.500,000
1940	44.448,191		
1941	43.385,822		

**PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO, CONDENSADO  
Y LIQUIDOS DE ABSORCION EN LA REPUBLICA MEXICANA BARRILES.**



2. Hidrocarburos y productos asociados.

## CAPITULO II

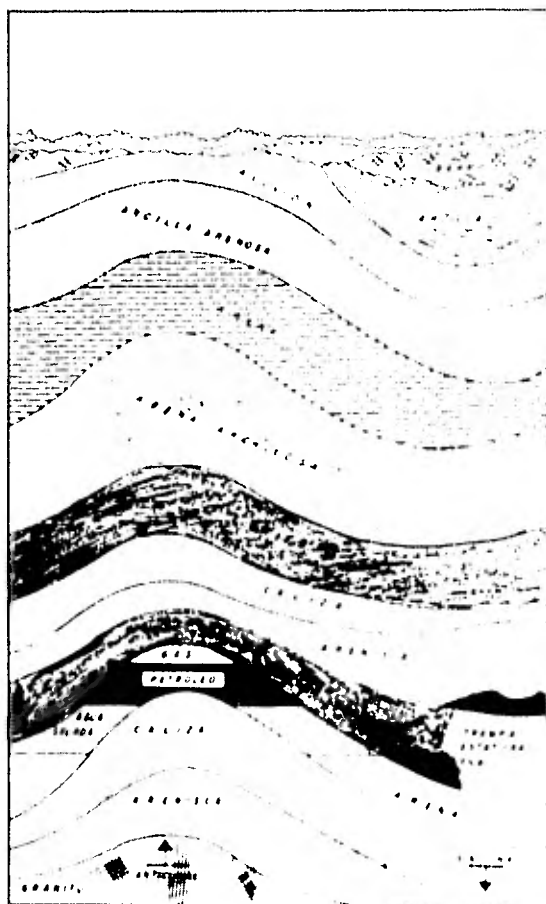
### HIDROCARBUROS Y PRODUCTOS ASOCIADOS

El petróleo se encuentra en el subsuelo, en formaciones de tipo arenoso ó calcáreo, impregnado en las rocas.

Normalmente se encuentra encima de una capa de agua, teniendo en la parte superior una capa de gas.

Los mantos petrolíferos no se encuentran distribuidos uniformemente en las capas del subsuelo y las condiciones necesarias para dar lugar a un yacimiento en el que se acumulen petróleo y gas son las siguientes:

- a) Debe existir una roca almacenadora, permeable, que bajo presión, el petróleo pueda moverse a través de sus poros, los cuales son de tamaño microscópico.
- b) Una roca impermeable que evite que el petróleo escape hacia la superficie.
- c) Las rocas impermeables deben encontrarse dispuestas en tal forma que el petróleo no pueda moverse hacia los lados, con lo cual se forma una trampa.
- d) Deben existir rocas generadoras, que se hayan convertido en petróleo por el efecto de la presión y la temperatura.



Las rocas que almacenan el petróleo son de muy diversas edades geológicas, al mencionar, en el capítulo anterior, las teorías de la formación del petróleo, se incluyó un cuadro en el que se muestra la edad geológica de las rocas productoras en algunos países.

El hecho de que el petróleo esté sobre una capa de agua, por tener menor densidad que el agua, es aprovechado en muchas ocasiones para darle presión a los pozos cuando se están extinguiendo, ya que al

inyectar el agua ésta no se mezcla con el petróleo, sino que va al fondo y el petróleo flota, con lo cual se aumenta la presión, y se puede aumentar la recuperación del pozo hasta en un 50%. El agua que se inyecta debe ser químicamente tratada,

El petróleo se encuentra en forma sólida, líquida y gaseosa y su color varía entre el ámbar y el negro,

El principal acompañante del petróleo es el gas que es inodoro, incoloro e insípido, ésta es la razón de que en su uso comercial e industrial se mezcle con un compuesto sulfuroso para descubrir su presencia y evitar intoxicaciones.

El gas puede encontrarse solo o acompañado del petróleo líquido dentro de un mismo yacimiento. Los pozos en que se encuentra solo se denominan pozos secos.

El gas puede utilizarse como combustible, para usos industriales y domésticos, para la generación de energía y para la elaboración de productos petroquímicos.

En ocasiones al extraer el petróleo, o si éste se encuentra acompañado de gas, brota de los pozos en forma conjunta, por lo que es necesario, después de separarlo, seguir una de las tres alternativas siguientes:

1. Aprovecharlo, ya sea transportándolo por gaseoducto, o por carros y buques tanque, en este último caso hay que tratarlo en una planta criogénica.
2. Reinyectarlo al pozo; al inyectar el gas al pozo se logran dos objetivos, el primero aumentar la recuperación del pozo mismo y el segundo conservar el gas para cuando pueda ser utilizado.
3. Quemarlo,



Lógicamente, de las tres alternativas la menos económica es la tercera.

Cuando el gas viene acompañado de azufre es necesario separar este azufre, tal proceso se llama "endulzamiento".

En el capítulo anterior se mencionó que el petróleo tiene orígenes distintos, y de una manera muy general, pueden considerarse de la serie del metano, de la serie del etileno, y de la serie del acetileno.

El aceite crudo, es pues, de muy diversa constitución según el origen y se puede clasificar de base asfáltica, de base nafténica y de base mezclada.

Como se mencionará en capítulos subsecuentes, tiene rendimientos muy variables en los procesos de destilación y fraccionamiento y estos rendimientos generalmente no concuerdan con el patrón del consumo del país de que se trate. El consumo presenta necesidades diversas: productos ligeros, de bajo peso molecular, o por el contrario productos residuales de alto peso molecular. Lógicamente la producción y características del petróleo de cada país no puede coincidir con el patrón de consumo.

Como ya fué mencionado el petróleo puede contener mezcladas algunas impurezas como son: oxígeno, azufre, nitrógeno y también huellas de compuestos de hierro, níquel, vanadio y otros metales.

Algunos compuestos que acompañan al petróleo, originan propiedades inconvenientes en los productos finales, los principales contaminantes del petró-

leo son los compuestos derivados del azufre, ya que se presentan inconvenientes por el mal olor y la contaminación de la atmósfera. Es pues necesario tratar petróleo y gas para quitarle los compuestos derivados del azufre. En el capítulo correspondiente a los procesos del petróleo y del gas se mencionará en forma general los procesos de endulzamiento y de desulfuración.

3. Importancia de los hidrocarburos en la vida moderna. ,

Automóviles, camiones y autobuses y embarcaciones pequeñas se mueven usando gasolina, en cualquiera de sus variedades.

Usando diesel, otro derivado del petróleo, se mueven automóviles, camiones, autobuses y barcos de todos tamaños usando motores de combustión interna.

El gas es también ampliamente usado para mover automóviles, camiones y autobuses.

Los aviones de hélice utilizan nafta o gas-avión, los jets usan turbosina.

A lo largo de los años los barcos se han movido utilizando petróleo o residuos del mismo para calentar calderas que producen vapor y mueven potentes turbinas.

Desde la aparición de la locomotora de vapor, éste se generaba quemando petróleo. Ahora existen máquinas equipadas con motores de combustión interna alimentados con diesel. Incluso las máquinas eléctricas, muchas veces, usan electricidad proveniente de alguna central movida con base en petróleo o gas.

Como se mencionó en el capítulo de la historia del petróleo, en su tiempo fué muy popular la energía luminosa a base de petróleo o gas,

Existen grandes plantas para producir energía eléctrica que trabajan con base en los hidrocarburos; podemos mencionar los siguientes ejemplos:

- Motores diesel estacionarios de combustión interna.
- Turbinas que se mueven con vapor producido en calderas que queman petróleo y gas.
- Turbinas que queman directamente gas y que van acopladas a un generador.
- Plantas que producen energía eléctrica conectadas a un motor de combustión interna que quema gasolina.

En los hogares se cuenta con calentadores de agua, estufas para cocinas y pequeños calentadores del ambiente que queman petróleo y gas.

Se fabrican grandes equipos de calefacción central para casas, hoteles, centros comerciales, centros industriales y edificios en general, con base en petróleo y gas.

Como es de todos conocido existen otras fuentes de energía que no son el petróleo y el gas nuclear, eólico, hidráulica y solar.

Sin embargo, la contribución del petróleo y el gas en el suministro total de energía que se consume en el mundo es el mayor, 60.1% la contribución de cada una de las fuentes es la siguiente:

Nuclear	2 %
Carbón	19 %
Hidráulica	7 %
Gas	19 %
Sintética	0 %
Petróleo	53 %
Solar	- . -

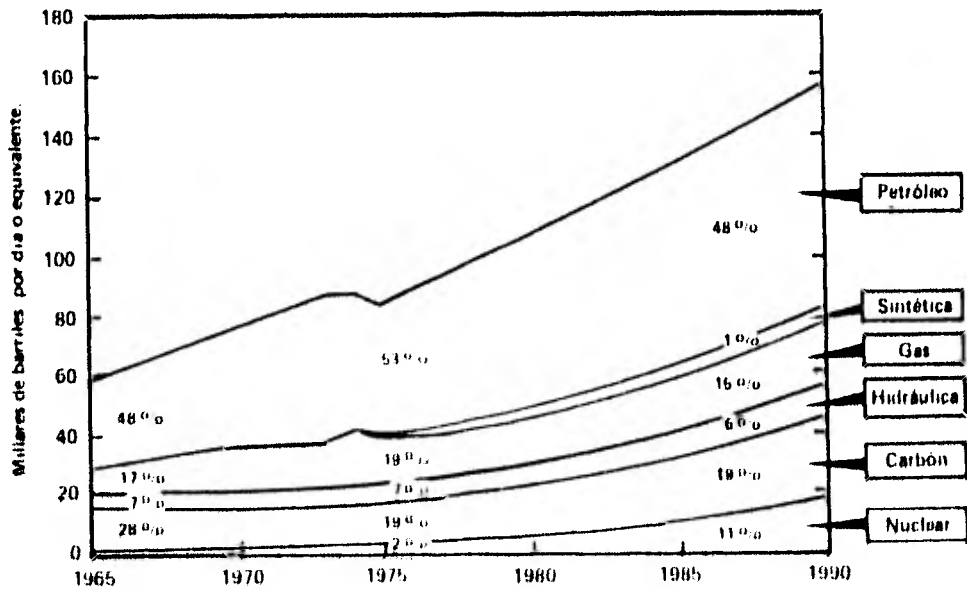
El incremento de precios, en el petróleo y sus derivados, decretado por los países que pertenecen a la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), y el hecho de que en los últimos años el consumo mundial ha excedido al incremento de reservas logrado por los nuevos descubrimientos, ha hecho que muchos países hagan intentos para ahorrar petróleo.

Un estudio reciente de Exxon Corp., que trata de los problemas y las fuentes de energía en el mundo, indica que, por lo dicho en el párrafo anterior, la producción del petróleo y del gas se incrementará en barriles por día muy importantemente, pero no obstante lo anterior, su contribución porcentual disminuirá para 1990. En esta forma se estima que la contribución en por ciento de las diferentes fuentes de energía será la siguiente en 1990;

Nuclear	11%
Carbón	19%
Hidráulica	6%
Gas	15%
Sintética	1%
Petróleo	48%
Solar	-.-

A continuación se muestra una gráfica en la que aparecen las participaciones de cada una de las fuentes de energía. En el eje de las abscisas aparecen los años de 1965 á 1990 y en el eje de las ordenadas la cantidad de barriles por día, de petróleo, o su equivalente en caso de tratarse de otras fuentes de energía. De los años de 1981 á 1990 está extrapolado el posible consumo según las tasas históricas de crecimiento y corregido por los intentos de economía de petróleo y gas que están haciendo algunos países.

## FUENTES DE ENERGIA



La información anterior es a nivel mundial; en México, la producción de energía es aún más dependiente del petróleo y el gas. Para el mismo año de 1975 la contribución de las diversas fuentes es la siguiente:

Petróleo	62.11%	
Gas natural	<u>26.62%</u>	88.73%
Hidráulica y Geotérmica		7.51%
Carbón		<u>3.76%</u>
		100.00%

De acuerdo con las gráficas de la página anterior el petróleo continuará - siendo la fuente principal de energía por muchos años más. El petróleo requerido, para generar energía tendrá que aumentar de 46'000,000 de barriles diarios en 1975 a 76'000,000 de barriles diarios en 1990, un aumento de casi el 70% y el consumo de gas deberá crecer de 16'000,000 de barriles diarios en 1975 a 23'000,000 de barriles en 1990.

En la página siguiente se incluyen dos gráficas en las que se muestran los consumos de 1980 y los consumos probables para 1985 y 1990, tanto para gas como para petróleo. En estas gráficas se considera únicamente - el petróleo y gas requerido para la generación de energía, no se está incluyendo ninguna otra aplicación, las cuales también son de consideración. Se indica también quiénes son los principales proveedores a nivel mundial.



### Proveedores Mundiales de Petróleo

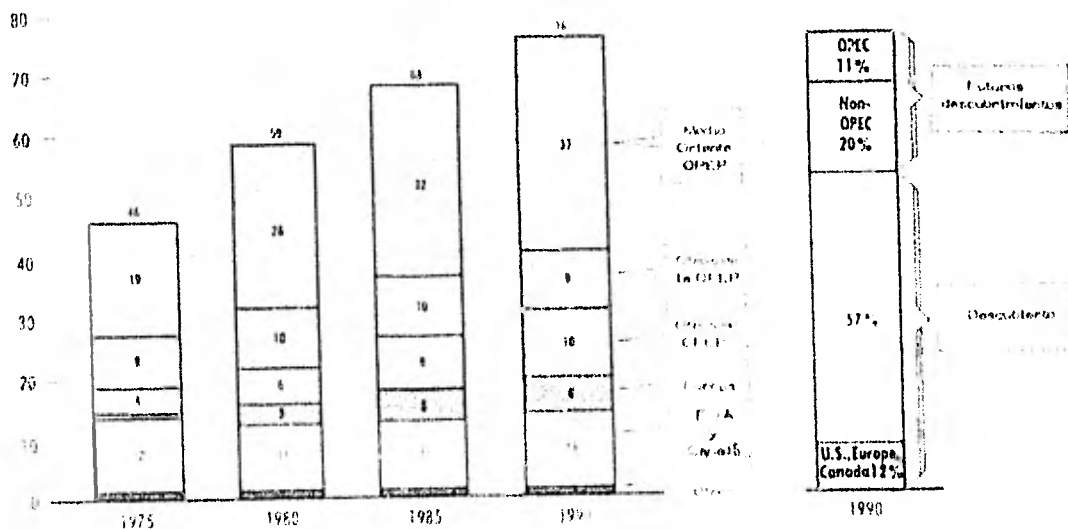
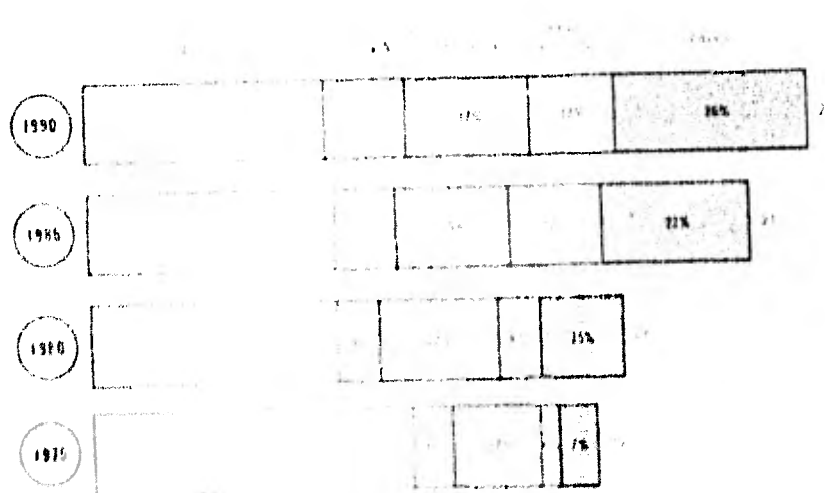


Fig. 1. Proveedores de petróleo.

### Proveedores Mundiales de Gas



b) MATERIA PRIMA EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA.

Los hidrocarburos son los compuestos orgánicos más sencillos, constan solamente de hidrógeno y carbono. Mediante un estudio sistemático de estos compuestos ha sido posible sintetizar innumerables productos de la industria química orgánica; ésto ha dado origen a la petroquímica.

En términos generales la petroquímica puede definirse como la actividad industrial que elabora productos para la industria de transformación y brinda materias primas que de alguna manera tuvieron sus orígenes en el petróleo crudo, en los gases asociados a él o en el gas natural.

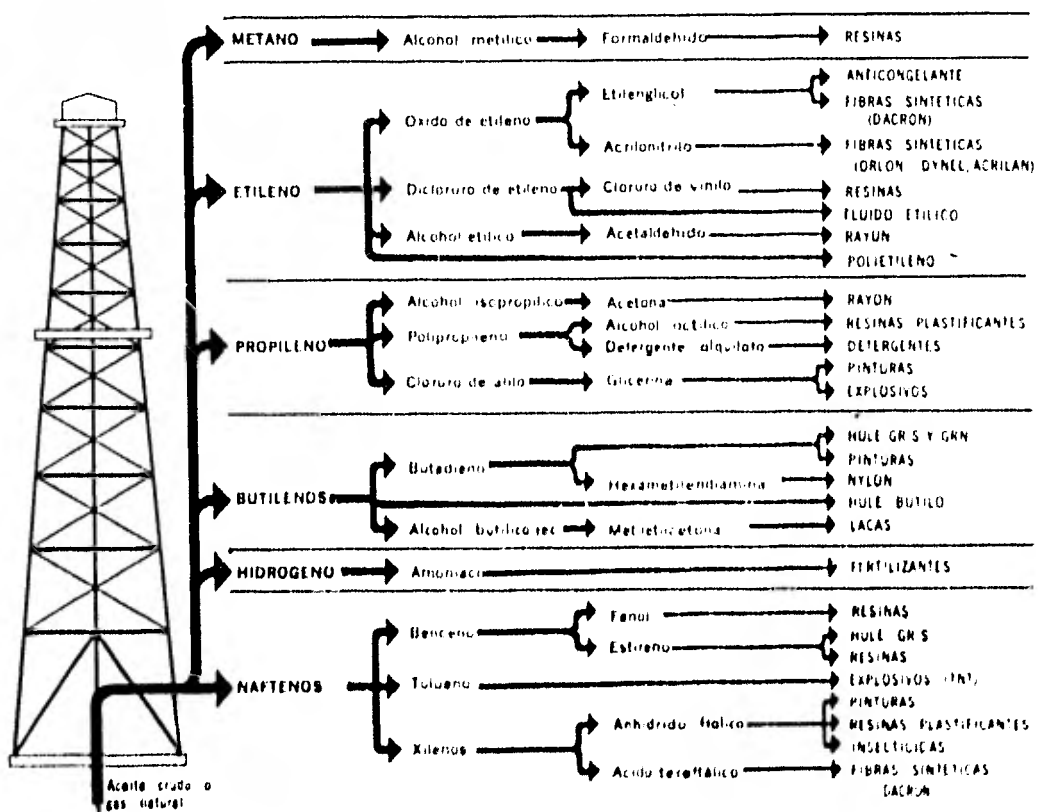
No es posible, en este trabajo, considerar en detalle los múltiples usos de los hidrocarburos al servicio del hombre, pues existen más de - 650,000 compuestos posibles que la industria petroquímica ha proporcionado a la humanidad.

Casi desde la aparición de la petroquímica, como actividad industrial, ha sido centro de atención de empresarios y público en general, por la nueva dimensión y alcance que dió a la industria química. Es una de las industrias de mayor importancia en los países desarrollados.

Es muy significativo observar que la petroquímica es una de las industrias que más puede contribuir a los países en desarrollo, aún en aquellos casos

en que no tengan recursos petroquímicos propios, a condición de que -  
cuenten con un mercado interno suficiente para absorber las capacidades  
de plantas en escalas económicas.

El cuadro siguiente da una breve indicación del inmenso potencial de la  
industria petroquímica :



La industria petroquímica es capaz de elaborar volúmenes masivos de productos químicos provenientes de materias primas abundantes y de bajo costo, las cuales, no obstante que se les incorpora un alto valor de transformación quedan como productos que pueden considerarse baratos por su utilidad y costo comparativo con otros procedimientos de elaboración.

En México, la industria petroquímica está legislada por la "Ley Reglamentaria del Artículo No. 27 Constitucional en la Rama del Petróleo", del 29 de Noviembre de 1958 y por el Reglamento de la Ley antes mencionada del 9 de febrero de 1971.

En los ordenamientos anteriores se define con precisión que corresponde a la Nación, por conducto de Petróleos Mexicanos, elaborar los productos básicos y los que tengan interés económico y social fundamental para el país y deja para que sean elaborados por el Estado o por empresas particulares, con o sin participación estatal, los productos de segunda transformación química que utilizan como materias primas los productos petroquímicos básicos.

Se divide pues en dos ramas la industria de los productos petroquímicos; la petroquímica básica queda a cargo del Estado; la petroquímica de segunda transformación queda a la libre competencia.

La tendencia actual, en el diseño de nuevas plantas, es proyectarlas con capacidad razonablemente grande, para ponerlas en condiciones satisfactorias de economía de escala.

Cuenta Petróleos Mexicanos con más de 80 plantas petroquímicas además de terminales de almacenaje (refrigeradas), para amoniaco, para etileno, y para butadieno.

Petróleos Mexicanos dentro de la petroquímica básica elabora 42 productos:

Acetaldehído	Etilbenceno
Acido Muriático	Etano
Acido Clorhídrico	Etileno
Acrilonitrilo	Estireno
Acido cianhídrico	Heptano
Alquilarilo ligero	Hexano
Alquilarilo pesado	Inhibidor de corrosión
Amoniaco	Isopropanol
Anhídrido carbónico	Metanol
Aromáticos pesados	Mezcla de xileno (M-P)
Azufre	Orto-xileno
Benceno	Oxido de etileno
Butadieno	Para-xileno Percloroetileno
Ciclohexano	Poli(etileno) de baja densidad
Cloruro de vinilo	Poli(etileno) de alta densidad
Depresores de la temperatura de congelación	Propileno
Desemulsionantes	Reductores de tensión superficial
Desparafinantes	Sulfato de amonio
Detergentes para gasolinas sin plomo	Tetrámero de propileno
Dicloroetano	Tolueno
Dodecibenceno	

Los lugares en donde Petróleos Mexicanos tiene establecidas plantas petroquímicas son: Atzacapotzalco, Cactus, Son., Ciudad Camargo, Chih., Ciudad Madero, Tamps., Cosoleacaque, Ver., Minatitlán, Ver., Pajaritos, Ver., Poza Rica, Ver., Reynosa, Tamps., Salamanca, Gto., San Martín Texmelucan, Pue., Dos Bocas, Complejo Morelos, y en proyecto Laguna del Ostión.

En México la industria petroquímica ha sido de las más significativas para el inicio de una etapa de industrialización masiva, tiene mucha actividad en la rama de fertilizantes y agroquímicas y dá lugar a la producción de plásticos, resinas y fibras sintéticas; productos farmaceuticos, colorantes, pegamentos, detergentes, pinturas, materiales de construcción, adhesivos y muchos otros.

La petroquímica tiene un extraordinario efecto multiplicador sobre el ingreso y problema ocupacional. En la década de los 70 el crecimiento total de la industria petroquímica fué del 25 al 30% anual.

#### c) MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCION DE ALIMENTOS.

Estudios realizados por varios países, han llegado a la conclusión que partiendo del petróleo se pueden obtener alimentos; estos son aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas y proteínas; en Japón, una compañía especializada en la extracción de productos de petróleo por fermentación ha logrado separar azúcar.

En Francia se inició en 1962 la fabricación de un concentrado proteínico en forma de harina para alimentar ganado con resultados muy positivos. En Estados Unidos también se han hecho intentos similares.

Como información general incluimos dos tablas, la primera de la producción alcanzada en miles de barriles por día y la segunda del consumo de petróleo también en miles de barriles.

Del exámen de las mismas se puede observar que en algunos casos el consumo llega a ser mayor que la producción y por otro lado no coinciden las producciones con los consumos si se analiza por regiones.

PRODUCCION ALCANZADA EN MILES DE BARRILES / DIA

A Ñ O S	1940	1950	1960	1965	1967	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
MEXICO	120,3	198,5	270,0	323,1	367,7	397,7	412,1	430,2	446,0	441,0	465,0	551,0	705,0	850,0	961,0	1207,0	1461,0	1936,0
RESTO DE LATINO-AMERICA	734,5	1764,4	3457,2	4286,8	4527,8	4924,8	4629,4	4742,2	4638,0	4792,0	4690,0	4219,0	3581,3	3545,7	3531,0	3551,0	3798,0	3050,0
TOTAL LATINO-AMERICA	854,8	1962,9	3727,8	4609,5	4895,5	5012,5	5041,5	5172,4	5074,0	4823,0	5131,0	4770,0	4288,3	4395,7	4512,0	4756,0	6250,0	5586,0
ESTADOS UNIDOS	3707,4	5407,1	7054,0	7804,1	8810,3	9120,7	9214,1	9630,0	9520,0	9451,0	9189,0	8912,0	8351,0	8105,0	8248,0	8701,0	8544,0	8569,0
RESTO DE NORTE-AMERICA	23,5	79,6	525,6	801,4	1107,0	1030,0	1123,6	1263,6	1350,0	1535,0	1798,0	1990,0	1444,0	1300,0	1321,0	1324,0	1496,0	1412,0
TOTAL NORTE-AMERICA	3730,9	5486,7	7579,2	8605,5	9917,3	10150,7	10337,7	10893,6	10870,0	10986,0	10987,0	10502,0	9795,0	9405,0	9569,0	10025,0	10040,0	9981,0
TOTAL EUROPA	30,7	69,2	285,3	394,0	388,4	322,1	383,6	371,6	307,5	374,0	370,0	383,0	536,0	900,0	1335,0	1766,0	2270,0	2473,0
TOTAL AFRICA	18,1	45,7	285,0	2211,9	3135,4	3077,6	5019,7	5051,3	5678,6	5465,0	5902,0	5344,0	4951,0	5597,6	6277,0	6002,0	6937,0	6032,0
TOTAL MEDIO ORIENTE	275,1	1755,7	5277,8	8359,7	6033,6	11275,8	12362,1	13360,3	16363,5	16100,8	21147,6	21726,0	19589,0	21890,7	22307,0	21120,0	21496,0	18379,0
TOTAL ASIA PACIFICO	223,3	237,9	545,0	699,5	796,9	935,6	1079,0	1359,9	1591,3	1872,8	2250,8	2309,2	2205,2	2671,5	2777,0	2777,0	2883,0	2732,0
TOTAL AREA COMUNISTA	-----	890,4	3266,0	-----	-----	6728,0	7121,0	7911,9	8303,0	9872,0	9249,1	10571,5	11596,8	12282,6	13061,0	13061,0	14205,0	14578,0
TOTAL MUNDIAL	5132,9	10418,5	20668,2	24850,1	29187,3	39400,8	41376,6	44927,0	48249,9	50094,2	55041,5	55005,7	52941,3	57133,1	63020,0	63410,0	62835,0	59760,0





4. El petróleo y el gas recursos no renovables.

## CAPITULO IV

### EL PETROLEO Y EL GAS RECURSOS NO RENOVABLES

Cualquiera de las hipótesis para la formación del petróleo, que se menciona en el Capítulo I presuponen períodos de formación muy largos.

Por otro lado los procedimientos actuales de perforación no permiten operar, en forma económica, a profundidades mayores, de tal suerte que el petróleo que está a nuestro alcance es el que se encuentra dentro de la corteza terrestre. No hay elementos técnicos y científicos para suponer que no existe petróleo a mayores profundidades, pero con la técnica actual es antieconómico llegar a profundidades mayores.

Debe pues concluirse que el petróleo y el gas son recursos no renovables.

En el Capítulo anterior se revisó la contribución del petróleo y el gas a la generación de energía y la importancia que los hidrocarburos tienen, como materia prima para la industria petroquímica.

Se revisó también que el petróleo y el gas, crecerán como suministradores de energía en volúmenes aunque el porcentaje de su participación disminuirá por la contribución de otras fuentes.

El estudio reciente de la Exxon Corporation enfatiza que el mundo se enfrenta a grandes riesgos porque los abastecedores de energía no estarán en posibilidades de satisfacer todas las demandas y menciona que si se quieren evi-

tar problemas serios, en un futuro próximo, se debe acelerar el desarrollo de nuevas fuentes esenciales para satisfacer las necesidades de energía después de 1990.

Como se mencionó en capítulos anteriores existen otras fuentes de energía como la hidráulica, el carbón, la nuclear, la geotérmica y la sintética. Algunos de los recursos anteriores son limitados y casi todos requieren de una tecnología, vencer el letargo de los gobiernos y de fuertes inversiones económicas. Aún muchas fuentes convencionales requieren de grandes períodos de expansión.

La energía hidráulica en muchos países está ya totalmente aprovechada y quedan únicamente por explotar pocas caídas. En México en particular la capacidad instalada de energía hidráulica es de 6500 megawatts y el potencial por aprovechar no suma más de 13100 megawatts según datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Uno de los sustitutos más lógicos para la producción de energía es el carbón, sin embargo tiene el grave inconveniente de la contaminación ambiental y en muchos casos el problema que se presenta por el manejo de las cenizas que quedan como residuo de combustión. Claramente el carbón es un suministrador de energía más antiguo que el petróleo pero las razones anteriores hicieron que la humanidad prefiriera el uso de los hidrocarburos.

Además, los depósitos carboníferos mundiales fuera del área comunista - están localizados en Europa, Estados Unidos, Canadá e Inglaterra. Se requerirá pues emprender trabajos de exploración para encontrar carbón e iniciar de inmediato la producción del mismo para que a la larga éste sea sustituto de los hidrocarburos.

En México se han hecho los primeros esfuerzos al iniciar la explotación de la mina de Río Escondido que alimentará la primera planta que construyó la Comisión Federal de Electricidad denominada Carbón 1 ; por otro lado la misma Comisión Federal de Electricidad ya tiene en proyecto la Planta de Carbón 2 .

La energía nuclear ha sido la mayor esperanza de energía en el mundo, pero su futuro está opacado por inseguridades. No se ha podido encontrar un sistema para deshacerse del combustible nuclear que ha perdido la mayoría de su radiactividad, pero aún conserva bastante,

Existen grandes depósitos de material aún radiactivo en estas condiciones, que implica grandes construcciones de seguridad para su almacenaje y grandes costos de vigilancia. Adicionalmente las inversiones que se requieren para instalar una nucleoelectrónica son tremendamente elevadas y para los países que tienen uranio en forma natural se les presenta el problema de beneficiarlo para dejarlo en condiciones de utilización, lo cual también es costoso.

La energía geotérmica está aún muy retrasada y sobre todo no cualquier lugar del planeta tiene las condiciones necesarias para su aprovechamiento.

La energía sintética está también en sus inicios.

Por todo lo anterior el petróleo y el gas continuarán siendo la fuente más importante de energía en el mundo, pero deberán buscarse en forma rápida sustitutos. En años recientes la producción de hidrocarburos ha empezado a exceder la cantidad de descubrimientos; se espera que esto no continúe por un período largo ya que una situación como esta pondría al mundo en posición de liquidación, usando más petróleo cada año del que se encuentra.

Para los años futuros será necesario balancear las necesidades mundiales de petróleo y las posibilidades de producción; existen países, como los árabes, que tienen una producción mucho mayor que su consumo; pero países en esas condiciones con toda seguridad controlarán y fijarán el nivel de los precios.

#### a) RESERVAS MUNDIALES Y NACIONALES.

Se conoce por reserva la cantidad de petróleo que está descubierta, con certeza y aún no explotados.

En el caso del petróleo, la reserva se puede medir en años, millones de barriles, millones de toneladas; en el caso del gas la reserva se puede medir en miles de millones de metros cúbicos, millones de millones de pies cúbicos y en años.

En el cuadro que se muestra a continuación indicamos las reservas conocidas para petróleo y gas con datos al 1o. de enero de 1981 para todo el mundo y por países.

RESERVAS DE PETROLEO Y GAS COMPROBADAS AL 1o. DE ENERO DE 1981.

	Petróleo (1000 bls.)	Gas 10 <sup>9</sup> pies <sup>3</sup>
México	44'000,000	64,500
E. U. A.	26'400,000	191,000
Venezuela	17'950,000	42,000
Resto Hemisferio Oeste	13'940,000	140,500
<b>Total Hemisferio Oeste</b>	<b>102'290,000</b>	<b>438,000</b>
Europa Occidental	23'085,000	159,000
Medio Oriente	362'071,000	753,000
Asia - Pacífico	19'631,000	126,000
A f r i c a	55'148,000	208,000
<b>Total area no Comunista</b>	<b>562'225,000</b>	<b>1'684,000</b>
Area Comunista	86'300,000	954,000
<b>Total Mundo</b>	<b>648'525,000</b>	<b>2'638,000</b>

5. Extracción del petróleo y el gas y sus procesos.



## CAPITULO V

### EXTRACCION DEL PETROLEO Y EL GAS Y SUS PROCESOS

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

De manera general se citan las siguientes:

1. Exploración.
2. Explotación.
  - a) Perforación
  - b) Extracción.
3. Separación
4. Transporte de crudo y de gas.
5. Refinación
6. Procesos subsiguientes para el mejoramiento de los productos ó la obtención de productos correspondientes a la petroquímica básica.
7. Almacenaje, el cual puede ser necesario en forma intercalada entre varios procesos anteriores.
8. Transporte de productos finales.
9. Distribución y venta.

## EXPLORACION. -

La exploración petrolera es un conjunto de actividades de campo y oficina cuyo objetivo principal es descubrir nuevos depósitos de hidrocarburos ó nuevas extensiones de los ya existentes.

En los inicios de la exploración petrolera no se contaba con bases científicas y se trataba de localizar el petróleo buscando manifestaciones superficiales. Posteriormente, la exploración consistía en perforar pozos de cateo siguiendo las tendencias marcadas por los pozos ya productores; en esta forma muchos pozos se localizaban al azar y fracasaba gran porcentaje de las perforaciones.

De 1910 a 1920 se empezaron a utilizar los servicios de los geólogos quienes relacionando las condiciones superficiales y las del subsuelo, podían determinar con mayores posibilidades los lugares en que debía perforarse.

En el año de 1920 se empezaron a usar los métodos geofísicos para la exploración.

No obstante los adelantos logrados en las técnicas exploratorias, todavía no se cuenta con un método directo que defina con exactitud la existencia de hidrocarburos, las técnicas actuales sólo dan indicio sobre las características de las capas del subsuelo.

Los principales métodos que se han usado a lo largo del tiempo son los siguientes:

1. Método magnético llamado "Wild Cat" (gato salvaje): la aguja imantada de la brújula, que normalmente indica el campo magnético terrestre, puede ser desviada por la presencia de mineral de hierro; en menor grado, las diversas capas que constituyen el subsuelo están dotadas de un potencial magnético que les es propia, el petróleo se halla en este caso.
2. Método gravimétrico: se usa un resorte cargado de una masa  $X$  y gracias a las ínfimas variaciones de tensión del resorte, se miden las ínfimas diferencias del campo de gravitación terrestre en una región determinada.

Teniendo en cuenta la altitud, la latitud, las diferencias de relieve y las perturbaciones profundas debidas al zócalo cristalino y después de cálculos muy delicados efectuados en computadora, cabe tener la esperanza de formarse una idea de la naturaleza del subsuelo y localizar en particular, bóvedas de sal subterráneas e indicios de petróleo. Este aparato puede ser utilizado en el fondo de los océanos.

No parece ser que los detectores de este género hayan dado resultados brillantes.

3. Método sísmico: este método es el más costoso pero el más empleado. Se trata de hacer estallar una carga de dinamita enterrada a poca profundidad con lo que se producen ondas de choque. Algunas se propagan a través de las diferentes capas de materiales, a velocidades más o menos grandes según su densidad. Otras son reflejadas como por espejos por las zonas de separación entre las capas. Ciertos número de aparatos registradores (geófonos), son repartidos a distancias variables alrededor del punto 0.

Las diferentes informaciones grabadas en banda magnética dan datos complicados que deben ser descifrados en el laboratorio con calculadoras electrónicas y con lo anterior se puede obtener una imagen bastante precisa de la región considerada.

4. Método eléctrico: en este método se utiliza la propiedad que tienen los diferentes materiales de ser más o menos conductores. Se manda una corriente al suelo y la manera de cómo se comporta en el curso de su trayecto permite obtener información sobre la naturaleza de las capas sucesivas.

En muchas ocasiones se usan simultáneamente, en forma combinada, los métodos anteriores.

La exploración petrolera actual puede dividirse en varias etapas;

- a) Trabajos de reconocimiento.
- b) Trabajos de detalle.
- c) Estudios para la localización de pozos exploratorios y análisis de los resultados obtenidos para programar la perforación de nuevos pozos.

En primer lugar se hacen trabajos de reconocimiento que tienen por objeto estudiar las condiciones geológicas generales de un área, para estimar las posibilidades de que el subsuelo contenga hidrocarburos. Lo anterior incluye exploraciones fotogeológicas, de geología superficial y estudios geofísicos de gravimetría y magnetometría.

Posteriormente se hacen trabajos de detalle en áreas seleccionadas, en las que tengan mayores posibilidades, tratando de definir los lugares dónde las capas del subsuelo presentan características apropiadas para la acumulación del petróleo. El método más valioso para este trabajo es la exploración sísmológica.

Toda la información así obtenida se analiza en el gabinete para tratar de localizar los lugares donde deben perforarse pozos exploratorios.

Se inicia la perforación de pozos exploratorios o de cateo, con lo que se tendrá seguridad de la existencia de petróleo. Durante la perforación de

los pozos exploratorios, geólogos y paleontólogos estudian las muestras de roca cortadas en el pozo, haciendo periódicamente mediciones eléctricas dentro de las mismas. Los resultados de estos estudios definen las capas del subsuelo que contienen hidrocarburos y de las cuales pueden extraerse.

No obstante contar con estos modernos métodos, no siempre la exploración conduce a descubrir un yacimiento, a pesar de existir condiciones geológicas propicias para la acumulación de petróleo, por lo anterior la exploración debe llevarse a cabo en forma constante, estudiando nuevas áreas y revisando permanentemente la información obtenida.

México, se conoce como un país petrolero desde 1901. Durante el período de 1915 a 1924, fué considerado entre los países productores de petróleo más importantes del mundo.

La exploración petrolera en nuestro país se inició en forma incipiente a partir de 1900 y se sistematizó y organizó a partir de 1942.

#### **EXPLORACION . -**

La finalidad principal de las actividades de explotación es el desarrollar un campo petrolero, basándose en los trabajos de exploración iniciales y que proporcionan la seguridad de la existencia de hidrocarburos a determinada profundidad.

La explotación tiene dos fases, perforación y extracción.

Antes de iniciar el desarrollo de un nuevo campo deben tomarse en cuenta los siguientes factores y providencias:

1. Conocer la dimensión de la estructura, tomada en forma aproximada.
2. Conocer el espesor del estrato productor.
3. Determinar las posibilidades de producción, tomando en cuenta los resultados obtenidos en los pozos exploratorios.
4. Determinar el número de localizaciones que pueden perforarse.
5. Efectuar el análisis económico de la cantidad de equipos de perforación que deberán usarse y el tamaño de los mismos.
6. Construir caminos de acceso.
7. Construir viviendas para el personal de perforación y extracción.  
Un nuevo campo puede depender de otro ya existente o de facilidades de habitación que puedan encontrarse en alguna población cercana.
8. Aprovechamiento de agua y combustible. En ocasiones puede utilizarse como combustible el gas de los mismos pozos o el crudo que estos producen.
9. Construcción de almacenes para materiales y equipo.
10. Construcción de líneas de descarga y baterías para la separación de los hidrocarburos (gas y aceite).

11. Construcción de líneas conductoras de gas y aceite.
12. Construcción de tanques de medición y almacenamiento.
13. Construcción de plantas de bombeo para llevar los hidrocarburos a los centros de transformación (refinerías) o a los centros de consumo.

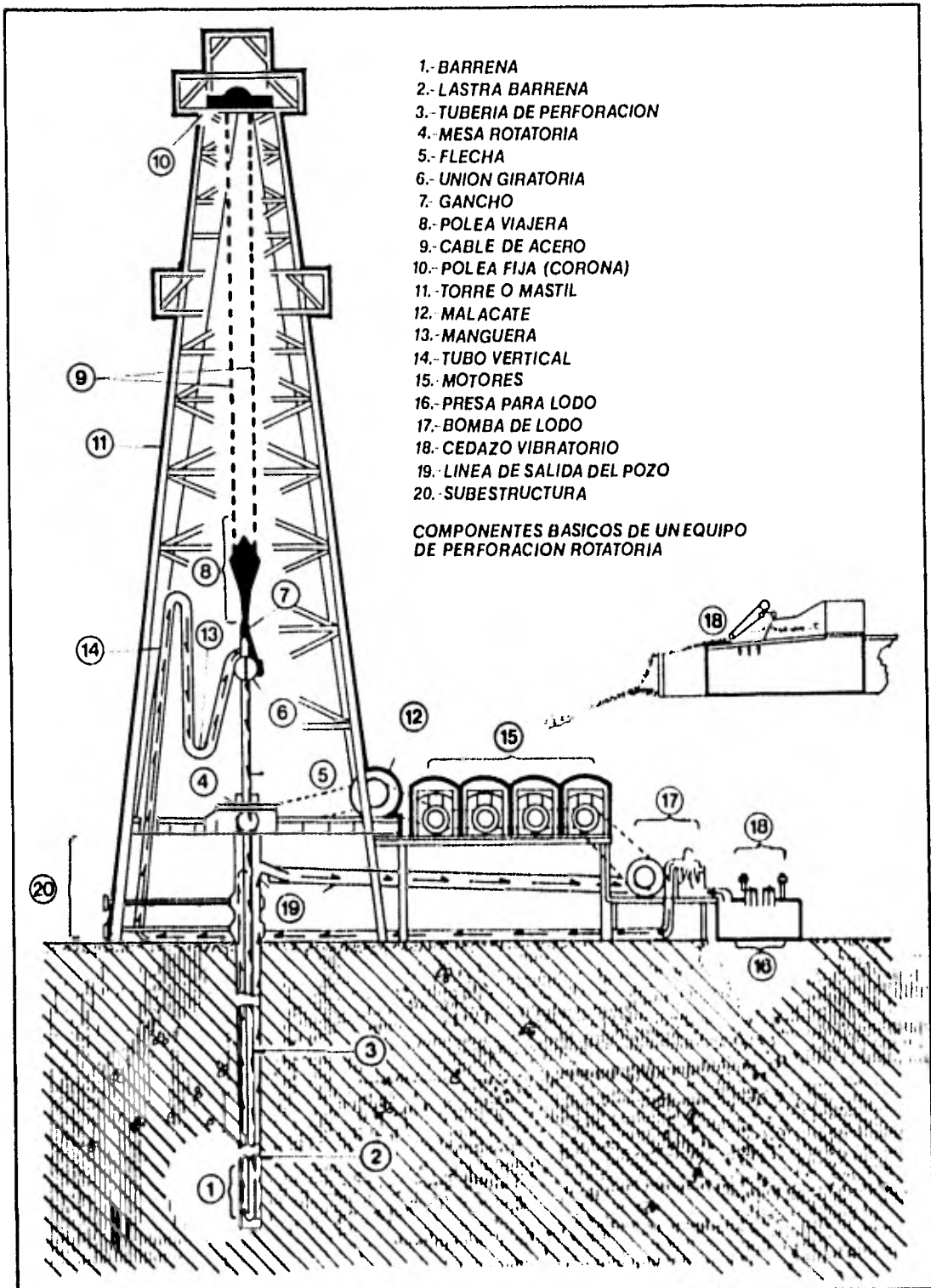
a) Perforación:

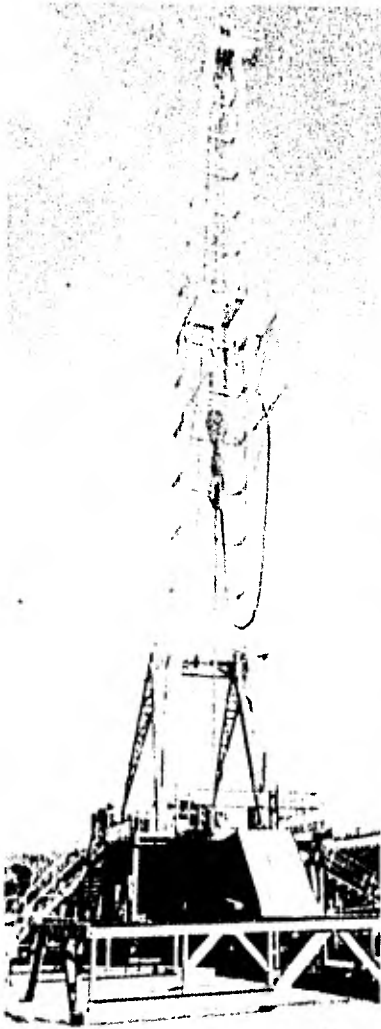
Una vez contando con todo lo anterior o teniéndolo programado para construirse o instalarse en el momento oportuno, se inicia la perforación de los pozos de explotación o desarrollo. La técnica que se usa para la perforación es semejante a la que se usa en los pozos de explotación pero con un concepto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

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

Para facilitar la descripción del equipo y de las operaciones necesarias para la perforación, se ilustra con el croquis de la página siguiente:







EQUIPOS  
DE  
PERFORACION



El equipo mostrado en la página anterior es de sistema rotatorio y se opera en la siguiente forma:

Se hace girar la barrena (1), la que arranca cortes y pedazos de formación del terreno y en esta forma se empieza a hacer el agujero.

Para que la barrena pueda avanzar hacia abajo, en la parte superior de ésta, tiene una lastra-barrenas(2), la cual es una tubería de alta calidad y de paredes muy gruesas. La función de la lastra-barrenas es proporcionar la carga de compresión en la barrena y al mismo tiempo permite que la tubería de perforación, que es más ligera, permanezca a tensión.

El movimiento rotatorio se le aplica a la barrena a través de la tubería de perforación (3), que está compuesta de tubos de acero de alta resistencia.

A medida que se profundiza en el pozo, se van agregando nuevos tramos de tubería de perforación. La tubería de perforación funciona realmente como si fuera una flecha y se usa tubería porque a través de ésta se hace circular lodo de perforación el cual atraviesa la lastra-barrenas y sale por unas toberas que tiene la barrena. La función de este lodo es ademar, provisionalmente el pozo que se está abriendo.

En la parte superior de la tubería de perforación se encuentra la mesa rotatoria (4), y es ésta la que proporciona a la tubería de perforación el movimiento rotatorio.

La mesa rotatoria está accionada por el malacate (12), que explicaremos más adelante.

Arriba de la mesa rotatoria y en forma vertical se encuentra una flecha (5) la cual puede ser de sección cuadrada, exagonal u octagonal, pasa los bujes ajustados de la mesa rotatoria y está colgada de una unión giratoria (6); esta unión giratoria cuelga de un gancho (7) y permite girar a la flecha y al mismo tiempo sirve de unión entre la flecha y el gancho.

El gancho está suspendido de una polea viajera (8), la cual está unida a través de un cable de acero (9), mismo que está suspendido de las poleas fijas (corona) (10).

El gancho, la polea viajera, el cable de perforación y las poleas fijas, permiten subir o bajar la tubería de perforación según se requiere.

Todo este conjunto cuelga de una estructura alta llamada torre o mástil (11) que proporciona el claro vertical y el soporte para bajar o subir la tubería de perforación al meterla o sacarla del pozo. El mástil debe tener la resistencia y altura suficientes para efectuar esta operación en forma segura y expedita. Las capacidades de carga del mástil van de 45 a 700 toneladas, las más ligeras se utilizan para perforar a pocas profundidades y las más robustas para pozos profundos.

El malacate (12), es una de las partes principales del equipo de perforación. Es el centro de control desde donde el perforador opera el equipo. Contiene embragues, cadenas, engranes, aceleradores de los motores, y otros mecanismos que permiten dirigir la potencia de los motores a la operación particular que se desarrolla; contiene un tambor que recoge o alimenta el cable de perforación según la operación que se está efectuando.

La potencia necesaria que requiere el malacate la proporcionan los motores (15). Estos motores pueden ser de combustión interna ó eléctricos de corriente directa y también son usados para mover las compresoras de aire, las bombas de lodos que después se describirán.

Las presas de lodos (16), son depósitos metálicos en los que se almacena el lodo y se le dá el tratamiento necesario. Estas presas normalmente son tres.

Las bombas de lodos (17), son las que hacen circular el lodo de perforación, tanto para inyectarlo al pozo como para extraerlo del mismo, y éstas pueden ser de doble o de triple acción (duplex o triplex), según tengan dos o tres pistones.

Existe un codazo vibratorio (18) a través del cual se hacen pasar los lodos de perforación y detiene los pedazos de formaciones que ha arrancado la barrenadora.

Como elementos complementarios, para el movimiento de los lodos, se tienen a la manguera rotatoria (13), el tubo vertical (14) y la línea de salida del pozo.

Por último, el mástil se apoya en una subestructura (20), que le sirve de soporte y debe resistir las cargas previstas con un factor de seguridad conveniente; la altura debe ser suficiente para permitir la colocación y acceso de los preventores (válvulas), empleadados para cerrar el pozo en caso de emergencia.

Una vez descrito el equipo de perforación se describirá , con más detalle, su funcionamiento:

Se ponen a trabajar los motores, los cuales transmiten la potencia necesaria al malacate y éste a su vez a la rotatoria que hace girar la tubería de perforación, la lastra-barrenas y la barrena. La barrena empieza a perforar el agujero, ya que la lastra-barrenas le aplica una carga vertical; al girar la barrena arranca cortes y pedazos de formación.

Las bombas empiezan a funcionar e inyectan lodo de perforación a través del tubo vertical y de la manguera rotatoria, los lodos pasan a través de la tubería de perforación, del lastra-barrenas y salen por las toberas de la barrena llenando todo el espacio comprendido entre el agujero y la tubería de perforación; este lodo sirve de ademe provisional al pozo así perforado.

A medida que se profundiza en el pozo se van agregando nuevos tramos de tubería de perforación, usando para ésto todo el sistema compuesto por el gancho, la polea viajera, el cable de perforación y las poleas fijas.

Los cortes y pedazos de formación arrancados por la barrena son levantados por el lodo de perforación a través del espacio anular comprendido entre las paredes del pozo y la tubería de perforación. El lodo que sale del pozo pasa a través del cedazo vibratorio y se separan los pedazos de formación. De ahí el lodo pasa a las presas de lodos y se le da el tratamiento necesario, de la última presa las bombas succionan el lodo y el ciclo se repite.

Periódicamente se saca del pozo toda la tubería de perforación incluyendo la lastra-barrenas y la barrena para cambiar ésta por otra nueva. La tubería de perforación se saca en lingadas de tres tubos cada una y éstas se acomodan en el piso de la torre.

Las operaciones arriba descritas se repiten sucesivamente hasta llegar a la profundidad deseada, que es donde se encuentran los hidrocarburos.

Sin embargo, durante el proceso de perforación es necesario ademar el pozo a intervalos diferentes y en forma definitiva.

Antes de iniciar la operación de ademe se saca toda la tubería de perforau

ción con lastra-barrenas y barrena, para dejar libre el pozo y pueda recibir el ademe definitivo.

Este ademe se hace revistiendo el pozo con tuberías de acero de la longitud y diámetros requeridos; estos tubos se cementan dentro del agujero perforado.

El número y diámetro de las tuberías de revestimiento son diferentes y generalmente se usan tres diámetros: la tubería de mayor diámetro, llamada tubería superficial y de control, permite que pasen a través de ella las tuberías de menor diámetro.

A la tubería de diámetro intermedio se le llama tubería de revestimiento intermedio y a la de menor diámetro y mayor profundidad, tubería productora.

Las tres tuberías son fijadas en su lugar con una lechada de cemento que se bombea por el interior de la tubería de ademe y sube por el espacio anular, en cantidades predeterminadas, según la capacidad del mismo espacio y al nivel que se desea llegar. La lechada se deja en reposo hasta que fragüe, antes de continuar las operaciones subsecuentes.

El trabajo de cementación primaria se efectúa en la siguiente forma: el cemento, ya sea en sacos o a granel, se vacía en un embudo en el que se mezcla con agua a presión que sale de una boquilla de la parte inferior del embudo.



La lechada que resulta se bombea con bombas de alta presión hacia el interior de la tubería de ademe.

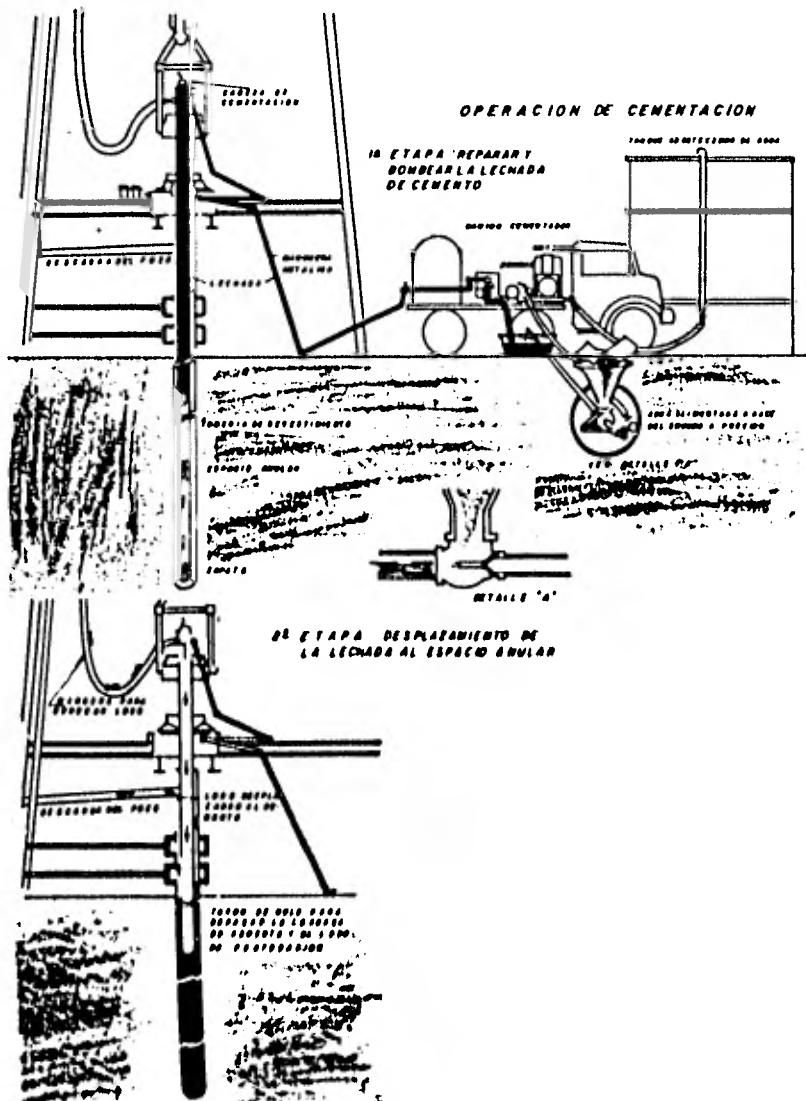
Para desalojar el lodo del interior de la tubería de ademe y hacer que la lechada circule a través de la misma y salga al espacio anular, se usan tapones que se colocan previamente en el sistema, así como un cople retenedor en la parte inferior de la tubería de ademe.

Inicialmente se introduce el tapón inferior y encima de él se empieza a bombear la lechada de cemento, el tapón inferior empieza a descender empujando hacia abajo el lodo de perforación, el cual sale a la superficie a través del espacio anular. Al llegar el tapón inferior al cople retenedor, que está en la parte inferior de la tubería de ademe, se aumenta ligeramente la presión de bombeo y ésta hace que se rompa un diafragma que lleva el tapón inferior, lo que permite hacer que la lechada lo atraviese y empiece a salir al espacio anular desplazando, hacia arriba, el lodo de perforación que se encontraba en el espacio anular.

El tapón superior se coloca en la tubería de ademe cuando se considera que ya se ha introducido, a la misma, la lechada suficiente para cementar el ademe; el tapón superior también se hace descender a través de la tubería de perforación, bombeando, hasta llegar al cople retenedor. En este momento se incrementa la presión considerablemente, lo que indica que

la operación se ha terminado, el tubo de ademe ha quedado limpio por el interior, y la lechada que se encuentra en el espacio anular se deja en reposo el tiempo necesario hasta que frague.

Una vez fraguada la lechada exterior, el ademe queda fijo y se continúan las operaciones de perforación, iniciando con el rompimiento de los tapones por la misma barrena de perforación.



Las funciones generales de la tubería de revestimiento son las siguientes:

- a) Proporcionar un agujero de diámetro conocido a través del cual puedan efectuarse las operaciones subsecuentes de perforación y después las operaciones de terminación y producción.
- b) Permitir que se aislen las formaciones entre sí detrás del ademe, para evitar flujos de una formación a otra y permitir que se obtenga producción de una zona específica.
- c) El cemento proporciona un soporte adicional a la tubería de ademe. Evita que las presiones de los fluidos, en las diferentes formaciones, actúen sobre el ademe y al mismo tiempo protege contra la corrosión al ademe por no estar en contacto la tubería con el agua corrosiva que existe en algunas formaciones.
- d) Por último, el ademe proporciona un soporte adecuado para las válvulas y conexiones que se instalan en la superficie. Estas válvulas y conexiones son necesarias para el control y manejo del petróleo o del gas que producirá el pozo.

Se repiten sucesivamente las operaciones de perforación y de ademe hasta alcanzar la profundidad en donde se encuentran los hidrocarburos y en esta forma queda el pozo listo para producir.

Durante el curso de la perforación es necesario, en ocasiones, verificar la presencia o ausencia de hidrocarburos en un intervalo perforado y para ello se utiliza un probador de formaciones el cual se introduce unido a la tubería de perforación; la prueba de formaciones es propiamente una terminación temporal del pozo, durante la cual se aísla una sección del agujero descubierto, quedando la presión hidrostática de la columna del lodo de perforación y dejando producir a través de la tubería de perforación.

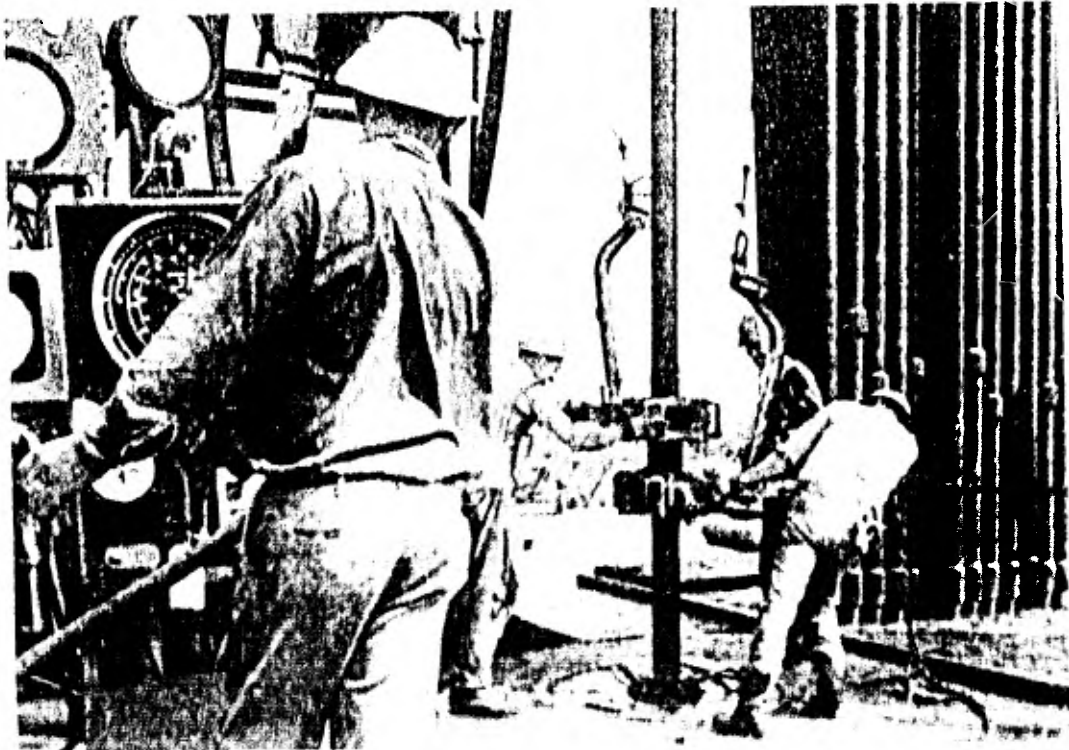
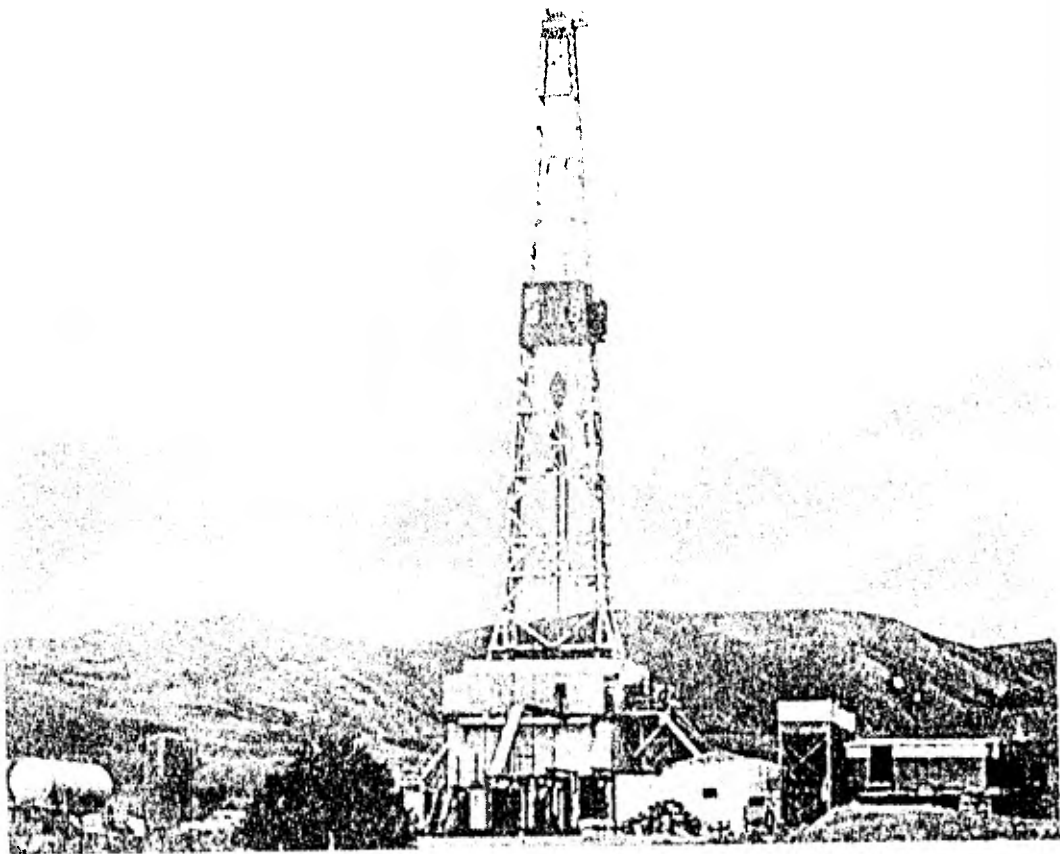
Se usan dos empaques de hule, que pueden expandirse contra las paredes del pozo, para segregarse el intervalo que se quiere probar.

Se usa también una válvula que controla el flujo de la tubería de perforación, excluyendo el lodo de la sección que se quiere probar y permite que los flujos de la formación entren durante la prueba.

Otra válvula permitirá controlar las presiones de uno y otro lado de los empaques al terminar la prueba de formación.

Se usa también un manómetro para medir las presiones obtenidas durante la prueba.

El objeto de esta prueba es conocer las presiones, la clase y volumen de los líquidos recuperados y poder así determinar la potencialidad productora del intervalo probado.



También se pueden hacer pruebas de formaciones en los intervalos que están adermados con tubería, a través de perforaciones que se hicieron previamente con este propósito y con preparaciones, de tubos pequeños, que permiten atravesar el cemento fraguado.

b) Extracción.-

Una vez terminado el pozo, de acuerdo con lo mencionado en páginas anteriores, se inicia la extracción de los hidrocarburos; puede haber dos tipos de pozos:

Los fluyentes en que el petróleo y el gas salen al exterior en forma natural, ya sea porque tiene un empuje hidráulico o de gas.

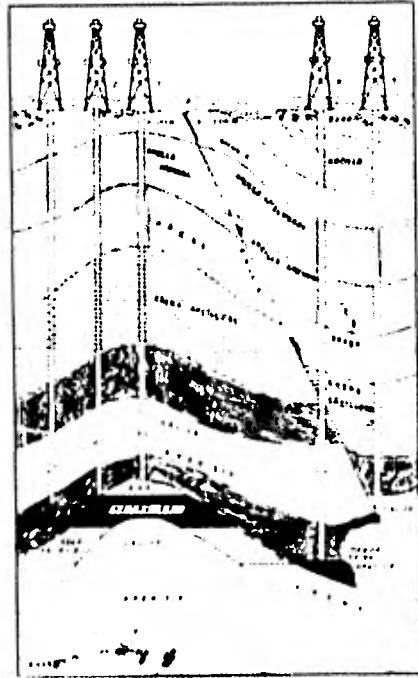
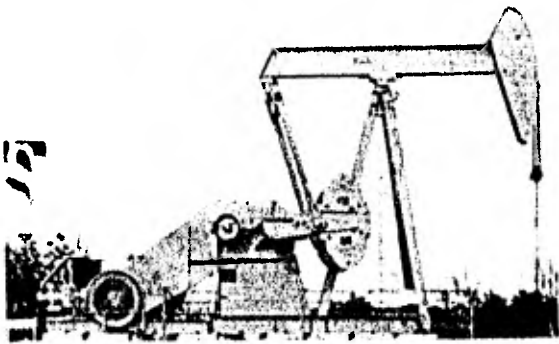
Los de producción artificial o bombeo son aquellos en que el petróleo no sale en forma natural y hay que usar otros sistemas para sacarlo.

Los sistemas de explotación artificial son el bombeo neumático, el bombeo mecánico, el bombeo hidráulico, etc.

Existe también el sistema secundario de inyectar gas o agua químicamente tratada con lo cual se puede aumentar la recuperación hasta en un 50%.

En muchas ocasiones se utilizan sistemas combinados según la edad de los pozos productores.

En la página siguiente se muestra esquemáticamente el corte geológico de un yacimiento petrolífero.



### CORTE GEOLOGICO DE UN YACIMIENTO PETROLERO

- Pozo 1; Seco o improductivo, a mayor profundidad agua salada.
- Pozo 2; Gran productor inicial de petróleo.
- Pozo 3; Gran productor inicial de gas y posteriormente de petróleo.
- Pozo 4; Productor de petróleo por poco tiempo.
- Pozo 5; Productor de petróleo por un período muy reducido.
- Pozo 6; Almacenamiento de gisbertita (cha; opotero).



#### SEPARACION. -

Una vez extraído el petróleo y el gas, es enviado por su propia energía, o por la que se le proporciona artificialmente, a través de tuberías, hasta un primer centro de recolección, llamado batería de separadores.

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

#### TRANSPORTE DE CRUDO Y GAS. -

El petróleo y el gas, ya separados, es necesario transportarlos a las refineras, plantas de tratamiento de gas o en ocasiones a los lugares de consumo en forma directa,

La forma más común de hacer este transporte es utilizando tuberías de diferentes diámetros.

El tendido de las tuberías, normalmente se hace enterrando éstas en una cepa y luego recubriéndola. La tubería debe estar protegida contra la corrosión mediante revestimientos especiales y en ocasiones con protección catódica.

Al tender las tuberías se presentan diferentes obstáculos; topográficos, poblaciones, ríos, lagunas, pantanos, barrancos, canales, etc. y en



cada caso se estudia la forma más adecuada ya sea de librarlos o de establecer un cruzamiento adecuado.

En lagunas y pantanos, normalmente, se cruza sumergiendo el tubo para lo cual hay que lastrarlo; más adelante se explicarán los procedimientos de protección catódica, el recubrimiento y el lastrado.

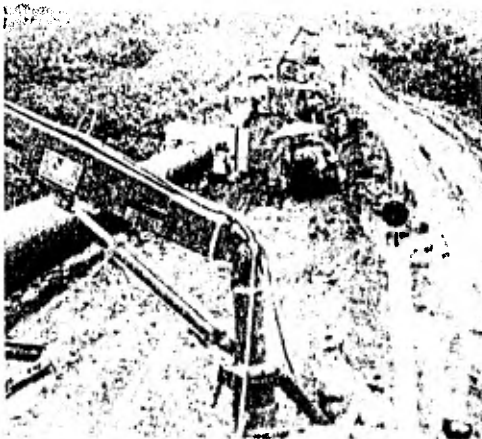
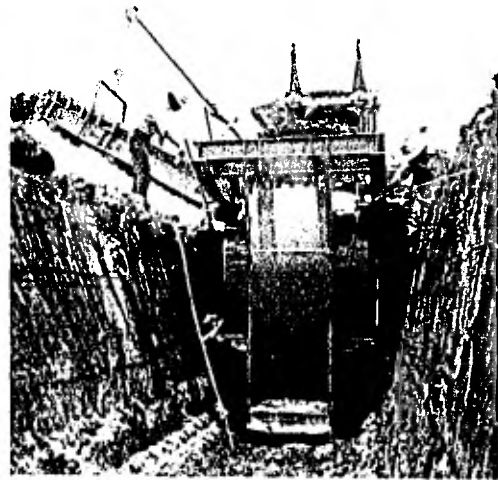
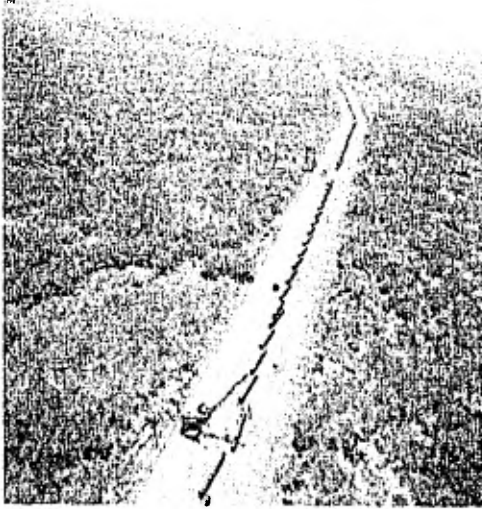
En el caso de los ríos se requieren de estudios más amplios para determinar si se cruza por vía aérea o subfluvial. Las estructuras de cruzamiento aéreo son variables según el ancho del río y se utilizan puentes colgantes o armaduras. En este último caso se puede aprovechar la tubería de transporte como elemento estructural del puente.

Los cruzamientos subfluviales se hacen a suficiente profundidad para evitar la erosión propia del lecho del río y también la tubería debe ser lastrada con objeto de evitar su flotación.

En todos los casos las tuberías tienen "trampas de diablos" con objeto de limpiarlas interiormente de sedimentos y hacer su operación más eficiente.

También se instalan válvulas para seccionar en forma conveniente, en tramos adecuados, la tubería de transporte y permitir así su mantenimiento.

Para impulsar a los hidrocarburos por el interior de la tubería se instalan



TENDIDO DE  
OLEODUCTOS  
Y  
GASODUCTOS

estaciones de bombeo y compresoras, en los puntos adecuados y en función al volúmen y presión requerida para hacerlos llegar de una estación a otra o a su destino.

Las estaciones deben poder manejar las demandas máximas y atender al mantenimiento; deben estar dotadas de instrumentos de control y sistemas contra incendio para hacer eficiente y segura su operación.

#### REFINACION. -

La refinación es el conjunto de una serie de procesos físicos y fisicoquímicos a los cuales se somete el petróleo crudo para obtener de él por destilación los diversos hidrocarburos o las familias de hidrocarburos, con propiedades físicas y químicas bien definidas.

El procedimiento más popularizado para la refinación es el proceso de destilación de petróleo crudo.

El petróleo crudo, que está formado por una serie de hidrocarburos, comprenden desde el gas licuado hasta el asfalto,

Su separación, en columnas de destilación, se logra aprovechando las diferencias de volatilidad que tienen unos y otros.

El procedimiento no es otra cosa que calentar el petróleo crudo a una temperatura en que los componentes ligeros se evaporan y a continuación se

condensan los hidrocarburos evaporados.

La condensación se efectúa a diferentes temperaturas: los hidrocarburos más volátiles se condensan a menor temperatura que los menos volátiles. De esta manera se obtienen distintos condensados cuyas propiedades corresponden a las del gas licuado, gasolinas, kerosinas o combustible diesel.

Posteriormente al proceso de destilación, el cual se denomina destilación primaria, y es el que se mencionó en los párrafos anteriores, el residuo de la destilación del petróleo crudo se somete a una nueva destilación al alto vacío.

Con la destilación al alto vacío se logran separar componentes menos volátiles que de acuerdo con las propiedades del petróleo crudo de que se trate serán destinadas a lubricantes o a ser desintegrados catódicamente

El residuo de la destilación al vacío, es asfalto o carga para la planta de coque o para la desintegradora de residuales con la subsecuente obtención de destilados.

#### PROCESOS SUBSECUENTES.-

Los procesos subsecuentes para el mejoramiento de los productos o la obtención de productos correspondientes a la petroquímica básica son muy variados.

En primer lugar se debe mencionar que los destilados al vacío que se van a destinar a lubricantes deben someterse a una serie de procesos especiales:

Extracción con furfural y desparafinación con metil-etil-cetona.

Al final se obtiene de ellos lubricantes básicos, que con diferentes aditivos, forman los lubricantes y las parafinas que existen en el mercado.

Los destilados al vacío que por sus características no se dedican a lubricantes, se desintegran catalíticamente para convertirlos en productos comerciales: gas licuado, gasolinas al alto índice de octano y combustible diesel.

Después de la destilación primaria o de la destilación al alto vacío, se aplican a los derivados así obtenidos diversos procesos de conversión para obtener de ellos productos más valiosos y éstos se someten a tratamientos con ácidos, alcalis, solventes extractivos y reactivos químicos en general, para eliminar las impurezas que los hacen impropios para su empleo comercial.

En capítulos anteriores se mencionó que el aceite crudo tiene una constitución diversa según su origen y que puede ser de base asfáltica o de base nafténica o de base mezclada y que por lo tanto tienen rendimientos variables en los procesos de destilación y fraccionamiento a determinadas

condiciones de presión y temperatura. Se mencionó también que estos rendimientos generalmente no concuerdan con el patrón de consumo.

Por lo anterior, es necesario ajustar los rendimientos y características de las fracciones o cortes al mencionado patrón de consumo. Este ajuste se hace sometiendo las fracciones que convenga a diversos procesos de conversión con objeto de obtener los productos que el mercado requiere.

Los procesos de conversión se aplican a diferentes familias de hidrocarburos con objeto de obtener, mediante arreglos moleculares, productos más ligeros o de mayor índice de octano o de menor viscosidad.

Es mediante la aplicación de estos procesos como la refinación puede poner a disposición del consumidor una amplia gama de productos comerciales tales como:

a) Energéticos:

Combustibles específicos para los transportes, la agricultura, la industria, la generación de corriente eléctrica y el uso doméstico.

b) Productos especiales:

Lubricantes, parafinas, grasas, asfaltos, todo lo anterior para vehículos, construcción y uso industrial.

c) Materias primas para la industria petroquímica básica:

Se debe mencionar también el proceso de purificación mediante el cual se eliminan de los productos obtenidos por destilación o por desintegración, aquellos compuestos que imparten propiedades inconvenientes a los productos.

Los principales contaminantes son los compuestos derivados del azufre que darían un mal olor y contaminarían al ser quemados.

A manera de ejemplo se mencionan algunos procesos adicionales:

- Reducción de viscosidad.
- Desulfuración catalítica
- Polimerización de olefinas.
- Alquilación.
- Recuperación de azufre.
- Reformación de gasolinas.
- Elaboración de asfalto.
- Elaboración de grasas.
- Mezcla de lubricantes.
- Extracción de aromáticos.

así como muchos otros procesos para la producción de productos correspondientes a la petroquímica básica.

## ALMACENAJE. -

Entre una y otra, de alguna de las etapas a que se someten el petróleo y el gas desde su extracción hasta su distribución y venta es necesario almacenarlo.

Después de la extracción se almacena el petróleo en grandes tanques con objeto de aforarlo y para regular el gasto antes de transportarlo a través de los oleoductos.

Al llegar a las refinerías y antes de someterlo a la destilación se suele almacenar también tanto el petróleo crudo como el gas.

Durante el proceso mismo del proceso de refinación y de los procesos subsiguientes es necesario almacenar los diferentes productos que resulten de la refinación antes de someterlos a nuevos procesos o antes de transportarlos a los lugares de consumo.

Es usual también, construir instalaciones para recibo y distribución de los productos finales, antes de venderlos.

Existen varios tipos de almacenamiento: Los tanques atmosféricos en los que se almacena petróleo crudo o derivados del mismo y que por sus condiciones fisicoquímicas no requieren estar a presión.

Los tanques atmosféricos pueden ser de techo cónico o de techo flotante, la ventaja de los tanques de techo flotante sobre los tanques de techo cónico, es



que por encontrarse el techo en contacto directo con el producto evita la evaporación del mismo eliminando desperdicios costosos.

Los recipientes a presión sirven para almacenar productos que por sus propiedades fisicoquímicas deben mantenerse en esta condición.

Existen una gran variedad de recipientes a presión tanto en forma como en dimensiones pero los más comunes son los tanques cilíndricos horizontales con cabeza abombada y las esferas.

En ocasiones el almacenaje debe ser a baja temperatura, sobre todo en el caso de los gases para mantener éstos en estado líquido. En este caso se usan tanques de doble pared con aislantes térmicos entre ambas paredes.

#### TRANSPORTE DE PRODUCTOS FINALES. -

El medio de transporte de los productos finales es muy variado dependiendo del producto a transportar y los lugares de destino.

Para algunos productos en que se requiere transporte masivo, y el producto en si lo permite, puede usarse tubería como la que se mencionó en el transporte del crudo y del gas. Esta tubería puede ir en un solo ducto o pueden construirse racimos de ductos, poliductos, para transportar diferentes productos.

La forma de tender la tubería se ajusta en todo a lo que se mencionó en pá-

ginas anteriores.

Cuando por las características del producto, o la no existencia de ductos, es necesario transportar los productos finales por tierra, se usan pipas (camiones tanque) o carros tanque de ferrocarril.

Cuando el transporte es fluvial o marítimo se usan buques tanques o chalanes.

#### DISTRIBUCION Y VENTA. -

La distribución y venta de los productos finales presenta condiciones muy diversas, pues igual se puede comprar gasolina en una gasolinera que parafina en una miscelánea o recibir directamente el gas que llega por gasoducto en una industria, así como recibir pipas, carros tanque, y hasta barcos y chalanes en instalaciones industriales.

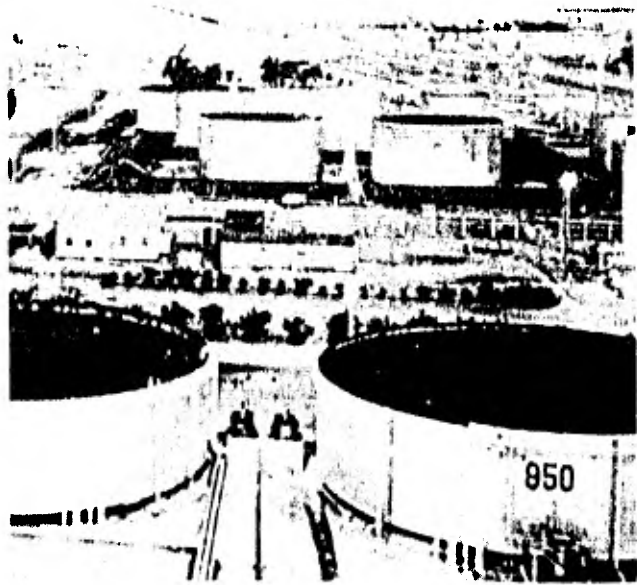
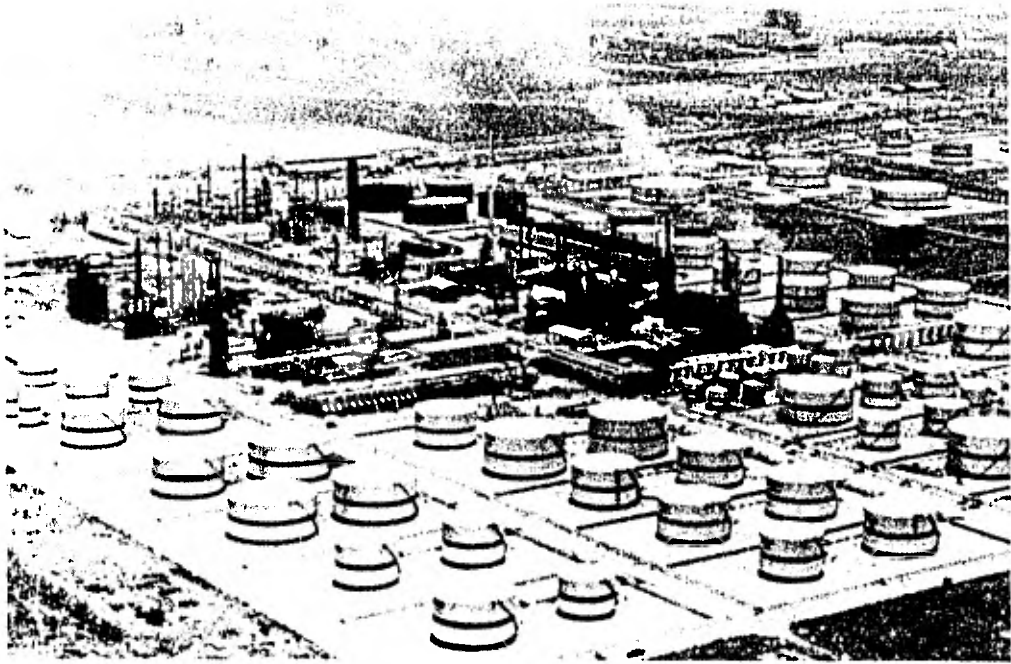


FIGURE 1. Aerial view of the industrial facility.  
FIGURE 2. Aerial view of the industrial facility.

6. Extracción del petróleo y el gas en el mar.

## CAPITULO VI

### EXTRACCION DEL PETROLEO Y DEL GAS EN EL MAR

Como ya se mencionó, con las técnicas actuales, solo es posible explorar y explotar los hidrocarburos en la plataforma continental.

En el capítulo anterior se mencionaron, las principales actividades para la extracción de petróleo y gas en tierra, ahora, al referirse a la extracción del petróleo y del gas en el mar, se mencionarán únicamente las siguientes actividades, ya que el resto de las mismas son hechas en tierra:

1. Exploración.
2. Explotación:
  - a) Perforación
  - b) Extracción
3. Separación.
4. Transporte de crudo y gas al continente o embarque en buques tanque.

#### EXPLORACION.

La exploración en el mar no varía mucho de la exploración terrestre, los medios descritos para la exploración en tierra son igualmente válidos para la exploración en el mar; solo que, en el mar es necesario hacer batime -

trías de la zona que se está explorando para conocer las profundidades del lecho marino y saber asimismo si es posible o no la construcción de alguna estructura para la perforación y extracción. Estos datos permiten también definir las dimensiones de la estructura a construir.

Los pozos de cateo ó exploratorios deben hacerse usando un barco , un chalán perforador ó una plataforma móvil.

Por lo costoso que son las estructuras de perforación para explotación, los trabajos de exploración no se dan por terminados sin hacer antes los pozos exploratorios. No importa cuan optimista sean los resultados de las investigaciones de los geólogos basados en los procedimientos de exploración, la última palabra en cuanto a la existencia dentro del subsuelo de gas y petróleo puede darla únicamente una perforación de prueba.

### EXPLOTACION. -

Para la explotación en el mar se deben tomar en cuenta los mismos factores y tomar las mismas providencias que se tomaron para la explotación en tierra, salvo que, con los ajustes necesarios a las condiciones propias que significa el trabajo en el mar.

Debe conocerse la dimensión de la estructura, el espesor del estrato productor, la profundidad del mismo, las posibilidades de producción y la profundi

dad del lecho marino.

Es necesario también determinar el número de localizaciones que pueden perforarse pero con más cuidado que en tierra, ya que de no obtener producción sería mucho más costoso en el mar.

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, con la única diferencia de que para el mar deberán ir "empaquetados". Más adelante se menciona lo que significa que los equipos vayan en paquetes.

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

Deberán preverse también viviendas suficientes para el personal de perforación y extracción, las cuales deben ser construídas lógicamente lo más cercanas a las instalaciones de perforación.

En igual forma debe preverse el aprovisionamiento de agua y combustible, los almacenes para materiales y equipo, baterías de separación y líneas - que transporten los hidrocarburos al continente ó el dispositivo de carga para embarcar el producto en buques tanque; en ocasiones es necesario también plantas de bombeo para impeler los hidrocarburos.

Para alojar gran parte de las instalaciones y equipo que mencionamos en renglones anteriores, es necesario pues, hacer la construcción de verdaderas islas artificiales en donde se pueda tener todo lo necesario, incluyendo el equipo que se usará durante la perforación.

a) Perforación.

Como ya lo mencionamos, las técnicas y los equipos mencionados para la perforación terrestre, son básicamente aplicables en la perforación de los pozos marítimos.

Se debe mencionar que en la generalidad de los casos los equipos de perforación usados en el mar son de mayores dimensiones y más robustos que los que se usan en tierra.

Otra diferencia importante es que se requieren tubos que guíen la barena y tubería de perforación en la distancia que representa el espacio comprendido entre el lecho marino y el piso de la isla artificial.

Otra variante importante es que en el mar se aplica con mayor frecuencia la técnica para la perforación de pozos direccionales con el



objeto que desde una posición se tenga mayor acceso a un yacimiento petrolero.

En capítulos subsecuentes se dará mayor información de la forma en que se manejan los equipos en el mar.

b) Extracción.

Una vez terminados los pozos, en forma similar a como se terminaron en las perforaciones en tierra, se inicia la extracción de los hidrocarburos, que en la mayoría de los casos salen al exterior en forma natural, ya sea por la presión hidráulica o de gas. La producción artificial en el mar se hace básicamente mediante la inyección de gas o agua y muy rara vez mediante el bombeo neumático, mecánico o hidráulico.

SEPARACION.

Igual que en tierra, una vez extraído el petróleo y el gas, es enviado por su propia energía y a través de tuberías hasta las baterías de separación.

Es pues también necesario la construcción de estructuras sobre las que se colocarán los equipos de separación y éstas deben estar lo más próximas a los equipos de perforación.

Transporte de crudo y gas a tierra firme o embarque en buques tanque.

Para el transporte de crudo y gas a tierra firme es necesario el tendido de tuberías protegidas contra la corrosión y lastradas, para evitar su flotación.

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

Los procesos de refinación, purificación, mejoramiento y 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 también la necesidad de almacenaje fuera de costa para lo cual se diseñan y construyen grandes tanques.

En el capítulo IX se describirán las tuberías, el procedimiento para instalarse, así como los tanques submarinos.

**7. Diferentes tipos de estructuras para la extracción de hidrocarburos en el mar.**

## CAPITULO VII

### DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS PARA LA EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS EN EL MAR.

La necesidad de energía que tiene la humanidad, la cual como se ha mencionado proviene importantemente del petróleo, ha hecho que se avance en forma impresionante en todo aquellos que son trabajos fuera de costa ( Off - Shore).

Las exigencias que tienen todas las actividades fuera de costa muy probablemente solo son superadas por las actividades necesarias para la navegación espacial.

Al iniciarse las perforaciones marinas, éstas se efectuaron en islas artificiales construídas de terracería o pequeñas estructuras de madera y acero pero todas en aguas poco profundas. Las instalaciones de este tipo resultaban muy costosas para efectuar perforaciones de exploración, cuyo resultado era incierto. Únicamente la torre y el equipo de perforación son transportables y pueden ser utilizables en otro lugar. Es por ésto que las estructuras y plataformas estacionarias deben solo emplearse para perforar en campos ya comprobados y en los que es necesario instalar equipos de perforación, de proceso y campamentos definitivos.

Los avances logrados han hecho que se diseñen y fabriquen una variedad -

muy grande de estructuras llamadas plataformas, para la exploración y perforación de petróleo, así como para acomodar los equipos necesarios de producción y separación, bombeo, como los campamentos habitacionales que se requieren.

En forma general se pueden agrupar los diferentes tipos de estructuras y plataformas que se usan en el mar de la siguiente manera:

- a) Según el material de que estén construídas.
- b) Según la forma en que estén construídas para hacerlas fijas o móviles.
- c) Según la utilización o uso que se les de.
  - a. Según el material de que están construídas.

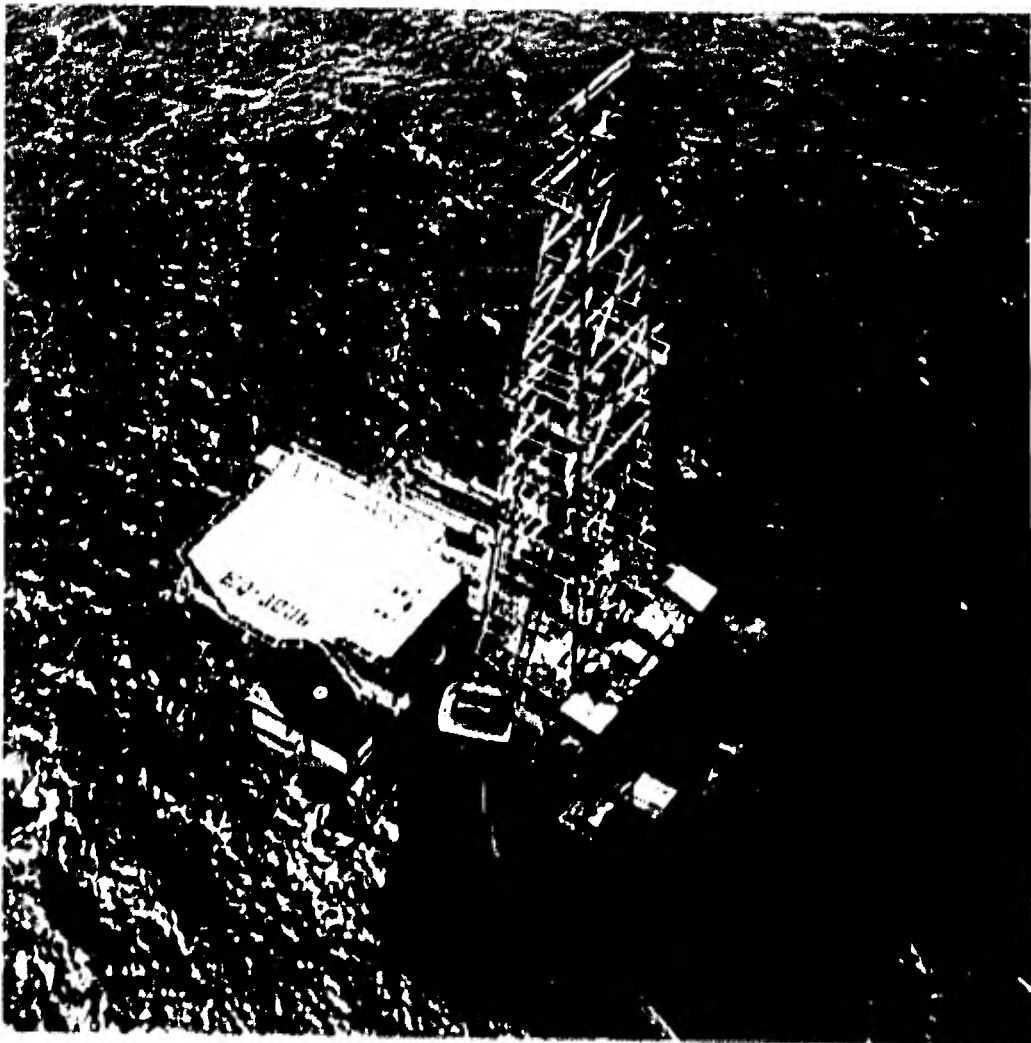
Las estructuras para la extracción de petróleo en el mar pueden ser, como ya se mencionó pequeñas islas artificiales formadas con terracerías y en ocasiones recurriendo a elementos de concreto y tabla estacas, este tipo de islas solo pueden usarse en aguas muy poco profundas y generalmente usando algún arrecife natural.

En nuestro país tenemos un ejemplo, que es la isla de Lobos,

Existen también plataformas de madera, las cuales pueden usarse también solo en aguas muy poco profundas y en la actualidad están prácticamente en desuso.

Para mayores profundidades se usan estructuras de acero y de concreto llamadas plataformas, que reuniendo las condiciones necesarias de estabilidad y seguridad, pueden operar en aguas más profundas, pero siempre dentro de la plataforma continental.

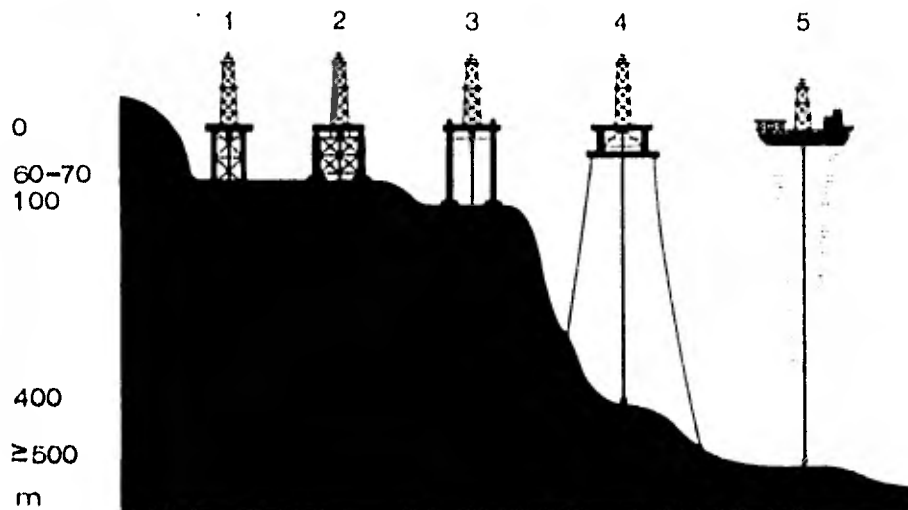
En estudio están las plataformas híbridas que estarán hechas - parte de acero y parte de concreto.



b. Según la forma en que están construídas pueden ser plataformas fijas o móviles.

Fijas      b.1 A las plataformas fijas se les suele llamar fijas o estacionarias.

Móviles      b.2 Totalmente sumergibles  
                  b.3 Autoelevables  
                  b.4 Semisumergibles  
                  b.5 Por último, una variante son los buques perforadores.



**Tipos de plataformas:**

1. Estacionarias o fijas
2. Sumergibles 100%
3. Autoelevables (jacks - up )
4. Semi sumergibles
5. B a r c o s

A continuación se describen estos tipos de plataformas.

b.1 Plataformas estacionarias o fijas.

Estas pueden ser de acero o de concreto, son estructuras rígidas ancladas al fondo marítimo, que una vez instaladas en su localización es difícil cambiarlas de sitio, éstas pueden ser usadas para perforar, para producción, para bombeo, para quemar gas o para habitación.

En los primeros años las plataformas fijas solo se usaban en aguas poco profundas, pero la técnica ha permitido construir plataformas de 1,025 pies (312 metros) de

tirante de agua, en acero.

En concreto se han construido plataformas de 90 a 200 mts. de tirante de agua.

Para la construcción de plataformas fijas de acero se usan básicamente elementos tubulares tanto en las columnas como en los elementos estructura





les que las unen, anclándose al fondo del mar también con pilotes.

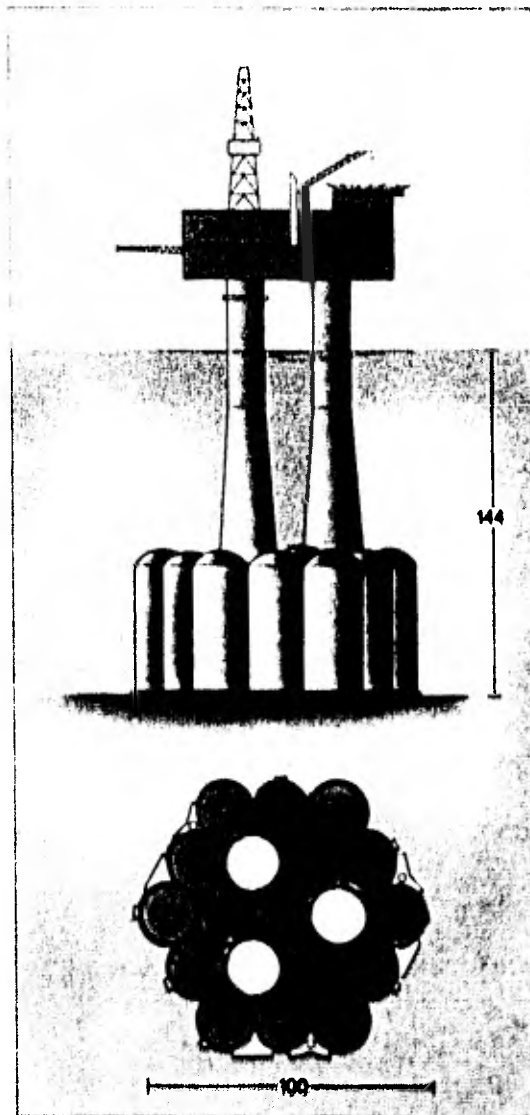
En el capítulo siguiente se describen con todo detalle estas plataformas así como los procedimientos de construcción y sus variantes.

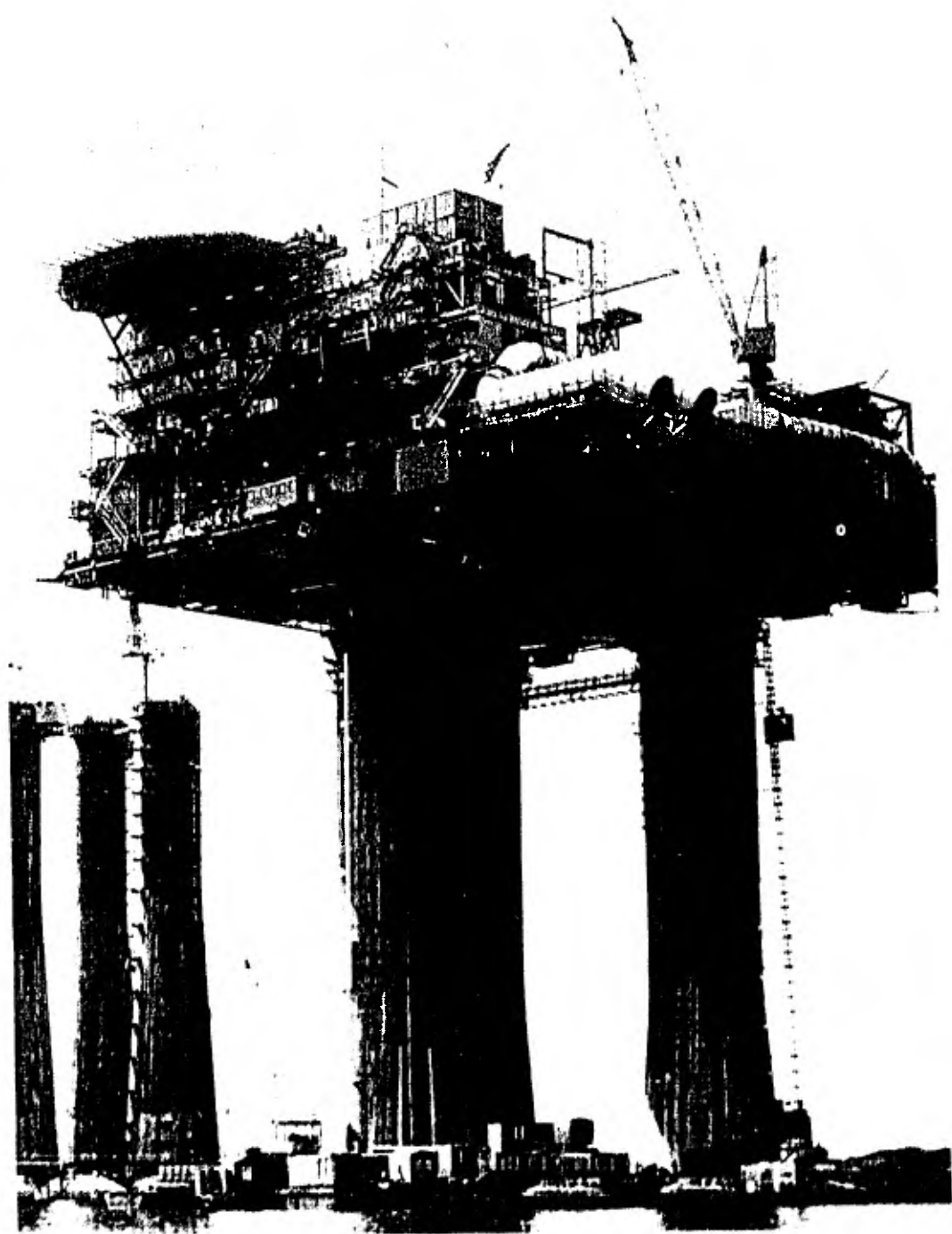
Las plataformas fijas construídas de concreto se componen de celdas cilíndricas o rectangulares que pueden ser entre 5 hasta 100 que se apoyan en el fondo marítimo, el cual debe ser absolutamente plano y no presentar protuberancias o depresiones, con el objeto de que no se presenten esfuerzos adicionales que pueden producir fisuras. Estas celdas tienen una altura de 40 a 60 mts. y sobre éstas se prolongan hacia arriba 2 ó 4 torres, reduciendo su sección hacia la punta hasta alcanzar una altura de 100, 140 y 200 mts., y sobre estas torres se apoya la cubierta ( ver fotografía y croquis).

A las plataformas de concreto se les llama también de gravedad, ya que por su peso y el lastre que se les coloca en las celdas pueden resistir el embate de los elementos. El lastre que se usa, una vez que la plataforma está

en posición es agua o petróleo.

Cuando se usan las celdas para almacén de petróleo, la presión interior de las celdas deberá mantenerse por debajo de la presión exterior del mar para evitar que se fugue el petróleo.



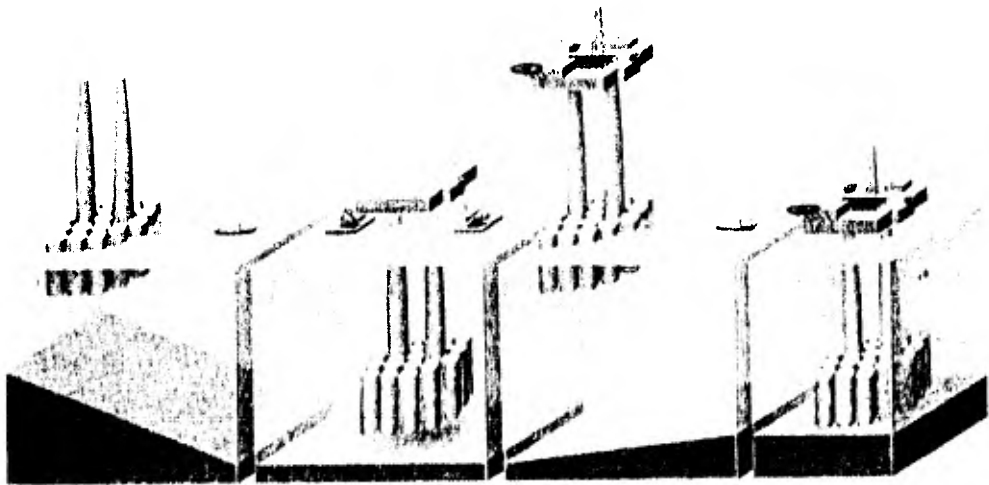
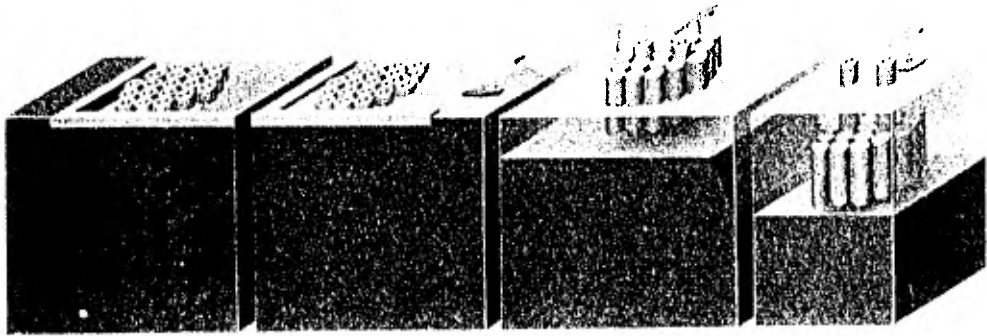


La construcción de las plataformas de concreto se hace en un dique seco, se cuela el concreto de la sección inferior de las celdas y una vez que la altura de las mismas es suficiente para que flote, se llena de agua el dique y se flotan las celdas arrastrándolas a aguas más profundas, se lastra y se continúa con el colado de las celdas. Esta operación se repite hasta que las celdas han alcanzado una altura del orden de 45 mts. de acuerdo con el diseño.

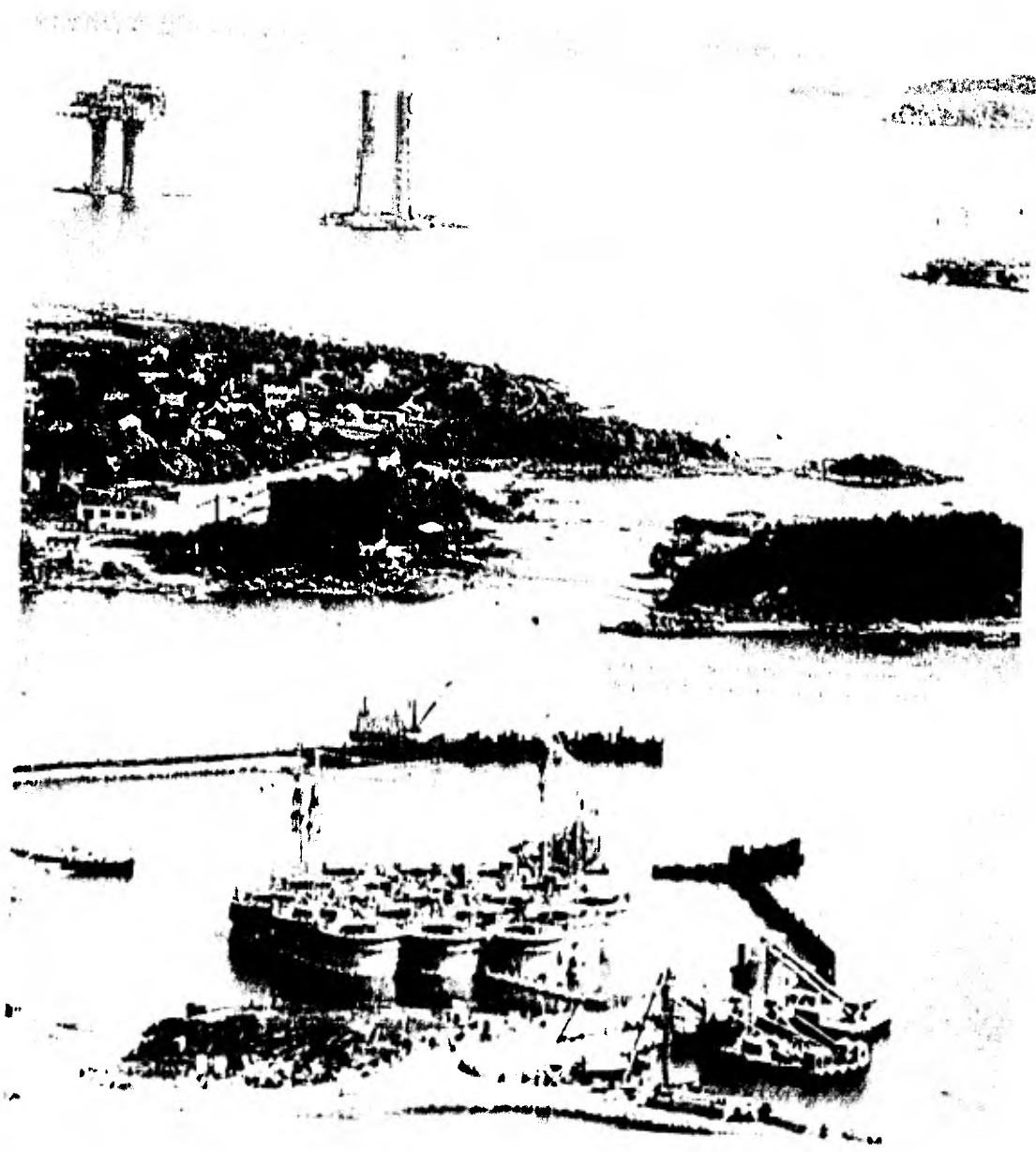
Una vez terminadas las celdas, éstas se tapan con losas de concreto, con excepción de 2 ó 4 celdas que serán las que se prolonguen hacia arriba en calidad de columnas para soportar la cubierta.

Se continúa con el colado de las columnas, flotando todo el conjunto y llevándolo a aguas más profundas lastrándolo y continuando el colado hasta que se alcanza la altura prevista.

Adicionalmente se coloca la cubierta de trabajo sobre la que se instalan los equipos de perforación y/o producción y la plataforma está terminada para transportarla hasta su lugar de trabajo.



Esquema del proceso de construcción de una plataforma de concreto



La velocidad de transporte es del orden de 1 km. por hora, por lo cual 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 tengan la profundidad necesaria para su construcción.

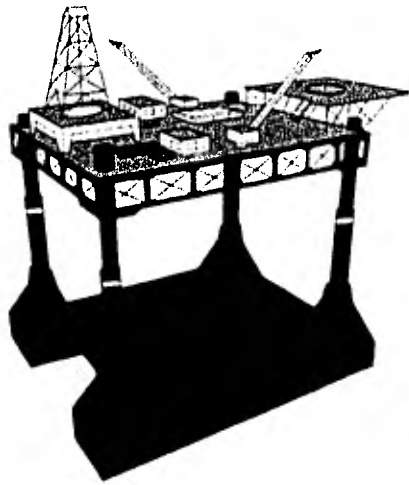
La otra desventaja es la ya mencionada de que el suelo del fondo del mar debe ser plano.

Las tuberías de perforación y la tubería de retorno del producto pueden pasar ya sea por fuera de las columnas o por dentro y el preventor de reventones puede instalarse a nivel de la cubierta lo que representa una ventaja de seguridad.

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

b.2 Plataformas totalmente sumergibles.

Este tipo de estructuras se construyen de acero y sirven



Plataforma totalmente sumergible

para soportar la torre y el equipo de perforación. Descansan sobre un pontón u otro elemento flotante, el cual es lastreado con agua una vez definido el sitio en que se va a efectuar la perforación, de esta manera se crean condiciones de trabajo semejantes a las que se tienen en tierra, por la estabilidad que se consigue, el equipo no se mueve y no se altera la

posición con respecto al pozo por efecto del oleaje.

Cuando se terminan los trabajos de perforación, la plataforma se vuelve a flotar, evacuando el lastre y así puede ser transferida a otro sitio de trabajo, este tipo de plataformas totalmente sumergibles solamente pueden trabajar a profundidades no mayores de los 70 mts.



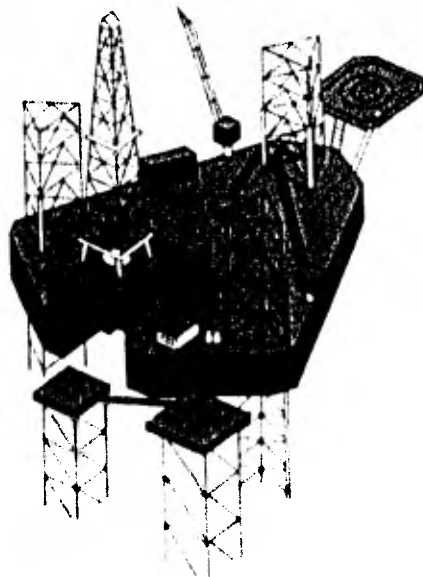
Las unidades totalmente sumergibles son adecuadas -  
también para zonas pantanosas.

Las desventajas son los problemas que se presentan de  
estabilidad durante el transporte y la erosión en el le -  
cho marino, cuando la plataforma está asentada, que  
produce daños en los apoyos de los flotadores.

Estas plataformas pueden ser construídas tanto para -  
exploración como para perforación.

b.3 Unidades Autoelevables. (Jack-ups).

Es este tipo de plataformas el más usado como platafor-  
ma móvil en la actuali -  
dad.



Unidad autoelevable  
( jack - up )

La plataforma, sobre la  
que se monta el equipo de  
perforación es construí-  
da en forma de balsa y  
contiene varias cubiertas,  
encíma una de otra, en -  
las que se coloca todo el  
equipo necesario para la  
perforación, así como la  
planta de fuerza, almace-  
nes, campamentos, etc,

Las patas sobre las que se apoya la unidad y cuyo número llega a ser hasta de 12, están situadas en el perímetro. Estas patas están construídas ya sea de cilindros huecos o armadura de acero y su altura depende de la profundidad de la operación prevista.

La balsa es transportada hasta el punto de operación, y una vez en él, las patas son bajadas hasta apoyarse en el fondo marino mediante cremalleras; una vez apoyadas - las patas en el fondo marino la cubierta (balsa) es levantada sobre sus patas hasta una altura suficiente sobre el nivel del mar, para que el oleaje no pueda alcanzar la super estructura, tal como se puede ver en la figura y en la fotografía.

Las plataformas autoelevables se usan en la actualidad en profundidades de 100 mts. aproximadamente.

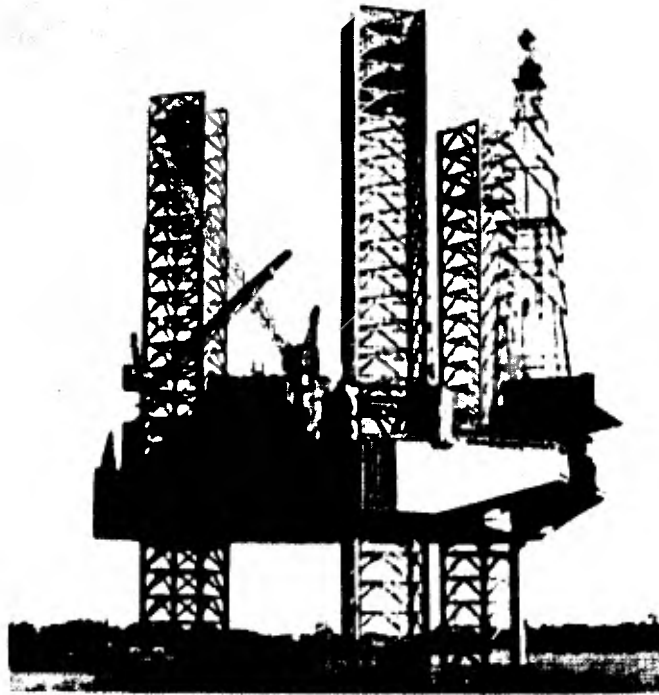
En estas plataformas el diseño de las patas cobra la mayor importancia, ya que mientras mayor sea su longitud mayor será su costo para conservar una relación de esbeltez conveniente.

Una ventaja de las unidades autoelevables es que no les

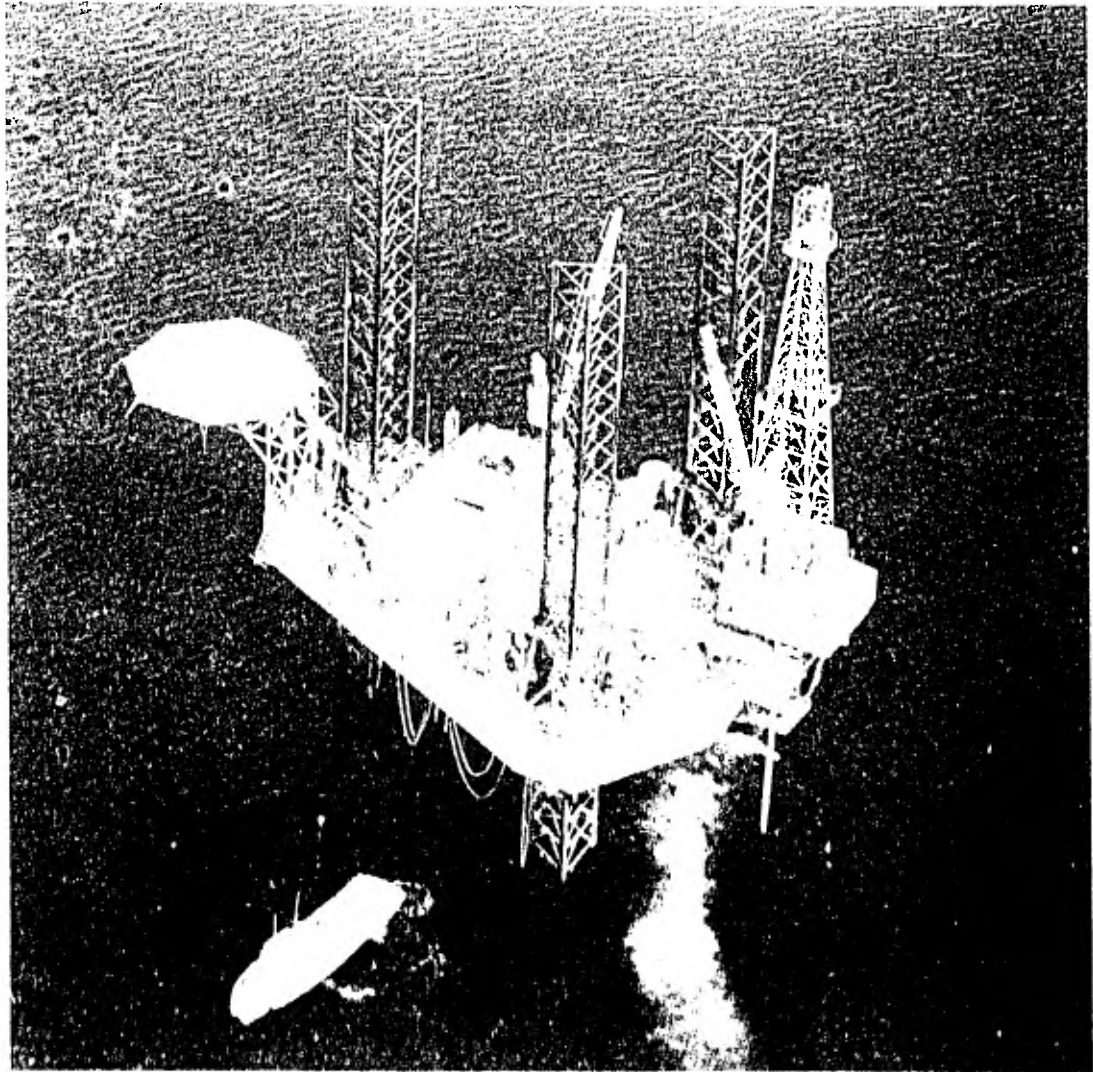
afectan mucho las condiciones climatológicas que imperan en el sitio, sobre todo el oleaje.

En este aspecto tienen más ventajas estas plataformas - que las totalmente sumergibles.

La desventaja es la vulnerabilidad durante el remolque y la instalación. En efecto la mayor parte de los daños o pérdidas totales se han originado cuando las patas se encuentran elevadas y sobresalen del mar. También corren grandes peligros cuando se presenta una erupción incontrolable de gas o petróleo por no estar ancladas en el fondo marítimo.

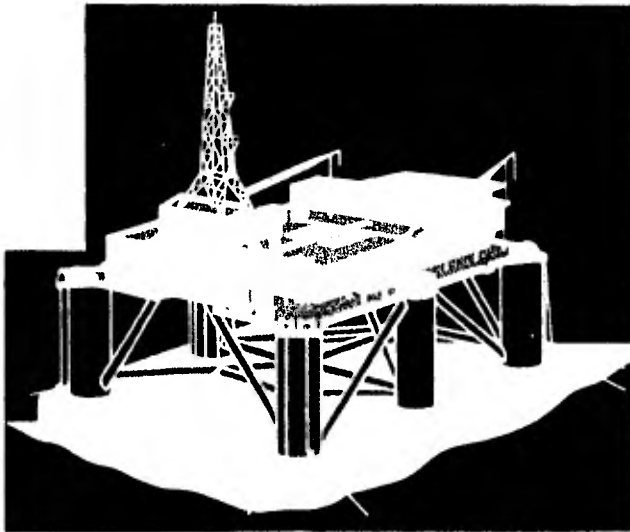


Jack-up en proceso de construcción



b.4 Unidades Semisumergibles.

Las plataformas están formadas por un conjunto de flota



Plataforma semisumergible

dores de diversas formas, los cuales soportan columnas huecas de altitudes de 30 a 45 mts. sobre las que van varias cubiertas que alojan los equipos de perforación, producción, fuerza, unidad habitacional, etc.

Se transportan hasta el sitio donde se quiera hacer la perforación, los

flotadores son estabilizados a profundidades entre 15 y 25 mts, e inundados los tanques de lastre para mantener los flotadores en una zona que esté relativamente tranquila y no sujeta a los efectos del oleaje de la superficie.

Los grandes equipos semisumergibles pueden trabajar aún en olas hasta de 10 mts. de altura.

Existe una tendencia para usar cada vez más unidades -

semisumergibles en zonas con peligro de mal tiempo, - estas plataformas pueden ser usadas para exploración y perforación, pero en forma adicional se pueden usar como gruas flotantes o para el tendido de tuberías subterráneas. Ya existen unidades semisumergibles modernas, que se encuentran equipadas con motores diesel eléctricos para ser autopropulsadas.

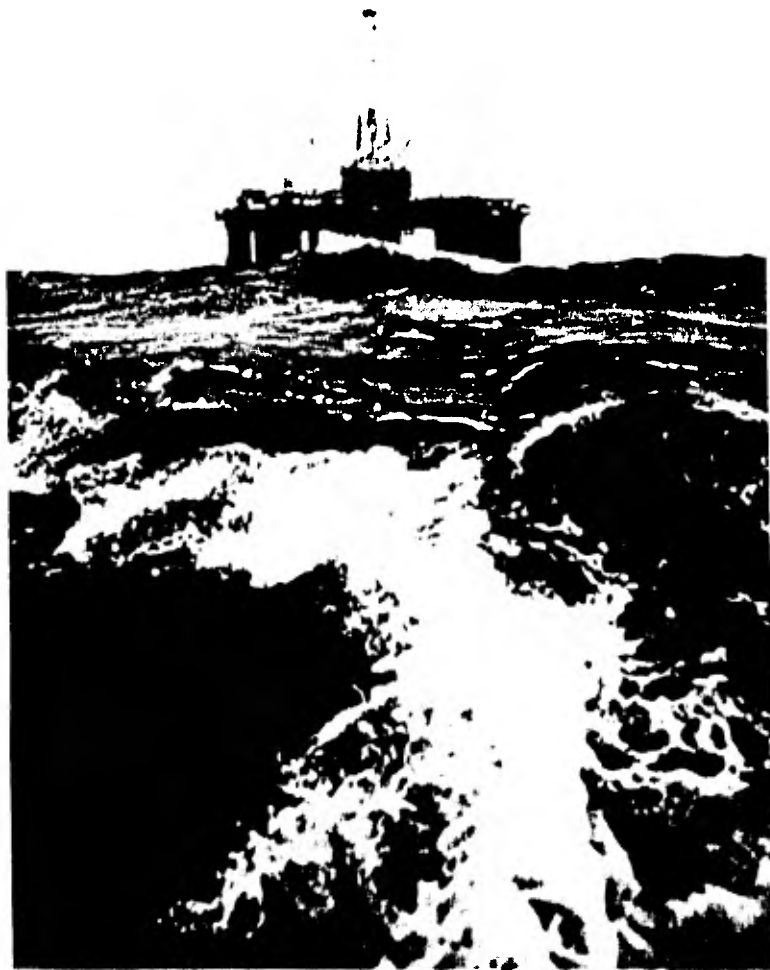
La velocidad alcanzada puede ser hasta de 15 kms. por hora.

Estas unidades pueden operar en tirantes de agua hasta de 400 mts. y aún más.

Sin embargo requieren técnicas de perforación diferentes y más complicadas porque el cabezal del pozo y el preventor de reventones deben ser instalados en el fondo del mar, ya que la tubería de ascensión no podría soportar las grandes presiones que eventualmente provienen del yacimiento.

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

Las tuberías tanto de barrenos como de succión deben estar diseñadas para resistir movimientos verticales para compensar los movimientos de las plataformas.



Unidad de perforación en operación

b.5 Buques Perforadores.

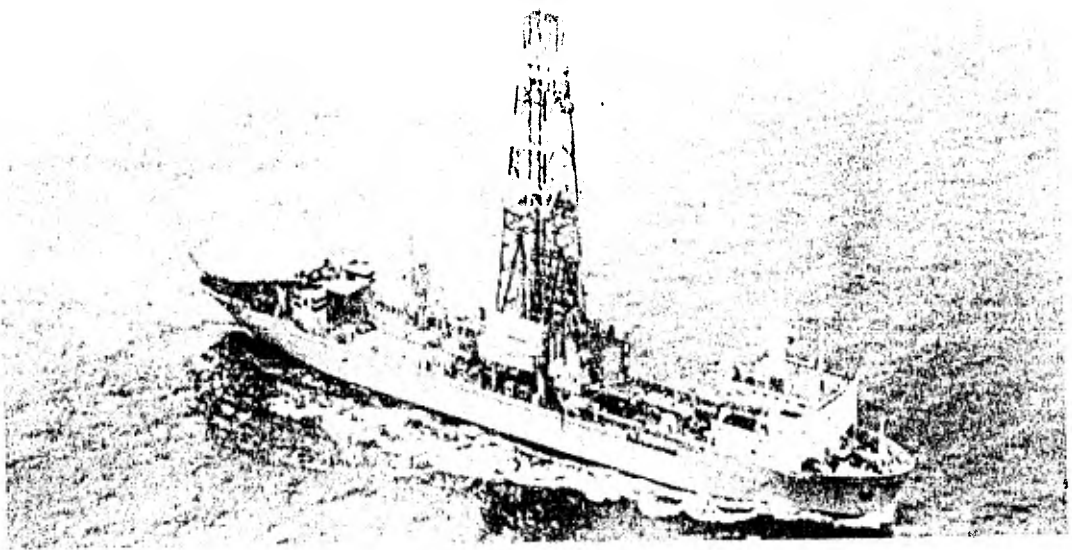
Los primeros barcos de perforación que se hicieron fueron adaptados de barcos mercantes de casco plano de la Marina de Guerra de los Estados Unidos. No obstante que su gran superficie de contacto con el agua hacía que esos buques fueran sumamente sensibles al oleaje, resultaban aprovechables por lo económico de su adquisición.

Sobre la cubierta del barco se colocan los equipos de perforación, cuya instalación ya sea de la torre de perforación, la mesa rotatoria, la abertura de perforación, etc. no presenta mayores dificultades.

Una de las desventajas de los barcos de perforación es su reacción ante el viento y el oleaje. Para corregirlo se han instalado sistemas de anclaje que permiten al buque cargarse en el ángulo más favorable con respecto al viento y al oleaje, rotando alrededor del eje de barrenación, pero no ha sido posible reducir los desplazamientos verticales del buque.

Existe un sistema de marcación dinámica que elimina el ancla pero resulta excesivamente caro.





buque operadora

Plataformas móviles existentes en el mundo:

De acuerdo con un recuento hecho recientemente, -  
las unidades móviles existentes en el mundo para perforación, sin considerar en ellas barcos que específicamente fueron construidos para la instalación de plataformas o el tendido de tubería, son las siguientes:

Unidades totalmente sumergibles	17
Unidades autoelevables	199
Unidades semisumergibles	117
B a r c o s	88

c. Tomando en cuenta el uso que se les da, las plataformas pueden ser:

c.1 De exploración.

c.2 De perforación.

c.3 De producción (procesamiento del petróleo y el gas).

c.4 De bombeo.

c.5 Plataformas para quemar gas.

c.6 Plataformas habitacionales.

c.7 De inyección.

c.8 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 y bombeo y en igual forma las unidades habitacionales.

En otros casos se agrupan las labores de perforación producción y bombeo y se separa la unidad habitacional.

Todo esto depende del acomodo que de acuerdo al proyecto y la magnitud del campo sea lo más conveniente.

Se debe aclarar que las plataformas de exploración pueden ser siempre plataformas móviles.

En igual forma, las plataformas para quemar gas son generalmente plataformas más ligeras, que únicamente sirven para soportar el mechero.

Las plataformas dedicadas a 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, generalmente son más de doce, se requiere el control a través de unos dispositivos denominados árboles de navidad, continúan las actividades de separación, purificación, etc. y eventualmente deben hacerse las inyecciones de agua en caso de que se quiera efectuar recuperaciones secundarias en un yacimiento, por tal motivo las -

plataformas fijas son usadas básicamente para explotación, perforación, producción, bombeo y habitación.

Las plataformas fijas de acero se explicaron sin mucho detalle, ya que en el capítulo siguiente se detallarán en forma más amplia.

Las plataformas fijas de concreto se describieron con mayor amplitud en este capítulo, para tener una idea de su forma, sistema constructivo y uso, ya que el objeto de este trabajo está enfocado a las plataformas de acero fijas y autosuficientes.

**8. Plataformas de acero fijas y autosuficientes.**

- a) Descripción de las plataformas.
- b) Procedimientos para su construcción, transporte e instalación.

## CAPITULO VIII

### PLATAFORMAS DE ACERO FIJAS Y AUTOSUFICIENTES

Las plataformas de acero fijas y autosuficientes son usadas como ya se explicó en perforación, producción, bombeo, habitación, etc. ; se instalan 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 .

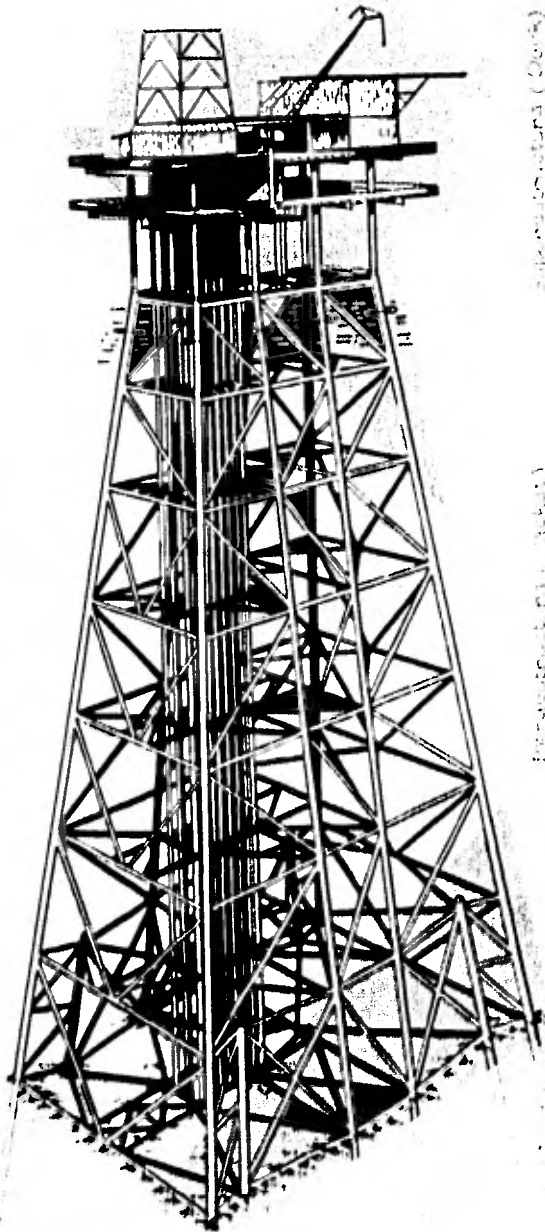
Por lo anterior, para su diseño se deben tomar en cuenta dos condiciones:

1. Contar con un área suficiente en donde colocar los equipos necesarios para la actividad y uso determinado, ya sea perforación, producción, etc. o combinación de varios usos.
2. Ser una estructura lo suficientemente rígida para resistir la acción combinada de oleaje, corrientes, viento y sismos, tomando en cuenta las condiciones críticas que se hayan registrado en la zona donde vaya a ser instalada.

Para su diseño también debe tomarse en cuenta la protección necesaria para asegurar su durabilidad, sobre todo por los daños que puede causar la corrosión.

a) Descripción.

En estas plataformas pueden distinguirse tres elementos perfectamente diferenciados:



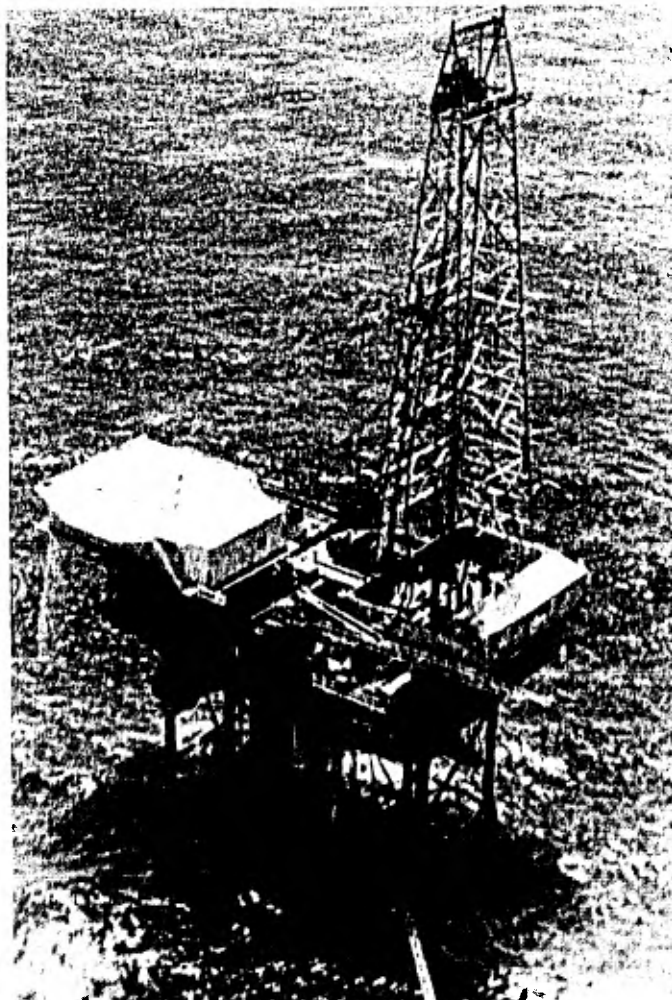
- Superestructura (Deck).
- Infraestructura (Jacket).
- Pilotes.

La superestructura (Deck) o estructura superior es formada por el mismo número de columnas que la infraestructura y a las cuales van a ser soldadas. Sobre estas columnas van dos cubiertas.

En los casos en que la plataforma sea de perforación, la cubierta superior se diseña para colocar el equipo de perforación, pudiéndose colocar también la unidad habitacional y el helipuerto,



ELEVACION



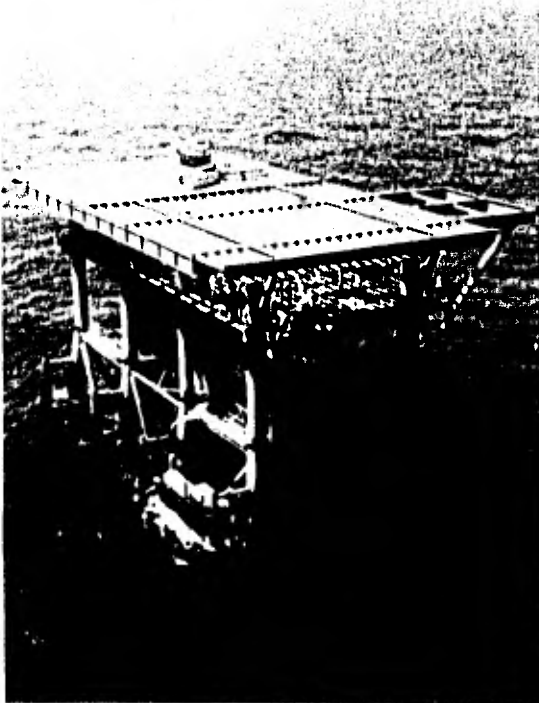
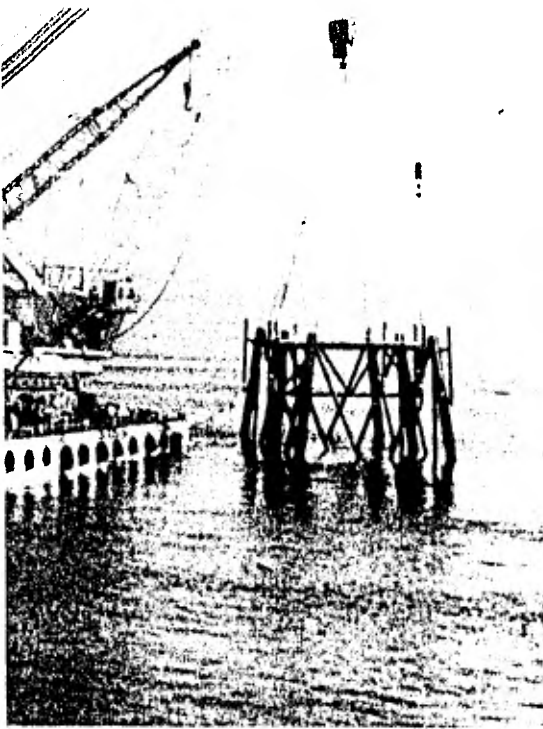
La cubierta superior está formada por vigas WF y revestida de piso de madera tratada.

En la cubierta inferior, llamada también de producción, se coloca el múltiple de colección que recibe la producción de los diferentes pozos. Esta cubierta está construida de vigas y su piso es rejilla industrial electrosoldada.

La infraestructura, llamada también estructura sumergida o (Jacket), está formada 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.

Los miembros estructurales

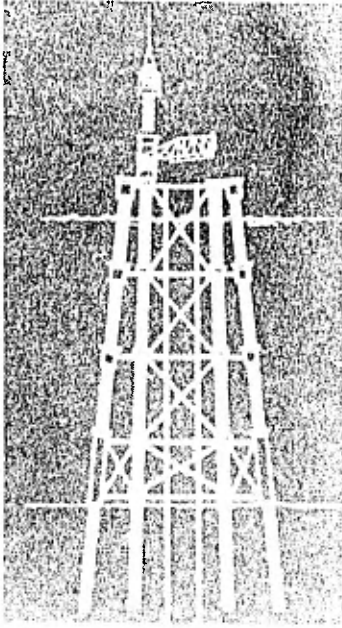




tanto del jacket como del deck, ya sean éstos columnas o contraventeos, están formados por tubos y las razones de haber seleccionado perfiles tubulares para la construcción de las plataformas son varias:

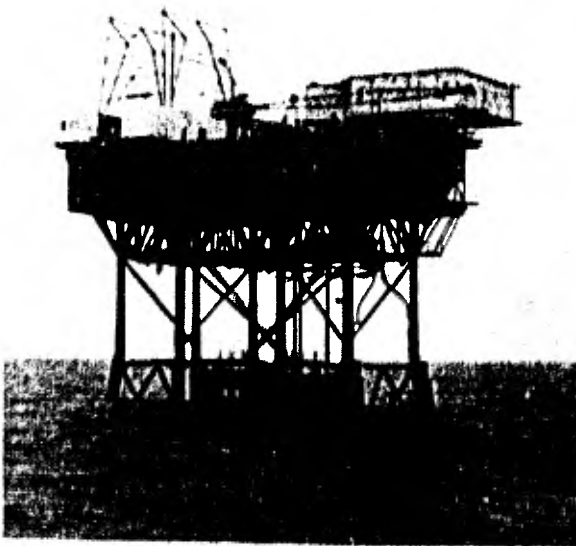
- Mejores condiciones para soportar los embates de corrientes y oleaje.
- Posibilidad de flotación, con condición necesaria, en el caso del jacket, como se verá posteriormente, durante su montaje.
- Posibilidad de pilotear el jacket, ya en posición vertical.

Los pilotes son elementos tubulares que pasan por el interior de las columnas tubulares del jacket y se ancan en el



fondo del mar, sujetando la -  
plataforma y haciéndola fija.

En el caso del Golfo de México, en las costas mexicanas, Petróleos -  
Mexicanos ha seleccionado un diseño de plataformas, en la mayoría de  
los casos de ocho patas y con posibilidad de perforar doce pozos direc-  
cionales. Para la facilidad de esta descripción todo se referirá a plata-  
formas con estas características, en la inteligencia de que para plata-  
formas diferentes las operaciones serán similares.

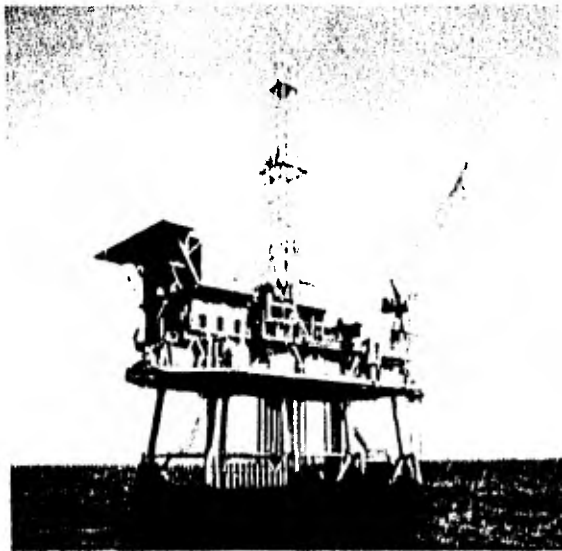


Las plataformas cuentan con  
embarcaderos y escaleras  
para subir a las cubiertas, -  
así como con un conjunto de  
defensas formadas con llan-  
tas de automóviles para evi-  
tar daños provocados por las  
embarcaciones que tienen -  
que acercarse a las platafor-  
mas y las puedan golpear,

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 del jacket.

En la zona de mareas, que siempre, por diseño, debe quedar en el jacket se protege con metal monel con el que se envuelven los elementos estructurales.

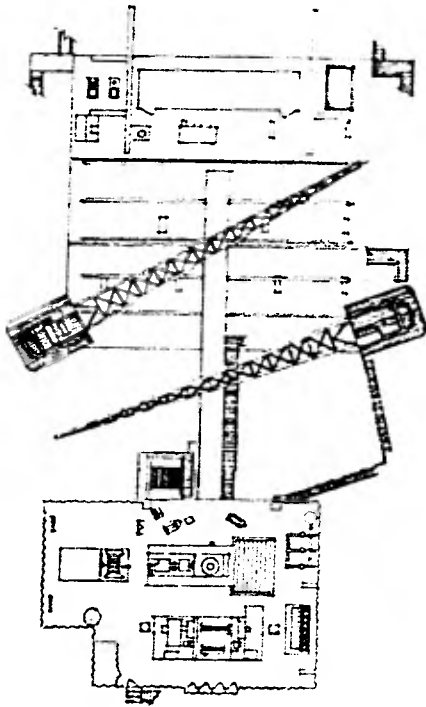
Otra forma de protegerla es con pintura 100% de sólidos, colocada sobre tela de mosquitero.



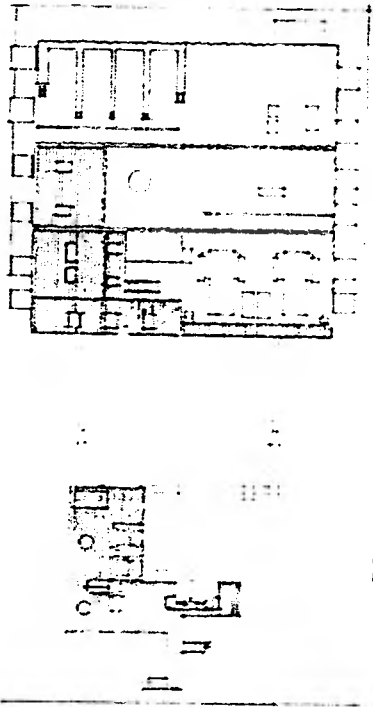
Como se ha mencionado los equipos que se requieren para la perforación son armados en paquetes rígidos con objeto de facilitar su instalación. Una plataforma de perforación puede estar equipada como sigue:

1. Paquete de perforación.
2. Paquete de máquinas.
3. Paquete de bombeo.
4. Paquete de química.
5. Unidad habitacional y helipuerto.

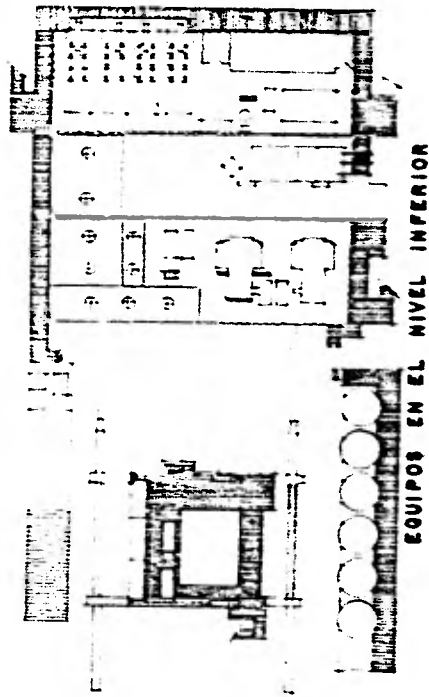
Se muestran en los croquis estos paquetes



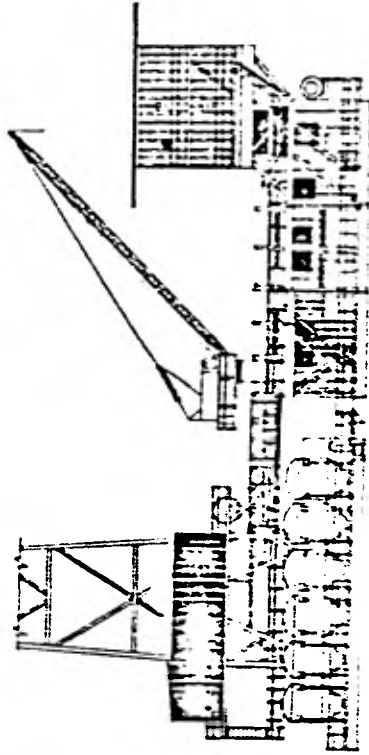
EQUIPOS EN EL NIVEL SUPERIOR



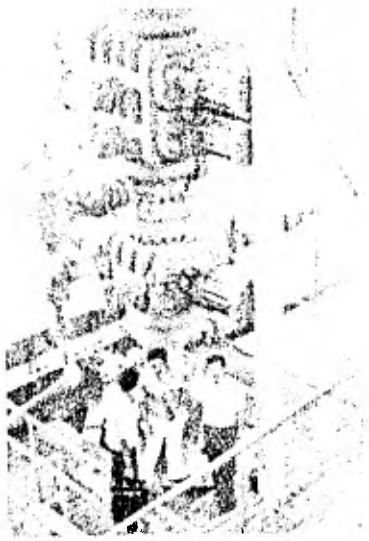
EQUIPOS EN EL NIVEL INTERMEDIO



EQUIPOS EN EL NIVEL INFERIOR



ELEVACION

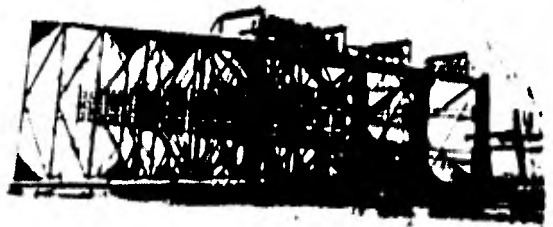
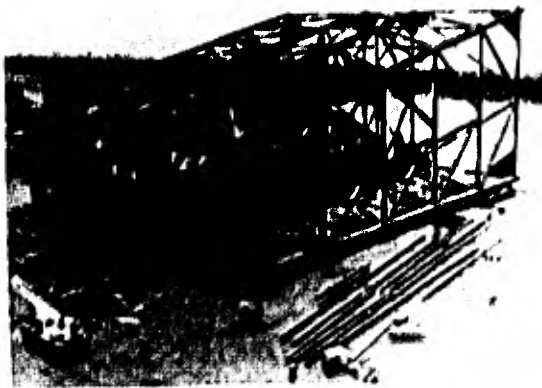


En la cubierta inferior van co  
locados el preventor de revenu  
tones y el árbol de navidad.

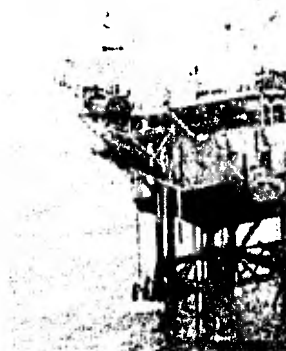
En ocasiones también la uni -  
dad de separación.

En las plataformas de perforación se preven 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.

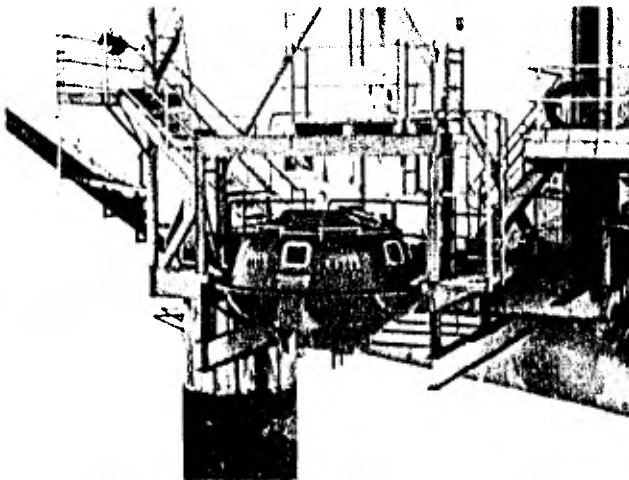
Asimismo se instalan tubos para que el petróleo baje y pueda conectarse a la tubería que conducirá el petróleo a tierra.



Observense las guías que sujetarán  
a los conductores



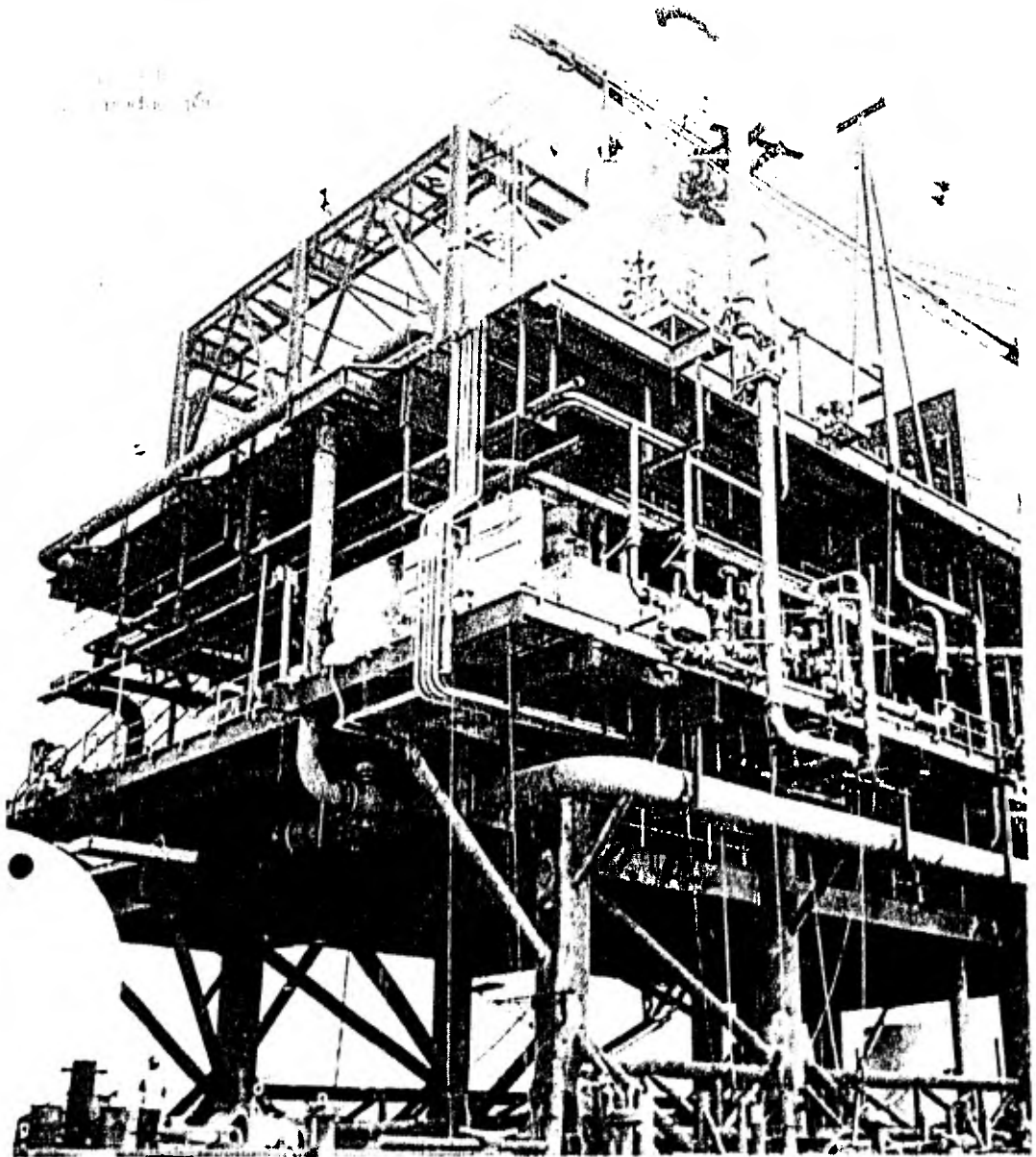
Para el manejo de equipo y materiales las plataformas se equipan con dos grúas de cable, instaladas sobre pedestales con una capacidad aproximada de 50 tons, c/u.



Adicionalmente, la plataforma cuenta con un helipuerto el cual puede ir sobre la unidad habitacional. También están equipadas con radio para establecer comunicación; y la seguridad se cubre con un juego de luces de navegación y sirenas, además de una cápsula de emergencia - para el caso de accidentes, la que es hermética, puede ser lanzada y tiene autopropulsión.



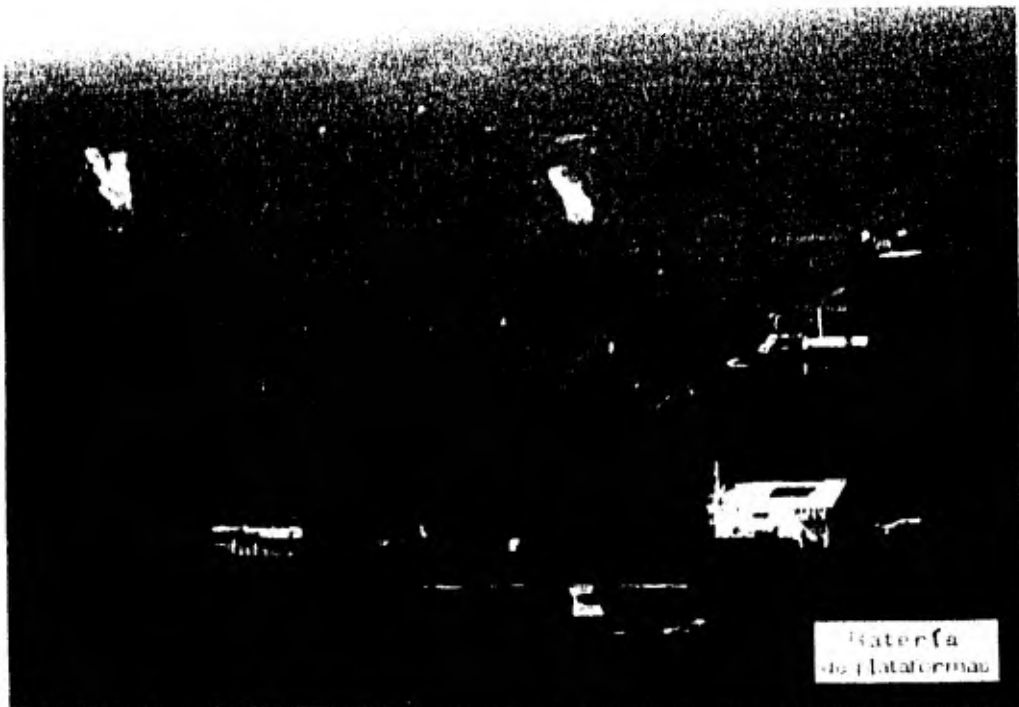
Las plataformas de producción son equipadas en formas muy diferentes según el propósito que se persiga; en ocasiones el deck es vestido o equipado en la costa y a veces en el sitio donde la plataforma que dará instalada. Igual caso sucede para plataformas de bombeo.



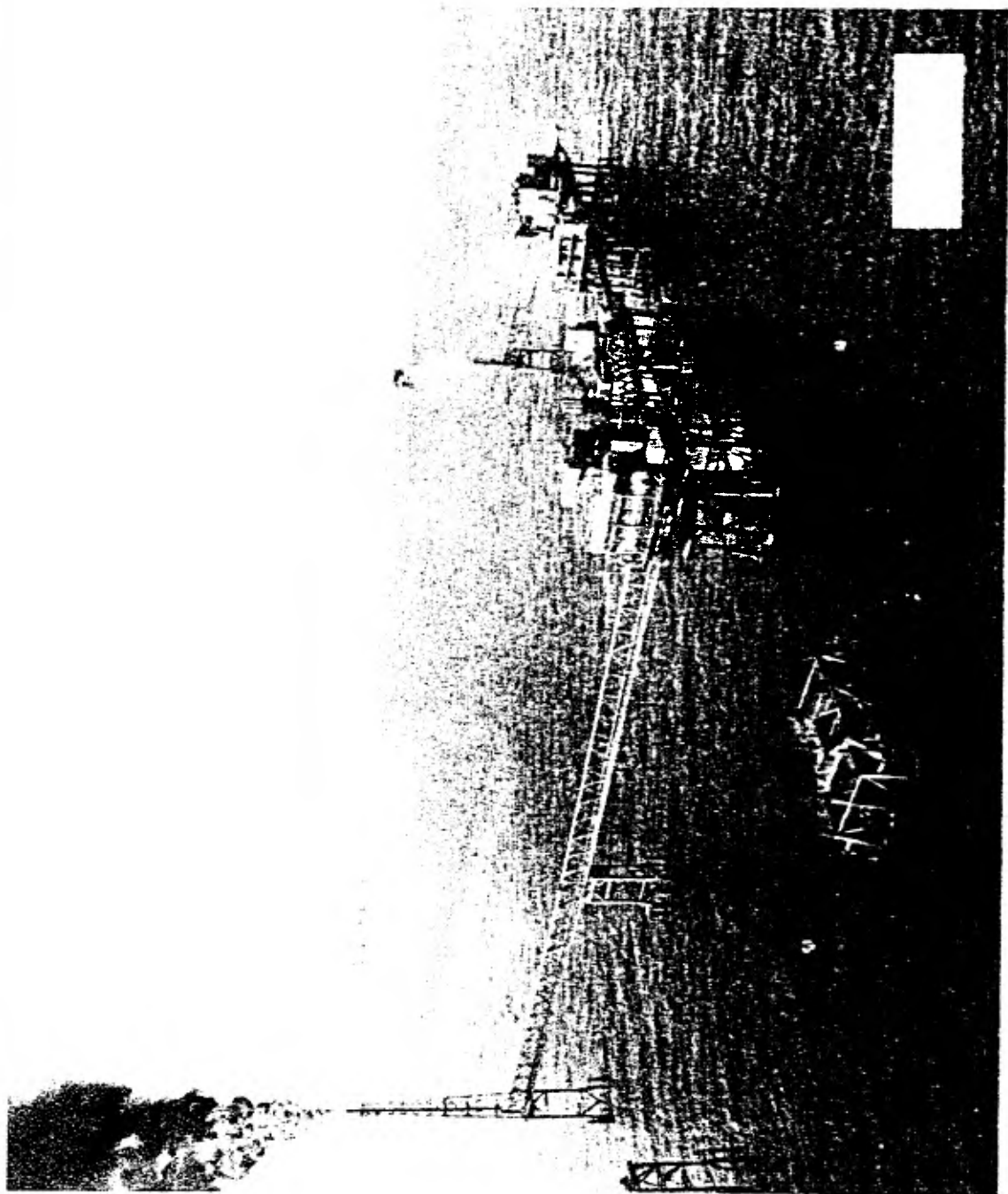
Solo cuando un grupo de plataformas están cerca, una de otra, se separan las instalaciones para habitación a una plataforma aparte y en este caso la plataforma habitacional lleva varias unidades.

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

Cuando se coloca una batería, de plataformas, ya sea una o varias para perforación, producción, bombeo más el trípode para el quemador y la unidad habitacional, en cualquiera de las combinaciones posibles, estas plataformas se unen con puentes como se ve en la fotografías de ésta y la página siguiente.

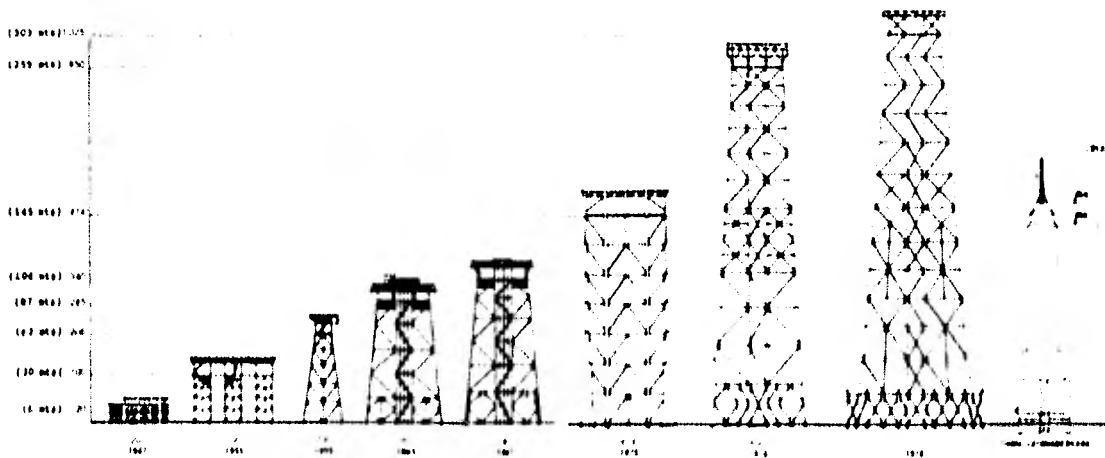






Las primeras plataformas fijas que se instalaron en el mundo en la década de los cuarenta, fueron para profundidades no mayores de 20 pies ( 6 mts.), pero ya para 1978 se construyeron plataformas de 1025 pies (312 mts.)

Se muestra una gráfica en la que se pueden apreciar las profundidades que se alcanzaron a lo largo de los años a partir de 1947 y hasta 1978.



b. Construcción.

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

De aquí en adelante, para mayor ilustración, después de la descripción de cada una de las operaciones, equipos o instalaciones necesarias para la construcción de las plataformas, se ejemplificará con un caso concreto y se referirá a la construcción de la plataforma KU-487 de perforación, la cual fué construida en un patio existente en la margen derecha del río Pánuco, frente a la Ciudad de Tampico y fué instalada en el Golfo de Campeche, para servicio de Petróleos Mexicanos.

Para la construcción de plataformas es necesario disponer de un patio lo suficientemente amplio para la ejecución de todas las labores necesarias en la construcción; este patio debe estar en la costa, en la playa, a la orilla de un río, una laguna costera, pero siempre con acceso al mar.

Al seleccionar el sitio debe cuidarse que esté al abrigo del mal tiempo y debe contar con un muelle de calado suficiente para que se puedan acercar las embarcaciones que transportarán las plataformas al sitio de montaje.

El patio debe tener acceso terrestre para el aprovisionamiento de materiales y equipo.

El patio debe prepararse y equiparse adecuadamente para poder operar en él; el piso debe nivelarse y drenarse, para soportar el tránsito de máquinas 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 el jacket como del deck.

Las cimentaciones para la construcción del jacket, el que se construye acostado, deberá permitir el deslizamiento posterior hacia el chalan; igual cosa debe suceder con la cimentación en la que se construye el deck. Este se construye parado.

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

Las traveses para la construcción del jacket son dos y la distancia entre ellas es la que existe entre los dos marcos centrales para que se pueda apoyar.

Las traveses que soportan al jacket llevan una placa de acero la que se engrasará en el momento de la carga.

Las traveses sobre las que se construye el deck están a una distancia igual al ancho del marco y debe cuidarse también que su nivel facilite la carga del chalán.

El patio en el que se construyó la plataforma de perforación KU - 487 tiene una superficie de 124,000 m<sup>2</sup> y se encuentra en la margen derecha del río Pánuco a 15,300 kms. de su desembocadura.

Se escogió la margen derecha por tener ésta mayor altura que la margen izquierda.

El patio está al abrigo del mal tiempo en el Golfo de México y las mareas no dejan sentir sus efectos hasta él, en forma importante. La diferencia de niveles entre la pleamar y la bajamar es de 0.60 mts.

El acceso marino puede hacerse en todo tiempo y gracias al canal de navegación dragado al centro del río Pánuco, pueden entrar embarcaciones de calado grande.

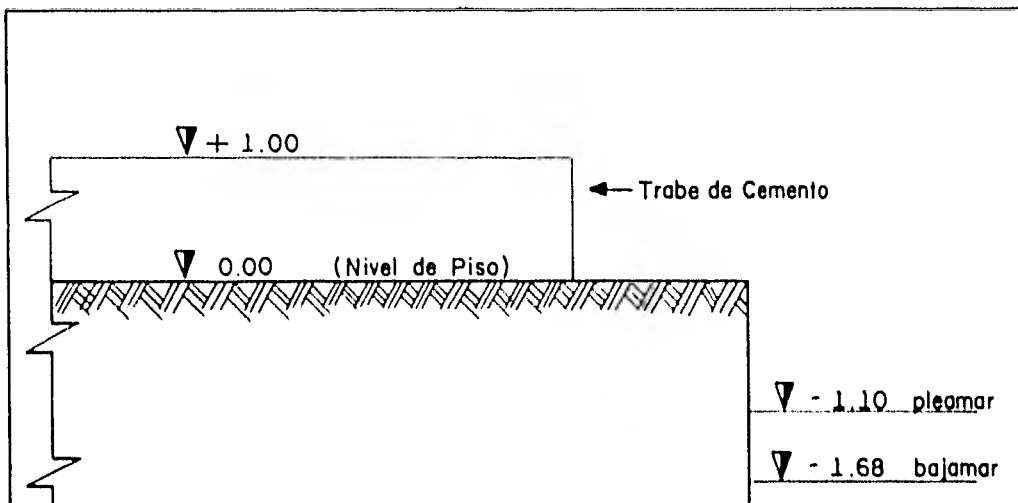
El acceso terrestre se logra por la carretera Poza Rica - Tampico y solo para cargas que llegan por Tampico debe usarse transbordador.

El patio fue mejorado nivelándolo y dándole pendientes necesarias hacia un sistema de drenes. Una base de grava cementada, compactada de 0,50 mts. de espesor completa el mejoramiento del patio.

No siendo buenas las condiciones del terreno, hubo necesidad de colar trabes sobre zapatas corridas para las cimentaciones donde se construyeron el jacket y el deck, habiendo piloteado previamente.

El nivel de las trabes de cimentación se fija en función del nivel de agua y tomando en cuenta las mareas, para que al acercarse el chalán de transporte, éste pueda nivelarse contra las trabes y facilitar el deslizamiento y carga de la estructura.

En el caso del patio que nos ocupa y considerando que las mareas son de 0,60 mts., el arreglo fué el siguiente:



Fue necesaria la colocación de un tablaestacado para proteger el terreno de la erosión del río y para asegurarse la posibilidad de acercar los chalanes de carga. La tabla estaca que se utilizó fué de acero, y se enterró 12 mts. en el lecho del río.

Hubo necesidad, también, de dragar el fondo del río para asegurarse el calado suficiente junto al muelle.

La energía eléctrica, tanto para fuerza como para iluminación es proporcionada por la C.F.E. y solo las instalaciones dentro del patio, a partir de la subestación fueron hechas especiales.

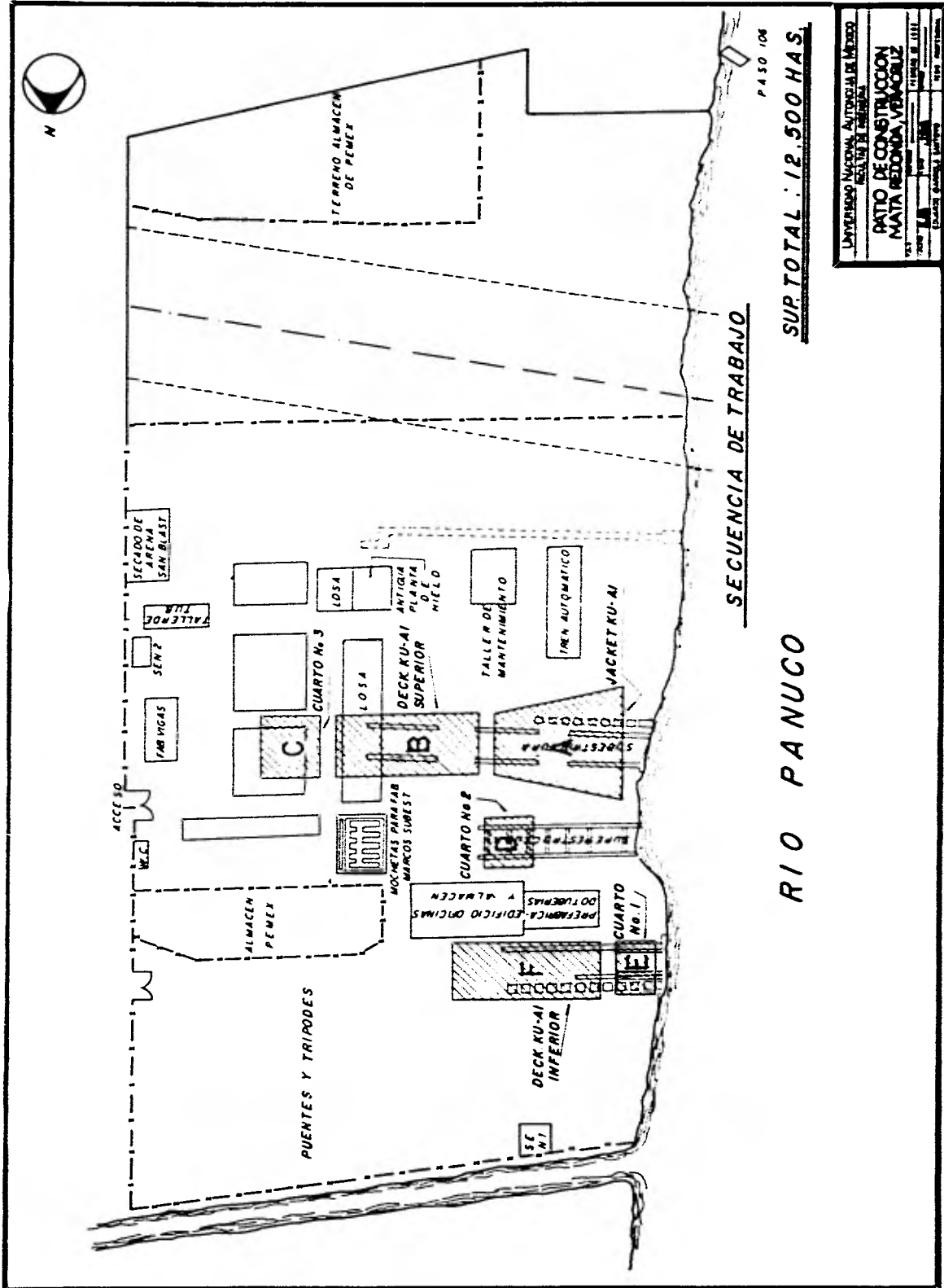
Se cuenta con generadores sólo para el caso de emergencia.

Se instaló una red de aire comprimido incluyendo un juego de dos compresores eléctricos y dos diesel de 325 pies<sup>3</sup> cada uno. Con esto, se

puede usar todo tipo de herramientas neumáticas.

En la página siguiente se incluye plano del patio de construcción de -  
plataformas ubicado en Mata Redonda, Ver. frente a la ciudad de -  
Tampico.





SUP. TOTAL : 12.500 HAS.

Comisión Nacional Autoridad de México	
SECRETARÍA DE ENERGÍA	
PATO DE CONSTRUCCION	
MATA REDONDA VERACRUZ	
PROY. 100	OPERA. 1000
ESTAD. 1000	OPERA. 1000

Para la construcción de plataformas, en forma general debe contarse con los siguientes equipos:

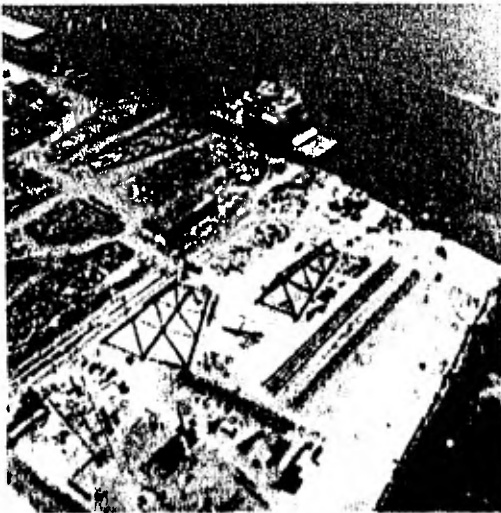
Equipos de soldar incluyendo posicionadores, soldadoras manuales, cabezales automáticos y semiautomáticos, equipo de corte, compresores y herramientas neumáticas; generadores de corriente; equipo de maniobra que incluye desde malacates y grúas pequeñas hasta las grandes grúas que servirán para el izado de los marcos; y por último equipo de transporte.

En el caso concreto que se está ejemplificando, la lista de equipo fue la siguiente:

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
Grúas de 150 tons.	4
Grúas de 45 tons.	2
grúas de 18 tons.	3
Generador de 250 KVA.	2
Generador de 300 Kw.	2
Compresor eléctrico de 250 PCM.	2
Compresor c/motor diesel de 325 PCM.	2
Transformador de 500 KVA.	2
Compactador de placa de 4,500 vibraciones por minuto.	1
Compresor de Taller de 50 PCM.	1
Revolvedora p/concreto de 2 sacos.	2
Vibrador de concreto de 12,000 vibraciones por minuto.	3
Malacate eléctrico de 50 H.P.	1
Malacate de 1 ton, con motor de gasolina.	1
Soldadoras eléctricas de 500 amp.	17
Soldadoras eléctricas de 450 amp.	24
Soldadoras eléctricas de 400 amp.	95
Soldadoras automáticas de 900 amp.	1

Planta de soldar tipo generador de 800 amp.	6
Cabezal alimentador para planta de soldar.	14
Soldadora semi-automática de 400 amp.	14
Posicionador de rodillo.	43
Lanchas de madera.	2
Bomba autocebante de 6" Ø	1
Camioneta estacas	3
Camión Winche de 5 tons.	2
Automóvil V.W.	2
Camión de redilas de 5 tons.	1

En esta página se muestra una fotografía aérea del patio de construcción de plataformas, en la margen del Río Pánuco.





Las especificaciones generales de la plataforma KU-487 son las siguientes:

Tirante            265.7'                    81.00 mts.

**P e s o s :**

Subestructura                    1,597 tons.

Superestructura                    595 tons.

P i l o t e s                    2,005 tons.

**PESO MARCOS (Promedio)**

Jacket            -    400 Tons.

Deck            -    120 Tons.

**COLUMNAS**

JACKET            En nudos:    52 1/2" X 1.25"

Tramo recto    51 1/4" X 0.625"

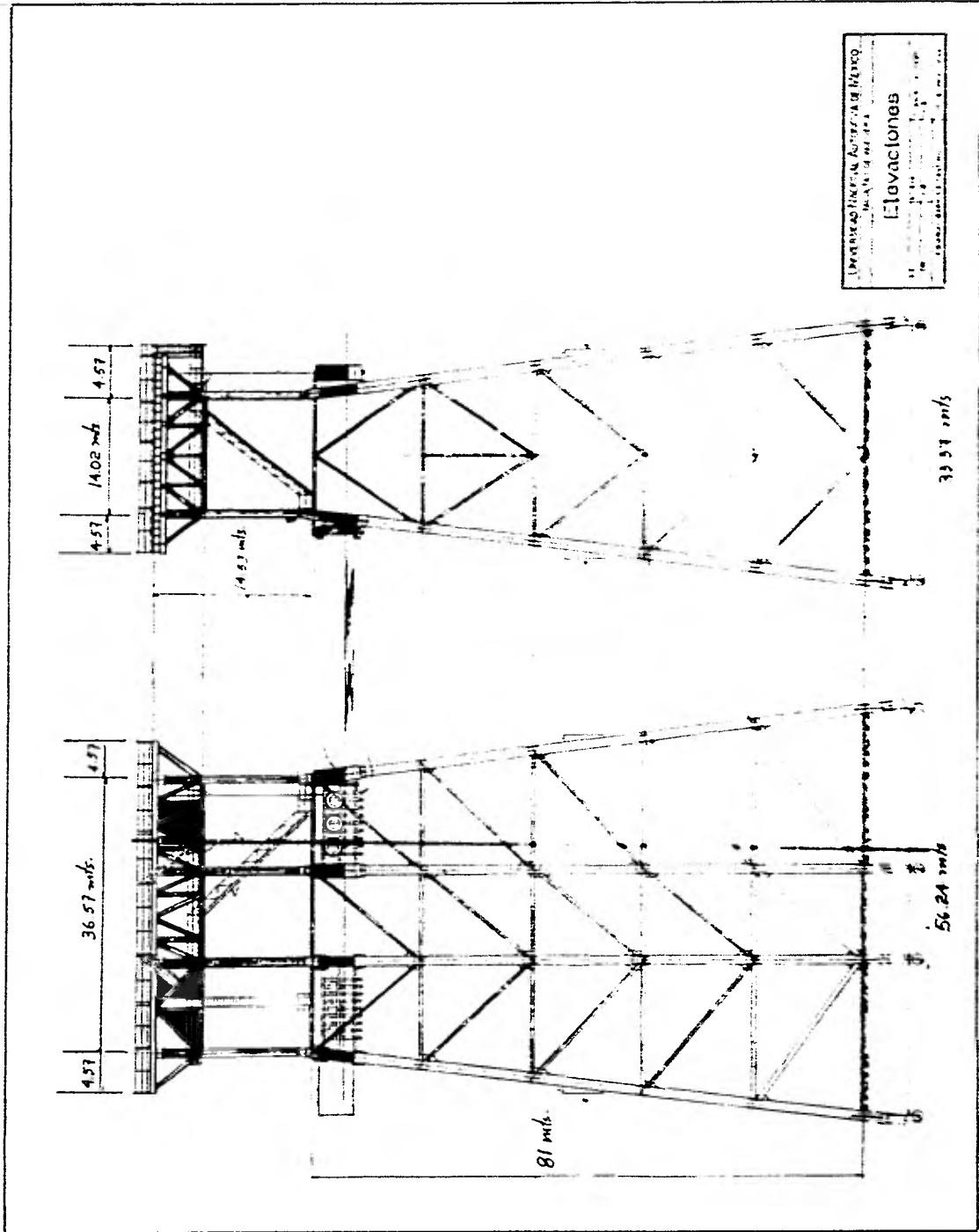
**D E C K**

En nudos    48 "    X 1.5 "

Tramo recto    48 "    X 1.25"

**PILOTES**

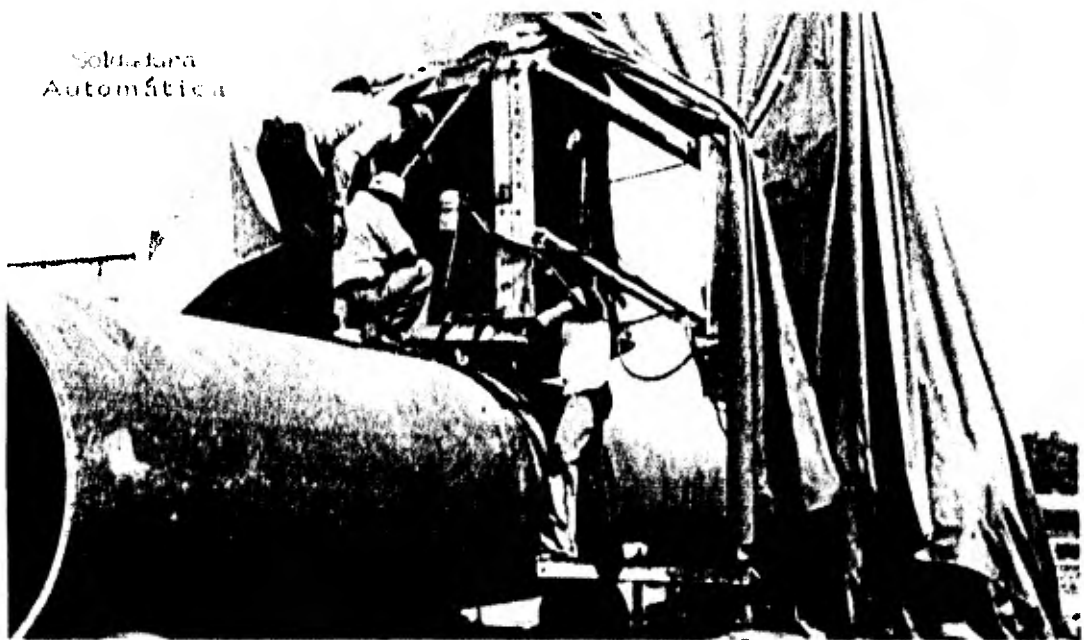
48" X 1 1/4" a 2 1/4" espesor



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

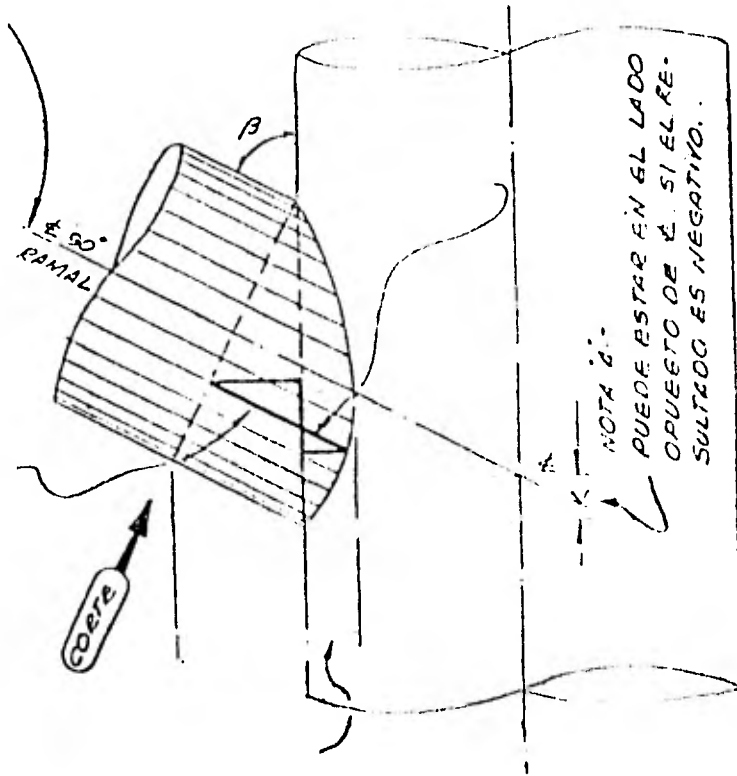
El acero con que se fabricó la tubería para la plataforma KU - 487 es de alta resistencia, norma A-36 AISC.

Para la construcción del jacket se empieza por unir 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.

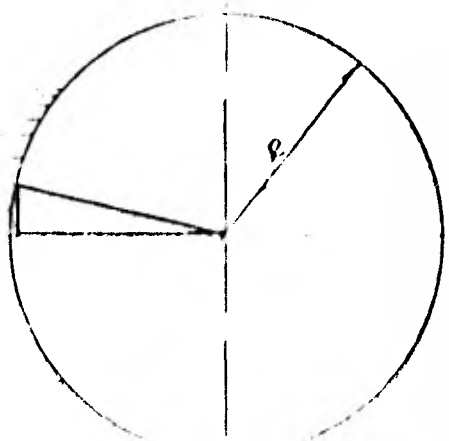
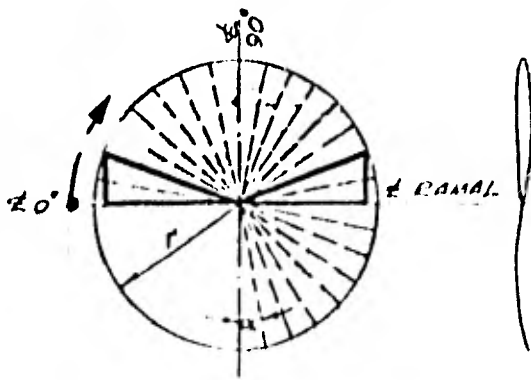


Debe cuidarse la alineación, pues de existir algún desalineamiento el pilote no entraría.

Las tuberías que forman los contraventeos horizontales y diagonales se preparan y cortan a medida, haciendo cortes especiales de tal forma que la junta entre el contraventeo y la columna ensamble como se ve en la figura.

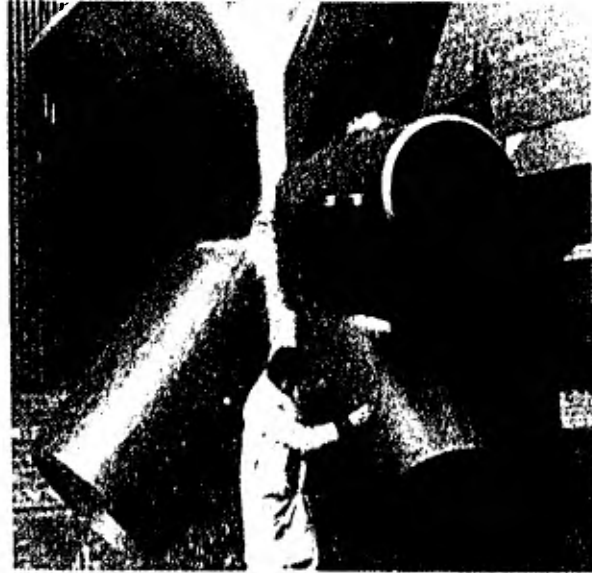


Para lograr una perfecta intersección, el corte se hace a través de plantillas a escala natural, las que previamente han sido calculadas y dibujadas mediante procedimientos analíticos y gráficos, los que se pueden programar por computadora.

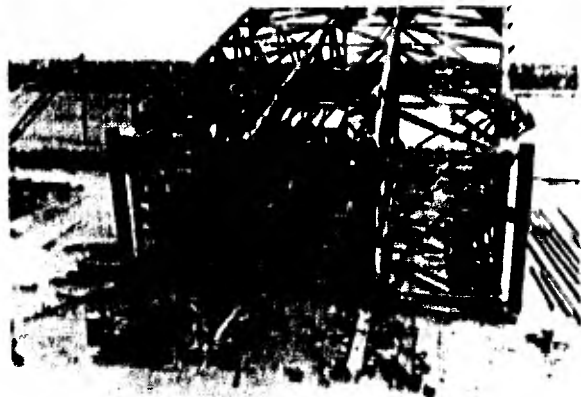


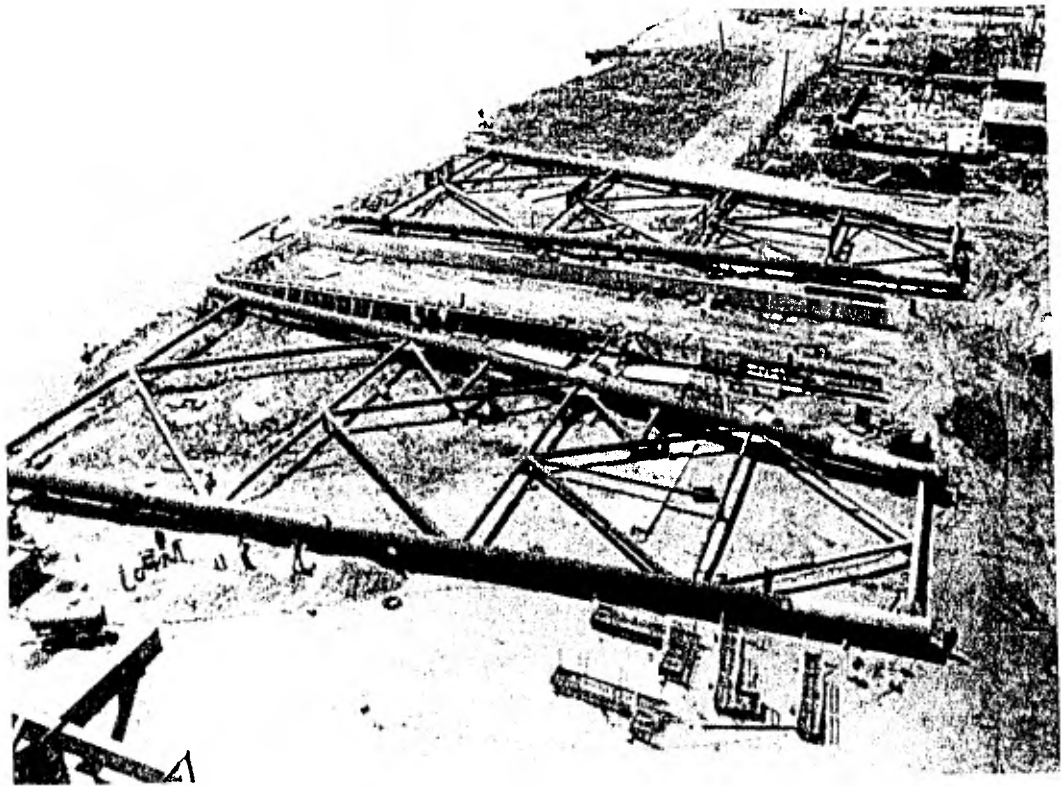


En la actualidad existen piezas fundidas que facilitan este tipo de juntas. Su uso no está muy difundido y solamente en algunos lugares de los Estados Unidos han sido usadas, en la plataforma KU-487 se usaron juntas soldadas.



Con las tuberías así preparadas se arman y soldan los marcos a los lados de las traveses, colocando entre ellos todos los accesorios que deben llevar como son defensas, guías de los conductores, etc., ya que ésto facilita el trabajo, pues es preferible poner los accesorios en tierra que con el marco ya parado.





Arcoos del paquete armados a los lados de las traves

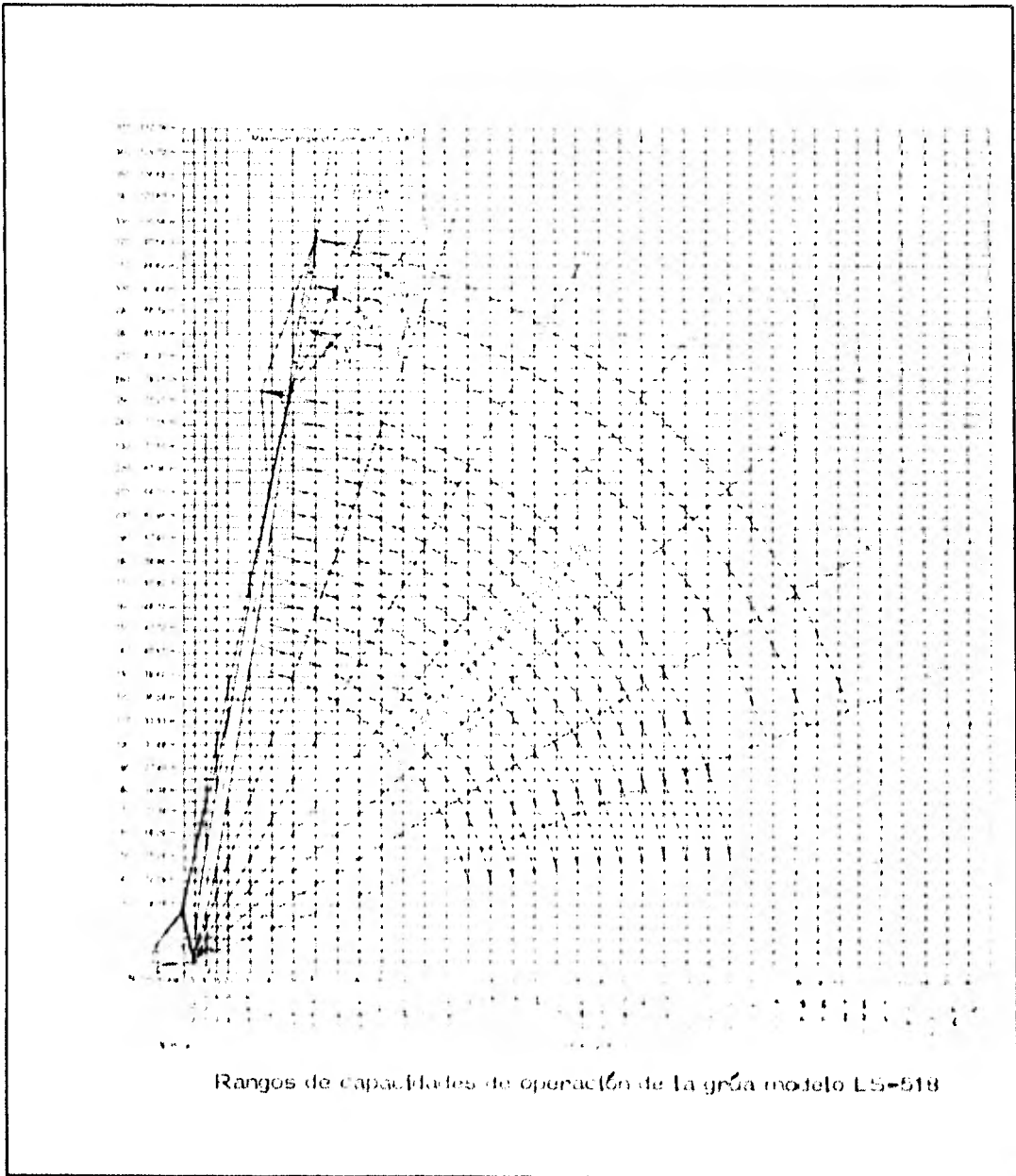
Una vez montado el primer arco se monta el primer marco central sobre el trazo de concreto. Esta operación es delicada y se requiere de mucha precisión para que el arco quede a los 190 cms. La maniobra de montaje es delicada y la zona de trabajo es sin altaviento.

El arco se monta sobre el primer arco y se monta el primer arco de apoyo sobre el primer arco. El primer arco de apoyo se monta sobre el primer arco y se monta el primer arco de apoyo sobre el primer arco.

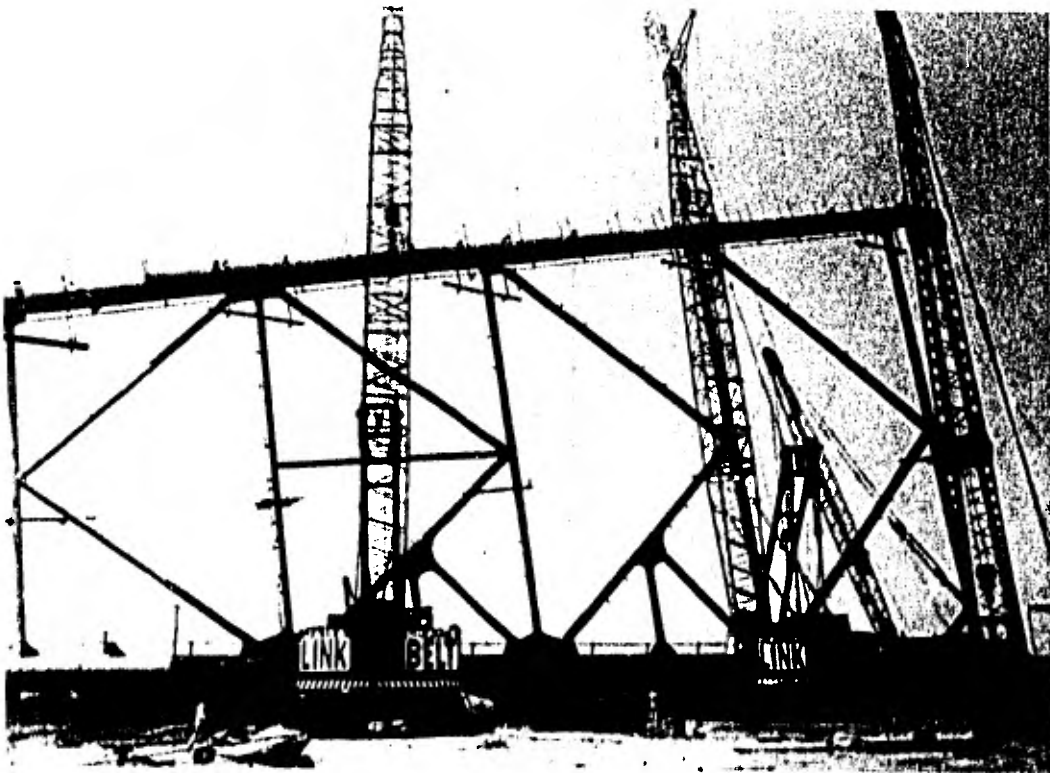
usar cinco grúas marca Link Belt, modelo LS-518 de 140 tons. de capacidad. En esta forma cada grúa tomó 100 tons. máximo, que se ajusta a las especificaciones del fabricante, en función de la inclinación.



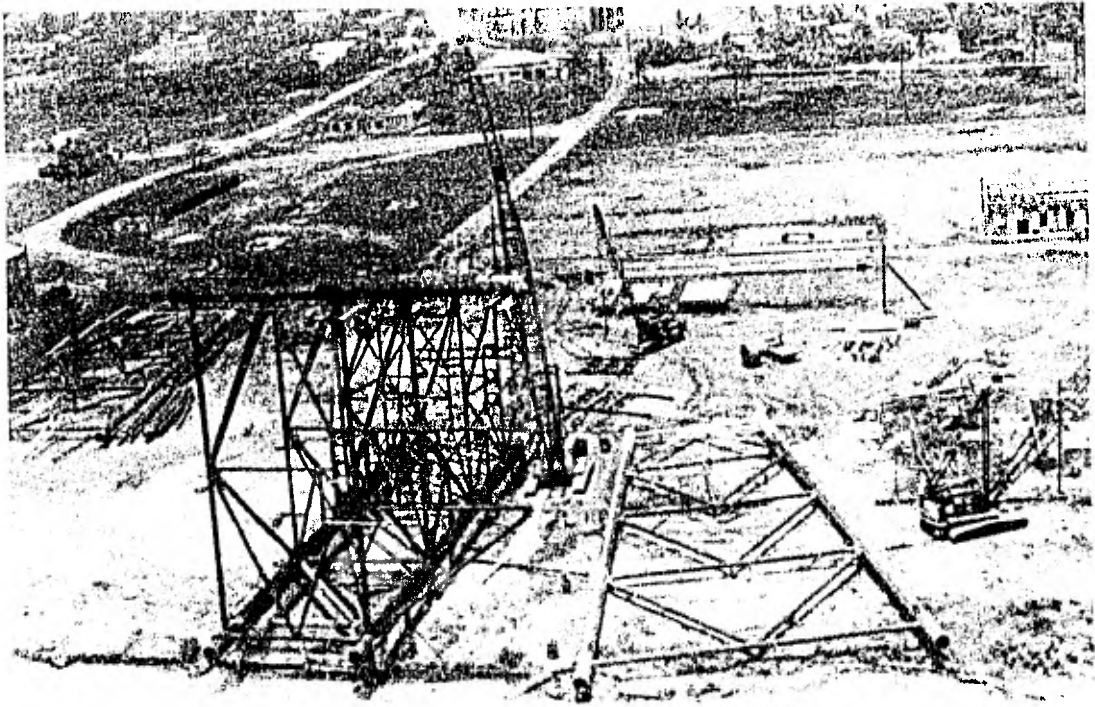
Izado del primer marco del jacket



Las grúas mantienen en posición vertical al marco hasta que este queda fijado por medio del contraventeo con la columna del segundo marco, la que se ha colocado en la otra trabe. Con ésto se logra que la estructura se autosoporte y las grúas se pueden 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 las grúas; se soldan los elementos entre los dos primeros marcos y no pueden retirarse las grúas.



Con ésto queda formada la parte central de la infraestructura. En maniobras posteriores, se levantan los otros dos marcos laterales y se unen con contravientos a los marcos laterales.

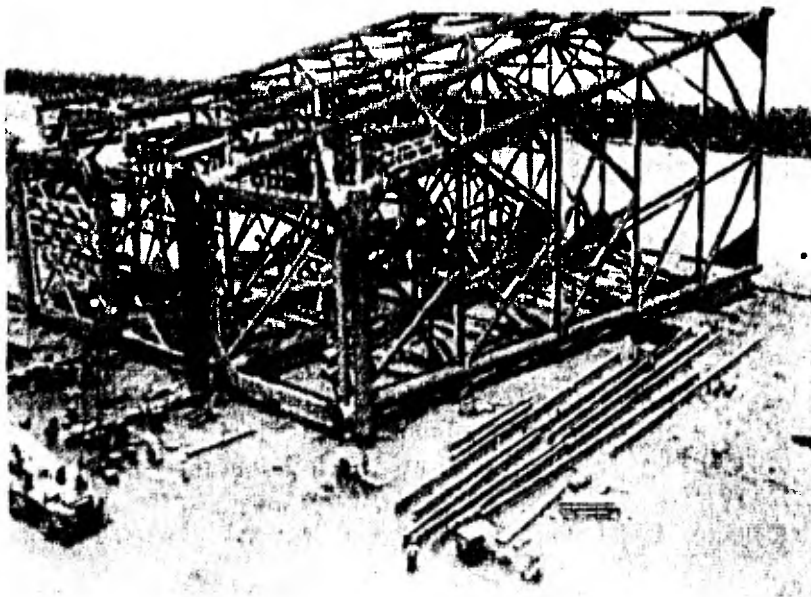


Las columnas de la infraestructura llevan un conjunto de válvulas que forman el sistema de inundación que será usado durante la instalación, tal como se explicará más adelante.

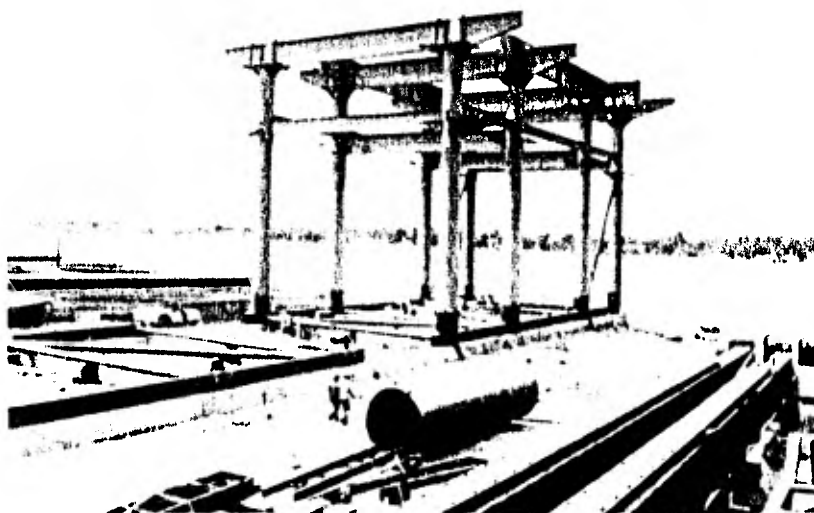
En la superior con una tapa de acero de 3/4" de espesor la que podrá removerse posteriormente y en la inferior con una tapa de hule de 3/4" de espesor y la cual podrá ser rota por los pilotes en el momento del hincado.

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

Con ésto el jacket con sus 1 000 tons. de peso queda terminado y está listo para el embarque. El jacket va sin pintura, salvo el producto que lleva en la zona de mareas.



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.

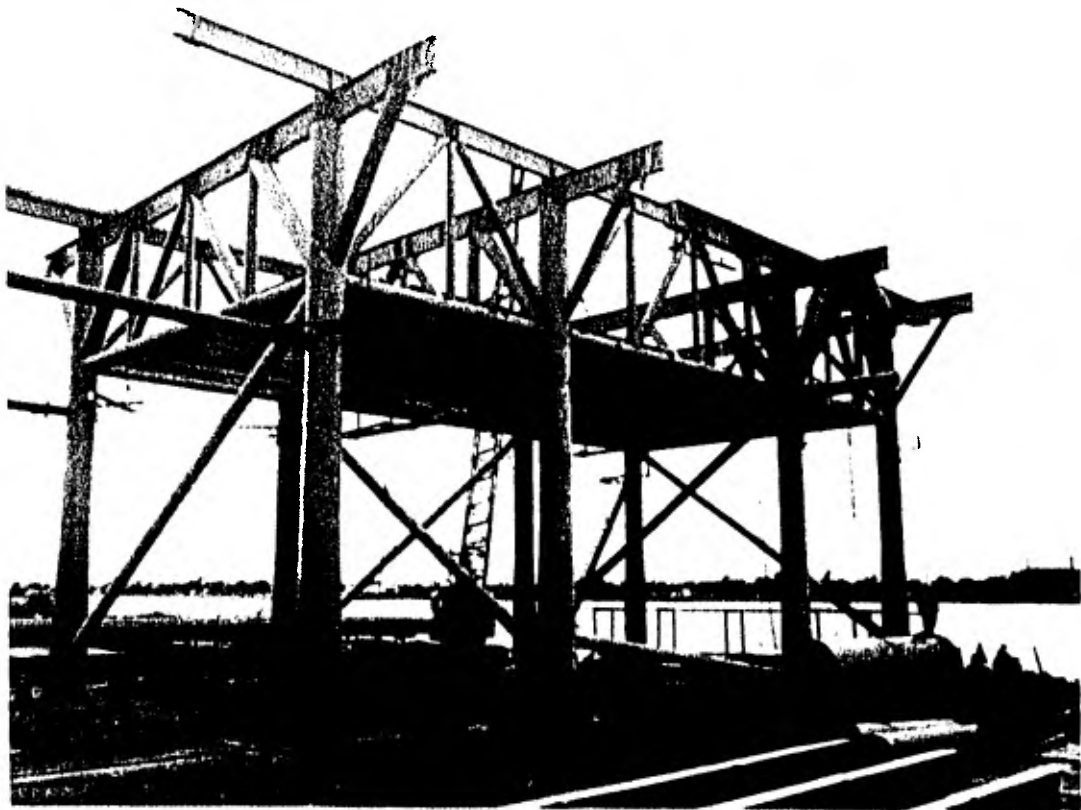


Una vez armados los marcos en el piso se van colocando en posición vertical uno por uno y se unen con las armaduras que perpendicularmente a los marcos van en la parte superior, uniéndose a las columnas.

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 vigaeta W.F.

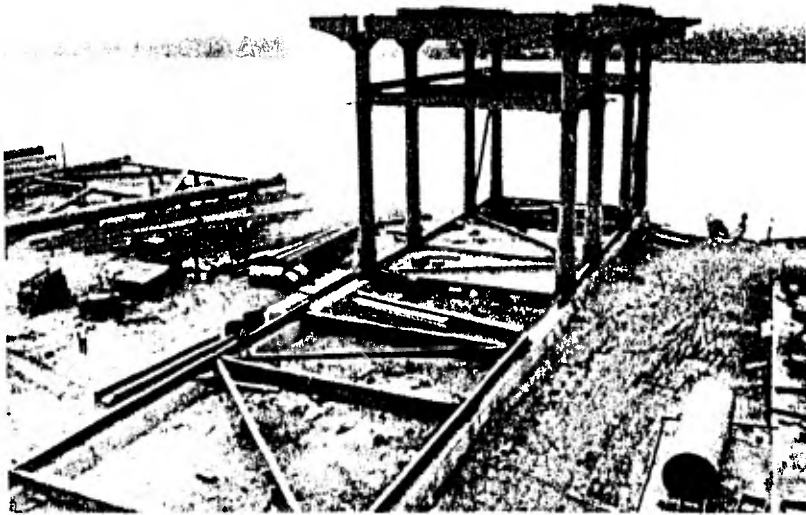


Para el parado de cada uno de los marcos se usaron solo dos de las grúas, las que trabajaron sobradas, pues el peso de los marcos es de 120 tons.



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

La estructura superior se monta sobre una estructura provisional llamada "Skid frame", que le dará rigidez durante la construcción y servirá para efectuar el deslizamiento hacia el chalán.



(Foto del Skid Frame que se usó en el armado del deck de la plataforma KU-487).

Las cubiertas inferiores y superiores han sido armadas previamente en secciones en el piso y son trasladadas, en una sola pieza,

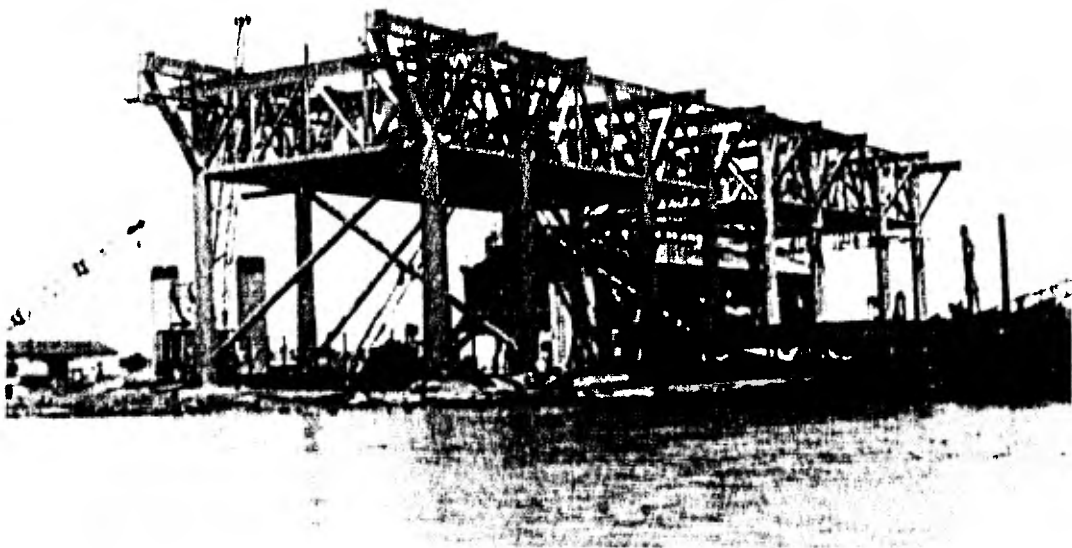


Sobre la cubierta inferior se coloca el piso de rejilla industrial electrosoldada y la cubierta superior se cubre con madera de pino tratada.

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 limpia la estructura superior a chorro de arena, se protege con dos manos de pintura epóxica color amarillo.



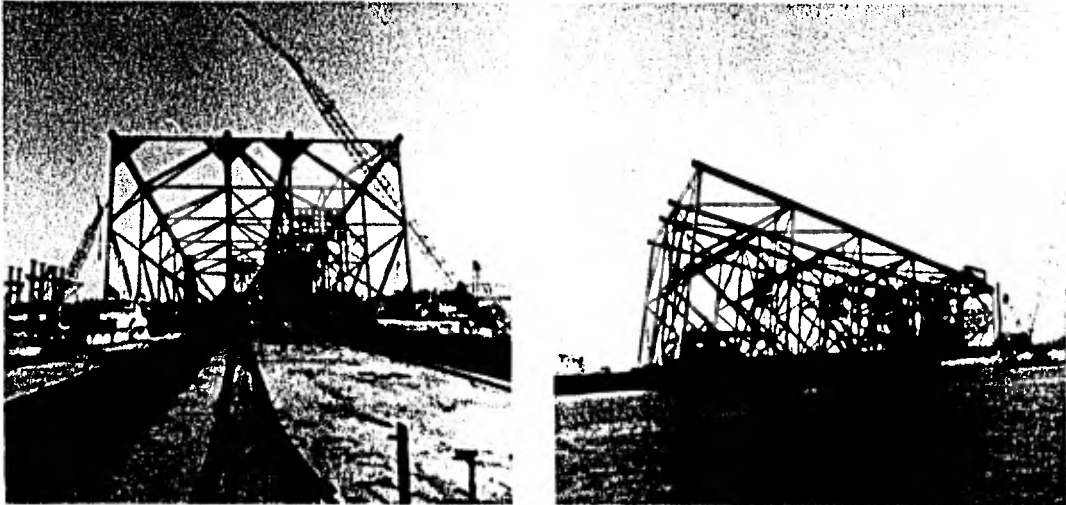
Durante el tiempo de construcción de las estructuras se avanzó también con el habilitado de los pilotes hasta dejar tramos de 70 a 90 mts. de longitud.

Una vez terminada la construcción de la superestructura o deck, la infraestructura o jacket y unidos los pilotes como se menciona en párra<sup>fos</sup> anteriores, se cargan en chalanes para posteriormente remolcarse al lugar de instalación.

El chalán que lleva la estructura sumergida tiene un sistema de compartimentos interiores que pueden inundarse mediante un juego de bombas, con el que está equipado el chalán, para dos objetos, el primero es lastrarse, en posición horizontal, y poder nivelar la cubierta del chalán con el nivel de las trabes sobre las que está construído el jacket. El segundo motivo es para que en el momento del lanzamiento se pueda inundar en forma diferencial las diferentes celdas y se pueda colocar en posición inclinada el chalán.

La infraestructura o jacket se coloca sobre el chalán utilizando un malacate, con el que está equipado; 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 superestructura. Este chalán no tiene propulsión propia y es movido mediante remolcadores.

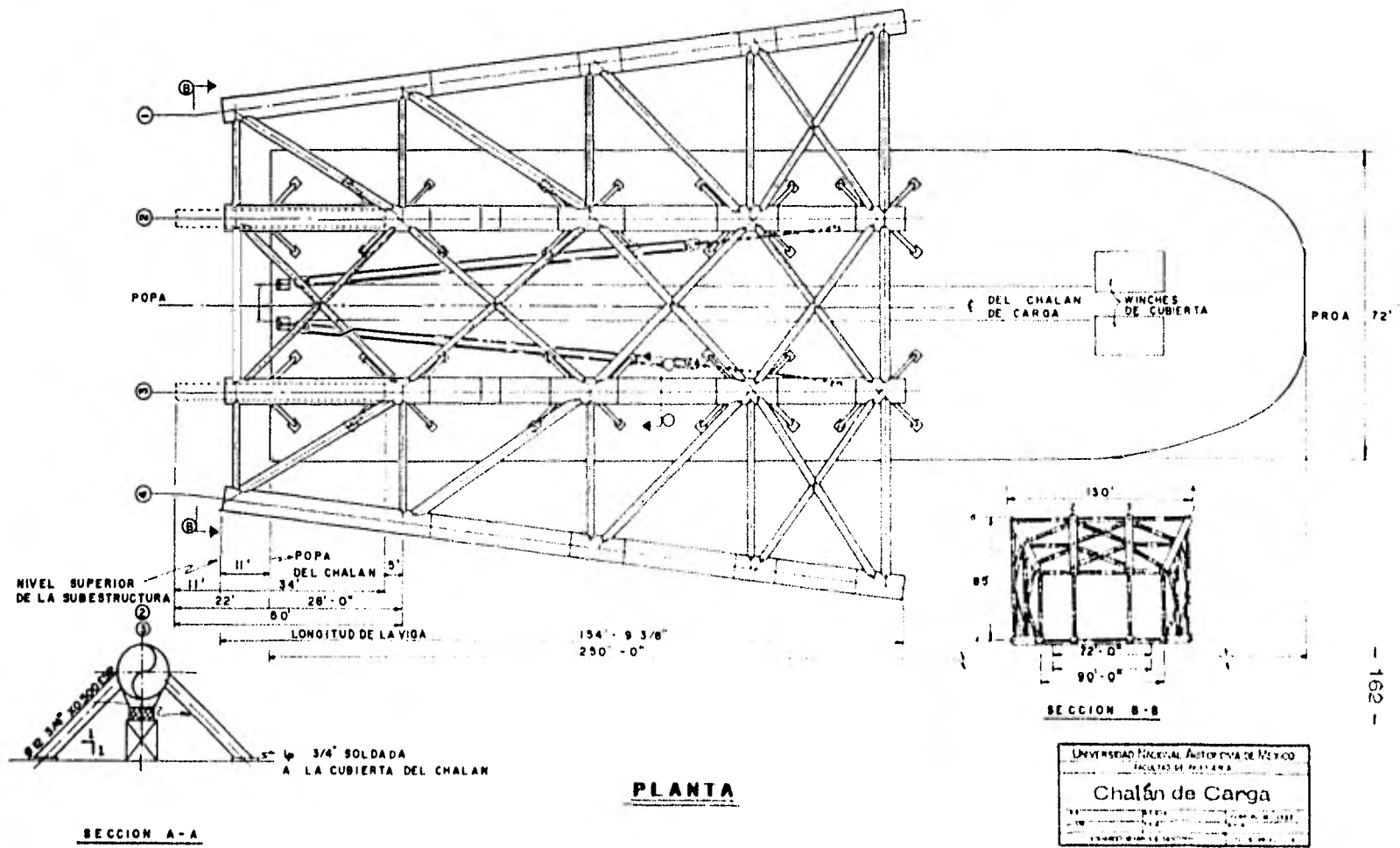
Se sujetó la superestructura como se ve en el croquis de la página siguiente:



Maniobra de carga del jacket

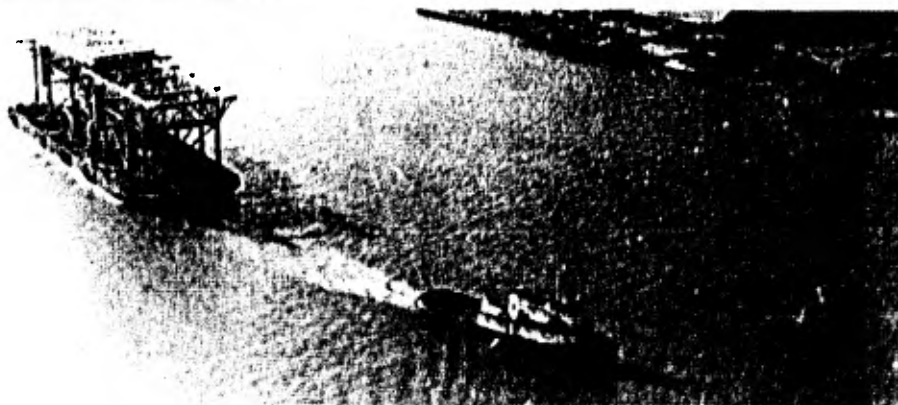
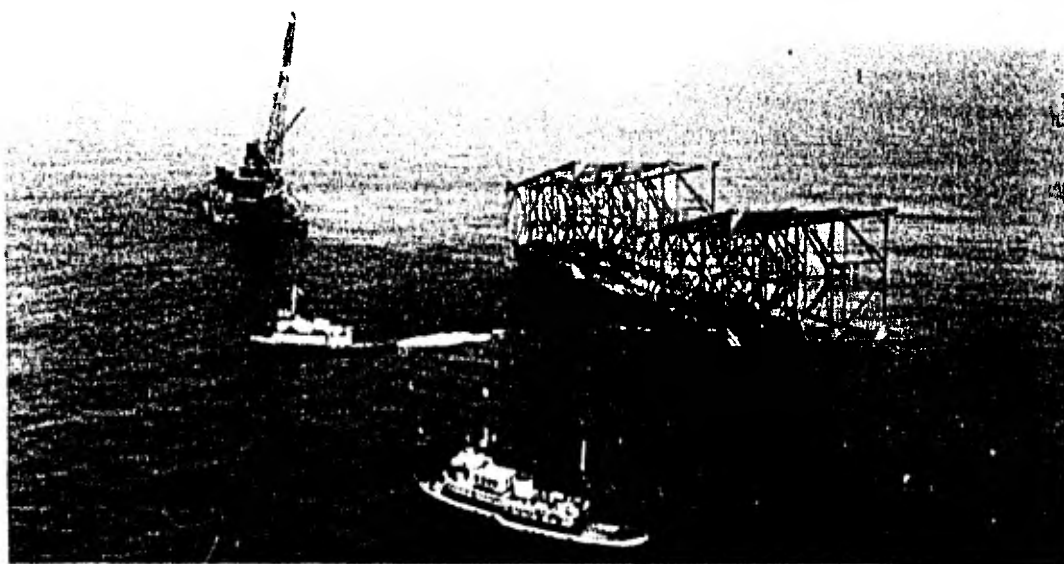
El chalán sobre el que se carga el deck únicamente es necesario las trarlo para igualar el nivel con el de las traves sobre las que está construido. Recordemos que la superestructura fue montada sobre un skid frame o patín, el cual es jalado hasta el chalán y regresado - después de instalarse la plataforma en alta mar.

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.

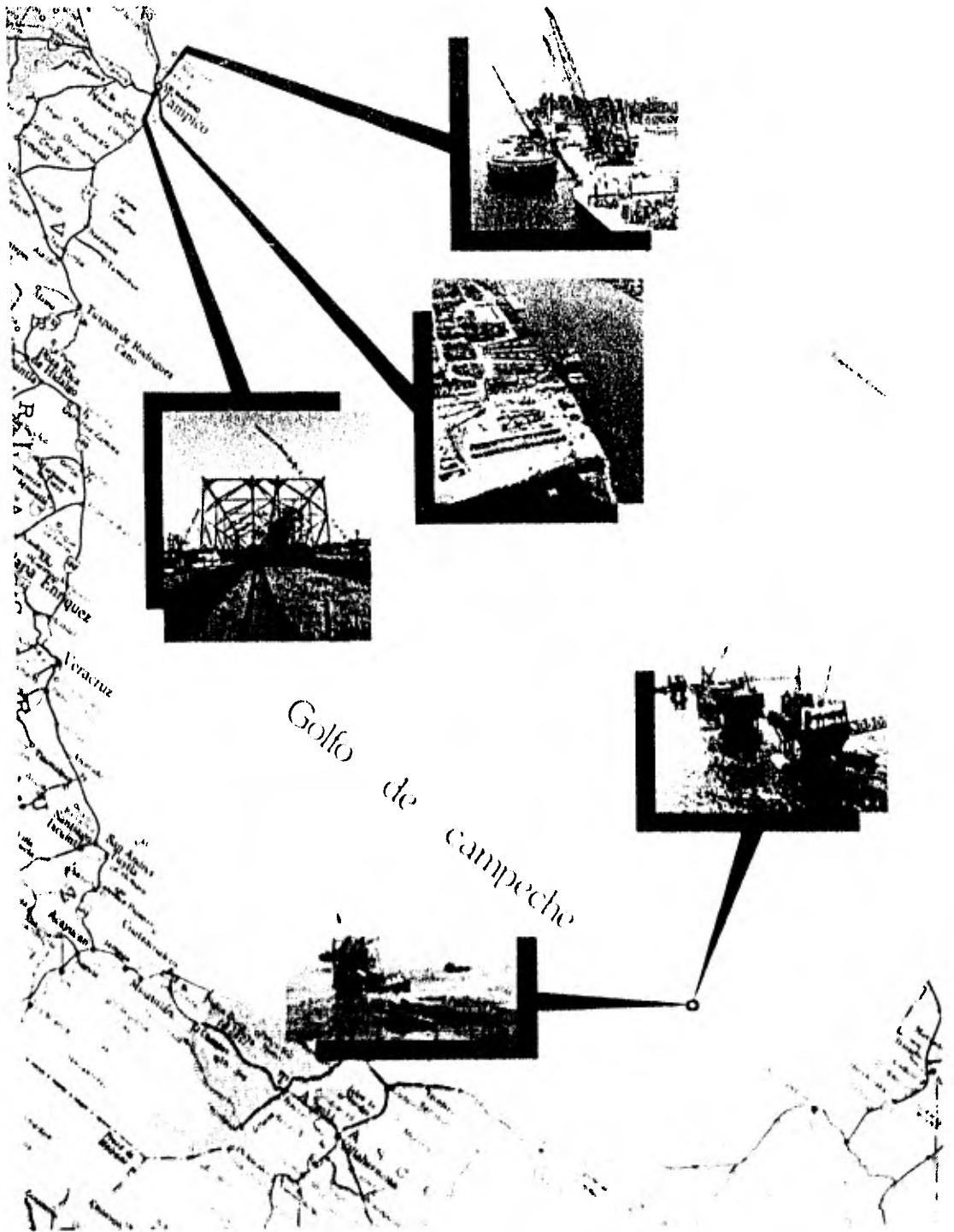


Ya con toda la plataforma cargada se inicia el viaje al sitio de instalación para ellos se requieren remolcadores suficientes para jalar todos los chalanes. En el caso específico de la KU-487 el viaje fué de Mata Redonda, Ver. al Golfo de Campeche, aproximadamente 800 kms.

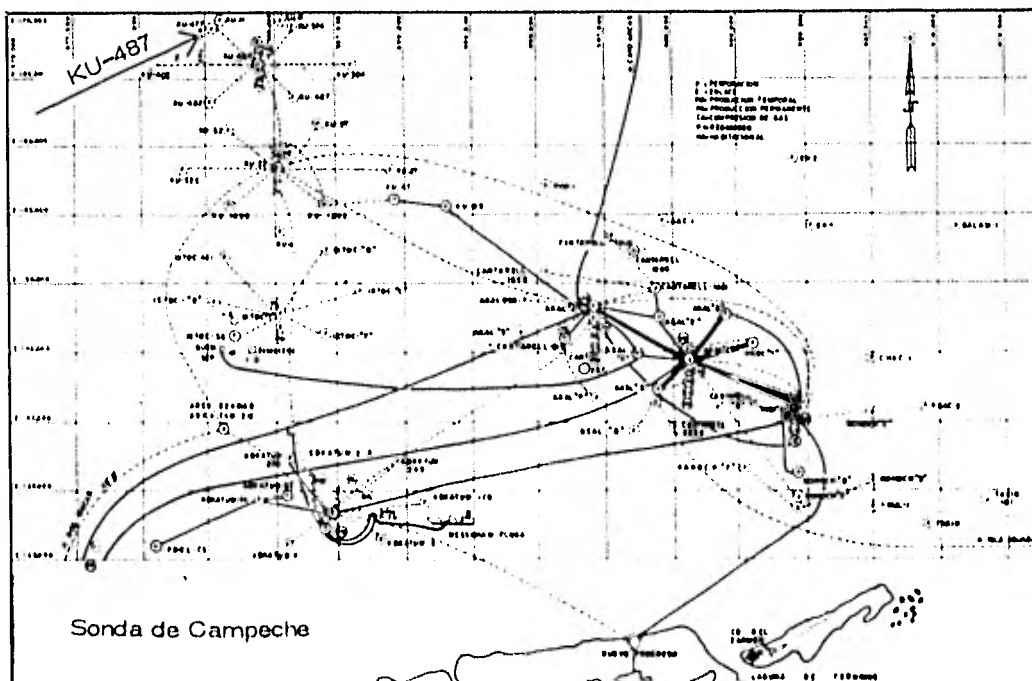
En la página siguiente se muestra el litoral del Golfo de México, indicándose los puntos de construcción y de instalación de la plataforma KU-487.



Transporte



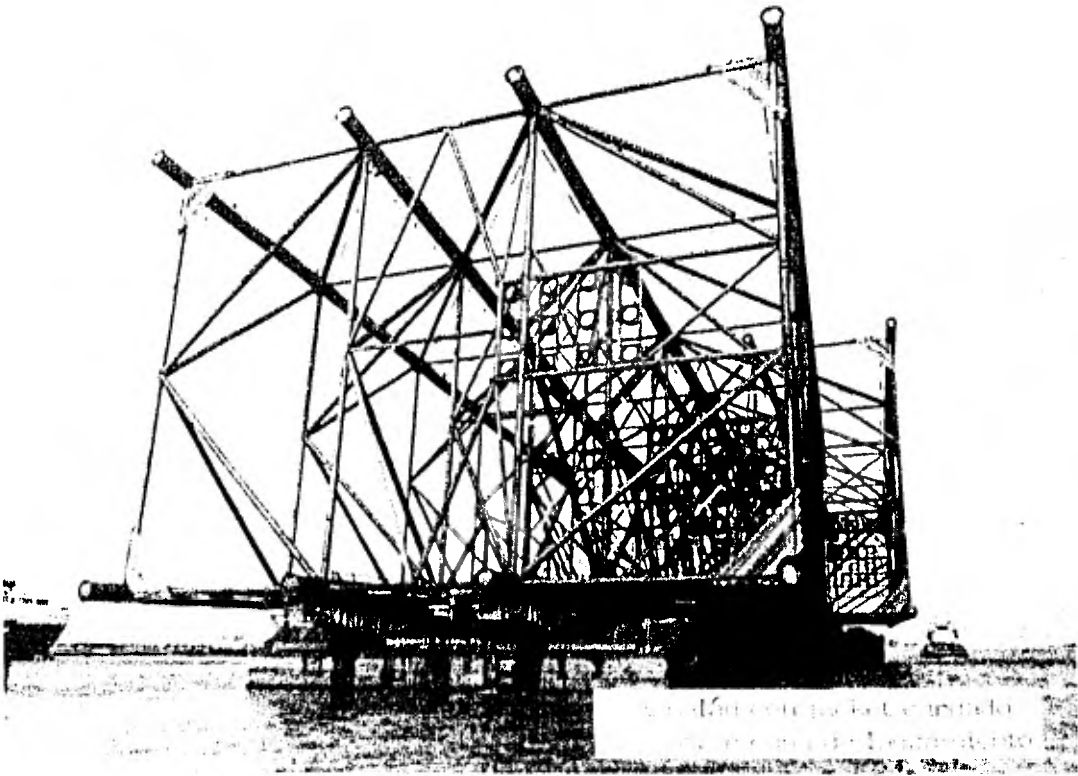




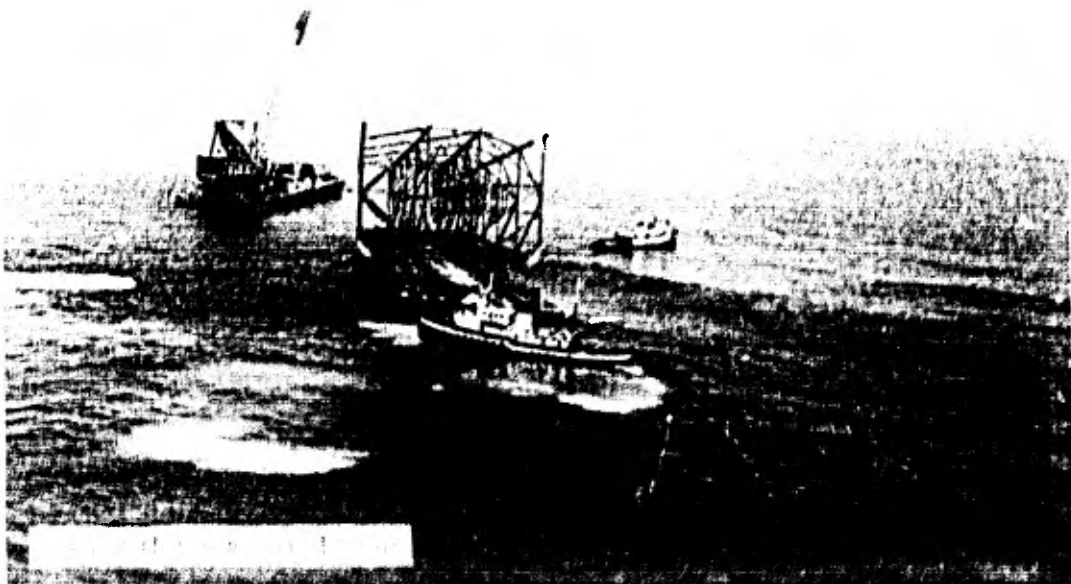
El sitio exacto donde la plataforma va a ser instalada está previamente marcado con una boya.

La maniobra de instalación principia a partir de la inclinación del chalán por medio de la inundación de sus compartimientos. Existen dos alternativas para hacer que la infraestructura 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 desde el chalán grúa. En el caso de la KU-487 se usó el malacate,

El chalán sobre el que está cargada la subestructura cuenta con una - cuna de lanzamiento en un extremo que ayuda a que el deslizamiento sea lento y evitar que se desestabilice el chalán en el momento de la descarga total,



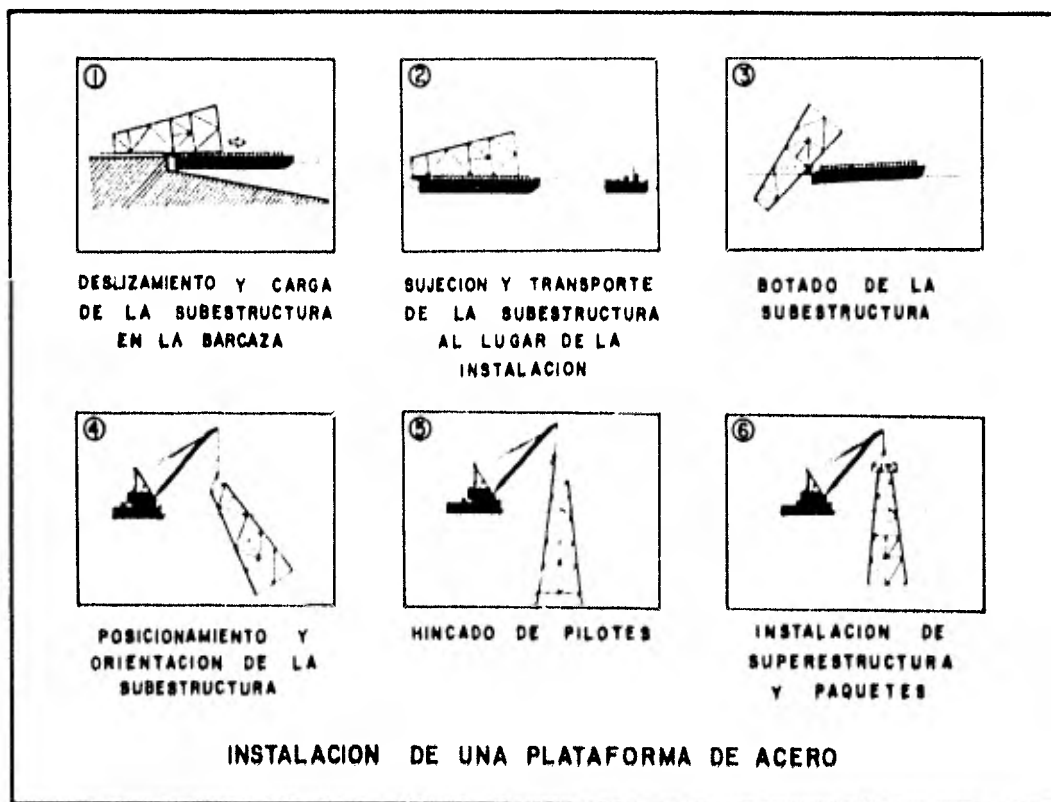
Como todos los elementos de la estructura están sellados, la estructura flota sobre la superficie del mar, pero quedando sumergida y solamente una de sus caras al nivel de la superficie del agua.

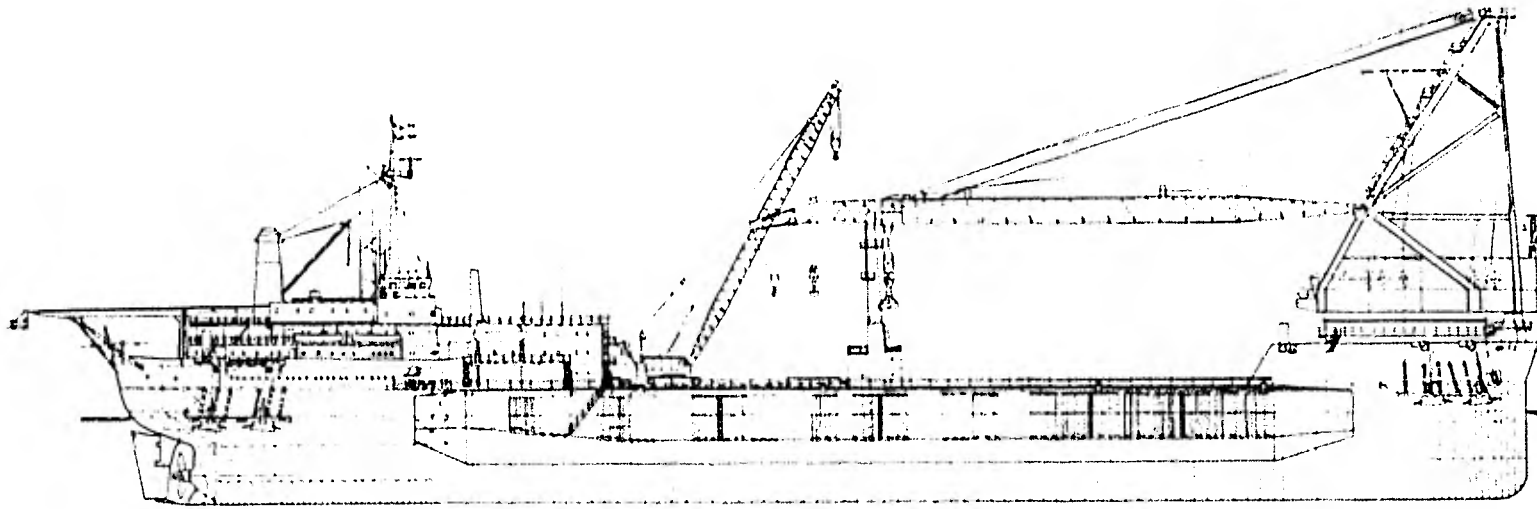


En este momento entra en acción la barcaza grúa la que puede ser de casco cerrado o de pontones, con lo cual se logra mayor estabilidad.

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

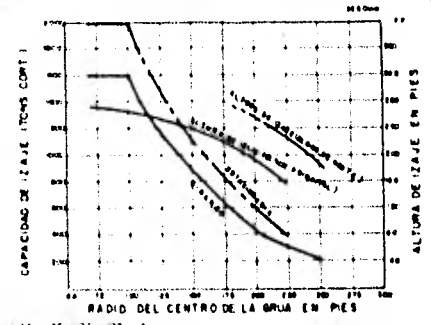
Para el montaje de la KU-487 se usó la grúa que se muestra en el dibujo de la página siguiente; a continuación se muestra el esquema de las etapas de instalación de una plataforma petrolera de acero fija y autosuficiente.



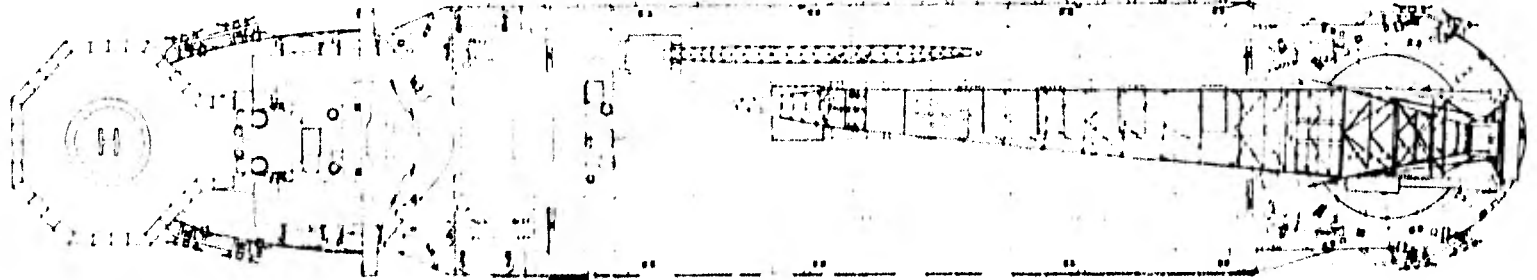


E L E V A C I O N

En éste mismo diagrama aparecen las curvas de capacidad de izaje de la grúa principal del barco las cuales varían dependiendo de la longitud del radio al centro del eje de la grúa y del ángulo de inclinación de la pluma, ésta gráfica es muy importante conocerla ya que es la que indica la altura máxima a la que puede ser izado un peso determinado,



P L A N T A



Las características del barco grúa con que se montó la KU-487 son:

Largo	206.2 m.
Ancho	37.0 m.
Profundidad	15,44 m.
Tirante mínimo de agua para trabajar	8.30 m.
Desplazamiento	62,000 tons.
Generadores :	
2 X 370 KW (diesel)	
3 X 1500 KW (diesel)	
1 X 184 KW	
Grúa estacionaria	2,000 T.C.
Grúa de orugas	165 T.C.
Anclas -	8 con 10 tons. de peso cada una y cable de 3" y 4000' de largo
Hotel -	200 personas
Superficie cubierta -	33 000 pies <sup>2</sup>
capacidad de carga -	1 T/ pie <sup>2</sup>
Servicios generales:	Potabilizadora de agua Planta tratamiento Taller mecánico Grúa viajera Radiocomunicación Helipuerto

El chalán se acerca a la estructura que se encuentra flotando en el mar, esta se estrobó con cables previamente 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 fue 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; se introducen los pilotes tubulares en la patas de la infraestructura iniciando por las de centro. Estos al caer hacia abajo, debido a su peso propio se introducen varios metros en el suelo marino. Posteriormente son hincados mediante el uso de un martinete de vapor hasta lograr la profundidad requerida, de acuerdo con los estudios de mecánica de suelos que previamente fueron elaborados.

Los pilotes son de fricción y para el caso de la KU-487 el diámetro de los pilotes fué de 48" con espesores de 1 1/4" a 2 1/2". Los mayores espesores del pilote se encuentran en la punta en donde se tiene una

zapata para ir rompiendo la formación y en la transición agua-suelo - que es el punto donde la plataforma tiene su mayor movimiento de volteo debido a las acciones del oleaje, corrientes y viento.

Para el piloteo de la KU-487 se contó con los siguientes martillos.

1 martillo de 30,000 lb-pie de energía

2 martillos de 180,000 lb-pie de energía

1 martillo de 300,000 lb-pie de energía

Los pilotes se dividen como sigue:

Pilotes interiores A-2, A-3, B-2, B-3

Pilotes exteriores A-1, A-4, B-1, B-4

Pilote de prueba cualquier pilote interior

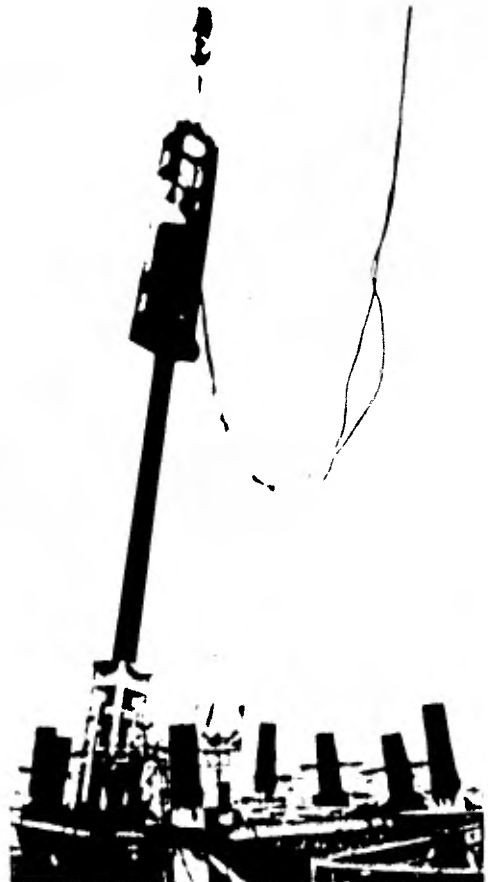
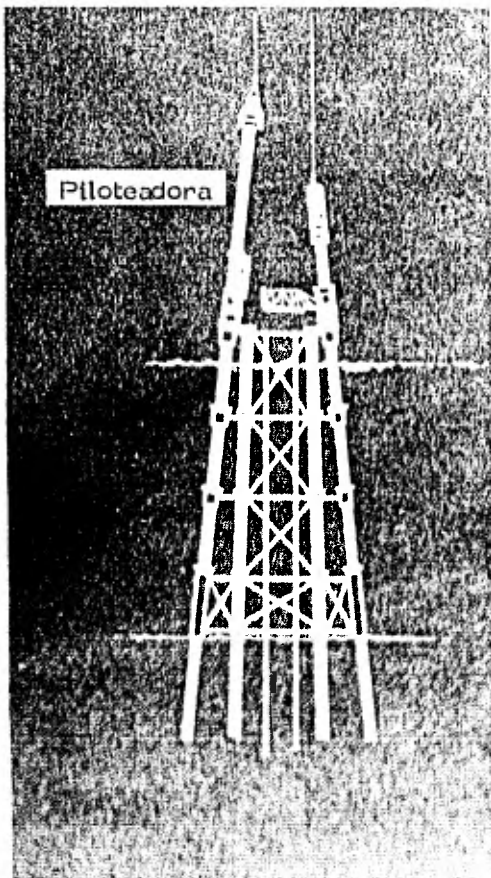
Es muy importante dejar nivelada la plataforma, pues de otra forma la perforación sería imposible, la tolerancia es de 2".

El piloteo se inicia por los pilotes interiores, pero por el más bajo, 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 1 1/2 pie; si no se puede corregir así debe limpiarse con chorro de agua el area 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.





zapata para ir rompiendo la formación y en la transición agua-suelo - que es el punto donde la plataforma tiene su mayor movimiento de volteo debido a las acciones del oleaje, corrientes y viento.

Para el piloteo de la KU-487 se contó con los siguientes martillos.

- 1 martillo de 30,000 lb-pie de energía
- 2 martillos de 180,000 lb-pie de energía
- 1 martillo de 300,000 lb-pie de energía

Los pilotes se dividen como sigue:

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

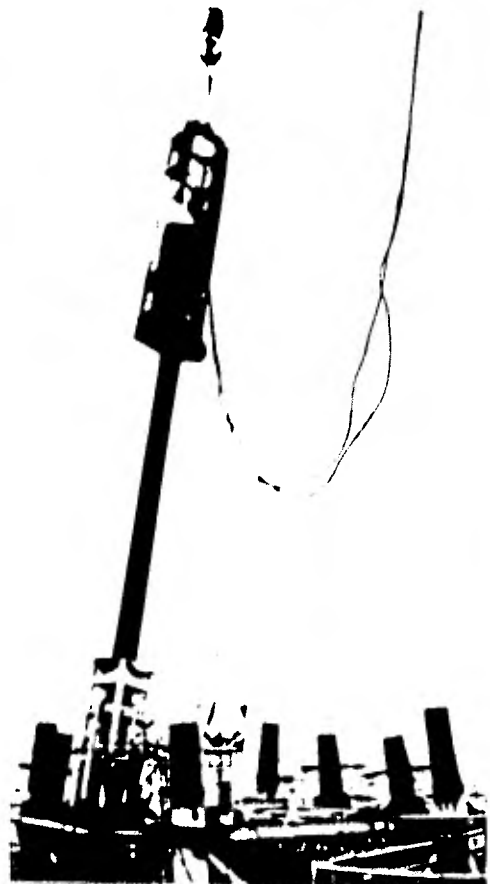
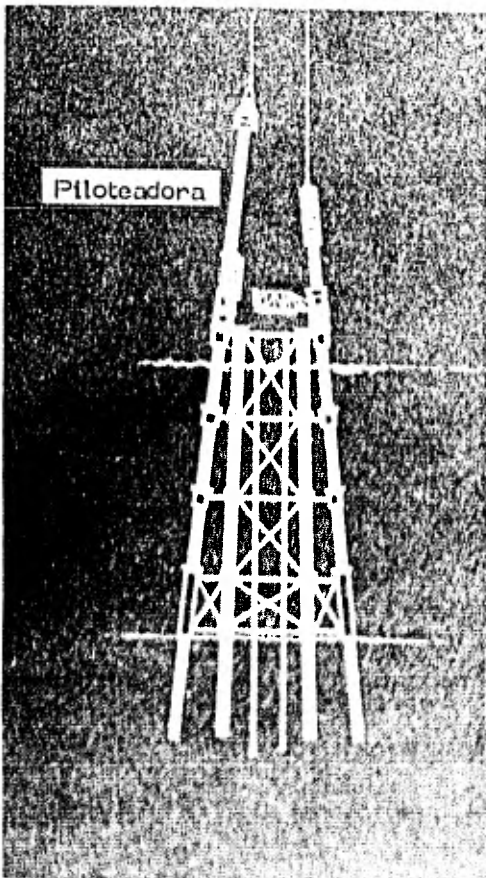
Es muy importante dejar nivelada la plataforma, pues de otra forma la perforación sería imposible, la tolerancia es de 2".

El piloteo se inicia por los pilotes interiores, pero por el más bajo, 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 1 1/2 pie; si no se puede corregir así debe limpiarse con chorro de agua el area 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.



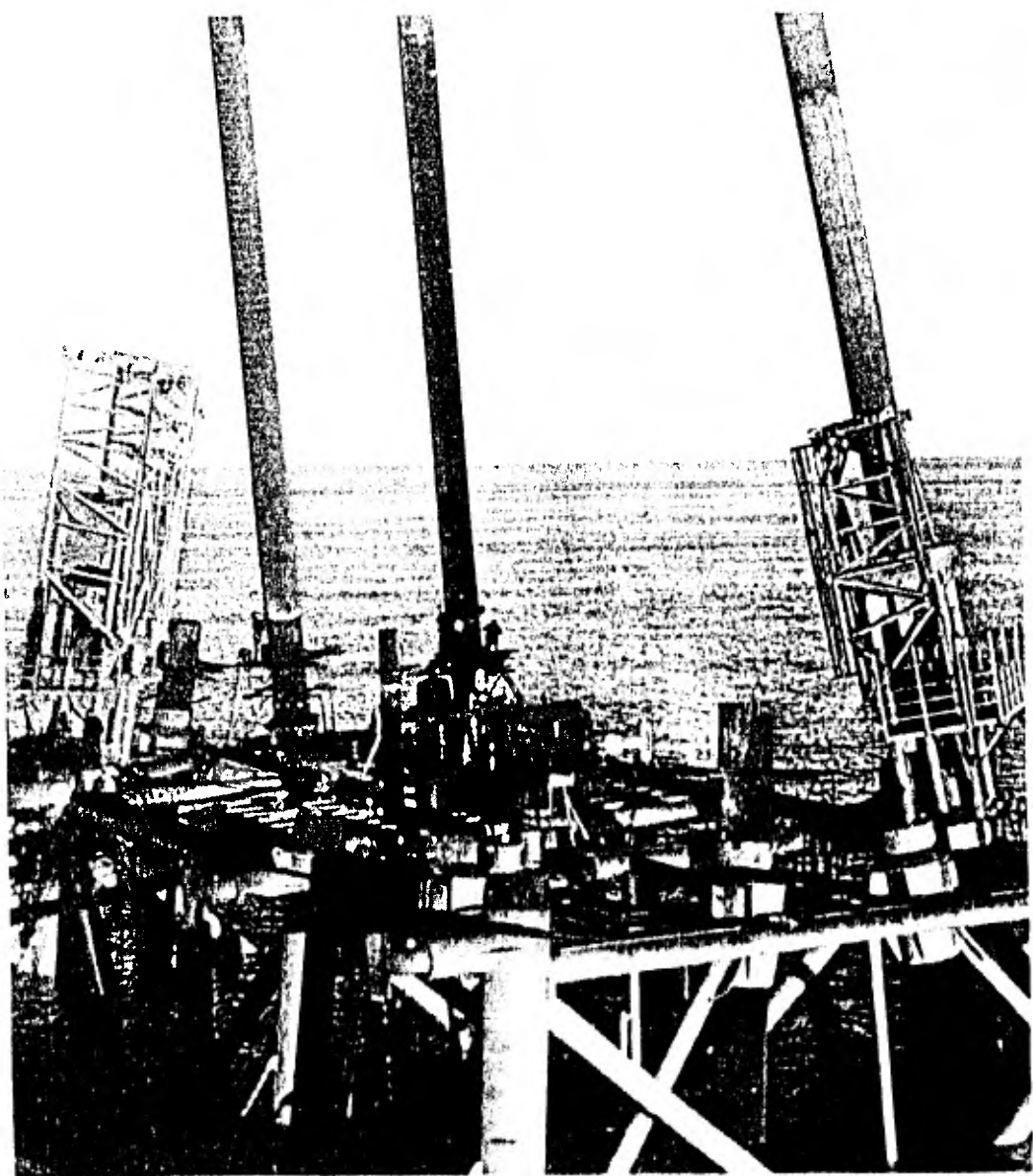
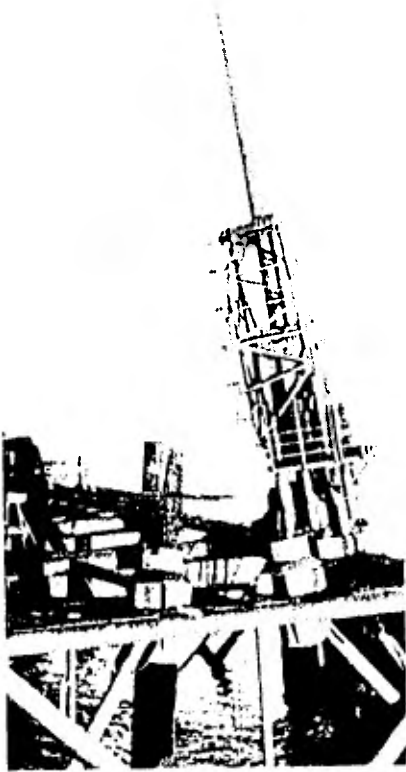


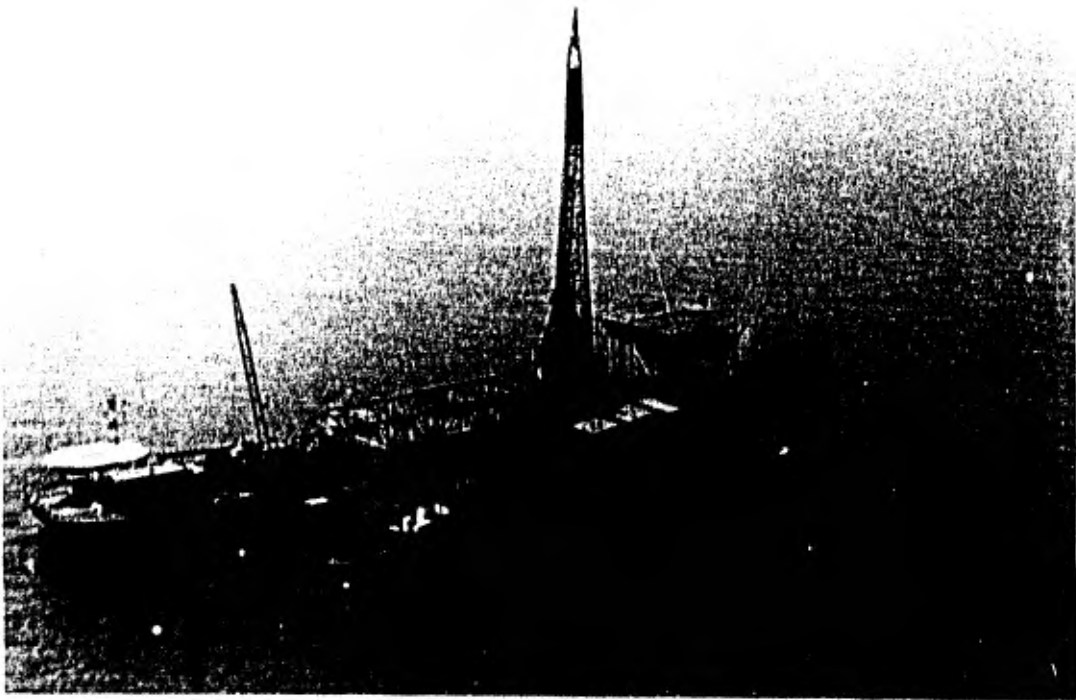
Figure 10



En la plataforma KU-487 la profundidad del hincado fué de 240' a 275'.

Al terminarse el hincado, se cortaron los pilotes y se soldo cada uno con la tuberfa de las patas del jacket, quedando en esta forma fija en el fondo del mar. Las plataformas de mayores longitudes llevan pilotes adicionales para asegurar la estabilidad de la estructura, (Ver página No. 184).

Una vez terminado el soldado de la infraestructura contra los pilotes se acerca la barcaza sobre la que va la superestructura y con la grúa estacionaria de 2 000 T.C. es levantada y colocada sobre la infraestructura. Recordemos que las puntas de las columnas de la superestructura son cónicas, lo que facilita la instalación sobre las columnas de la superestructura.



Una vez colocado el deck sobre el jacket, se sueldan las columnas para dejar así terminada la estructura de una sola pieza.



En la barcaza en que se movieron las estructuras, y los pilotes o en barcazas adicionales fueron transportados al lugar de instalación los paquetes correspondientes que para el caso de la KU-487, fueron los siguientes:

Perforación	350 toneladas
Máquinas	250 toneladas
Química	275 toneladas
Bombas	350 toneladas
Tanques	40 toneladas
Habitación y helipuerto	170 toneladas

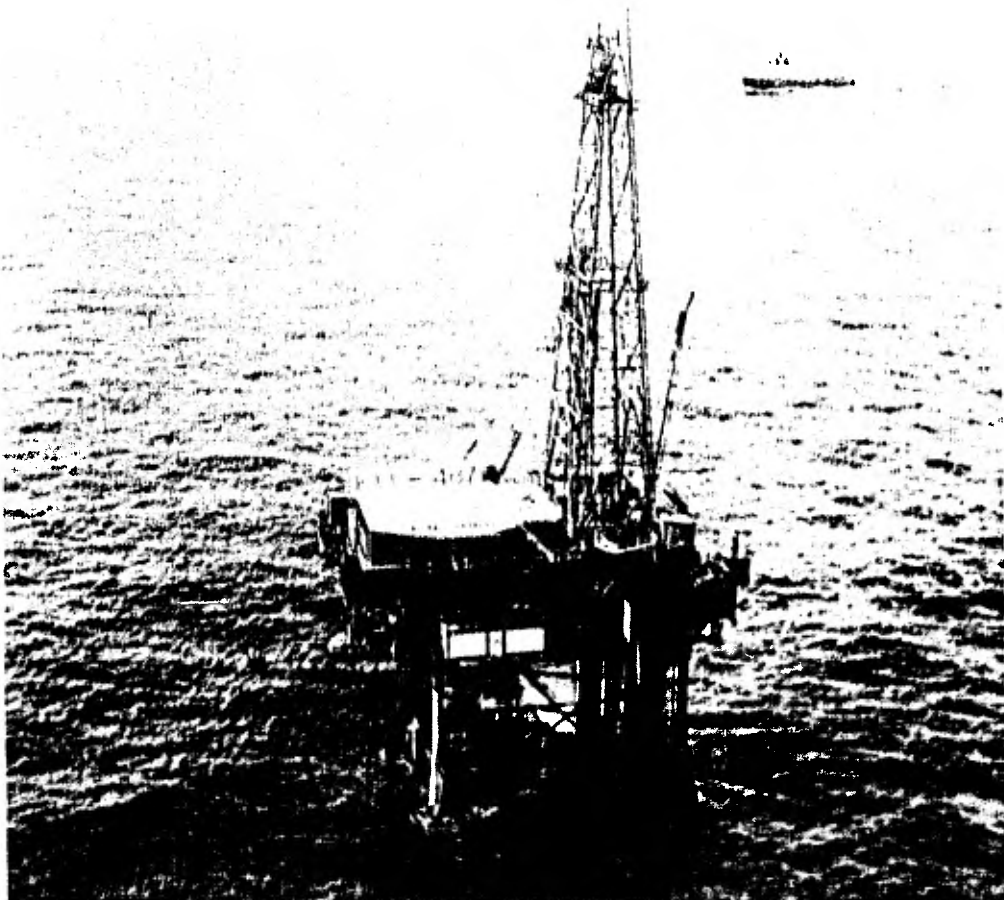
Los paquetes son izados con la grúa y colocados sobre la cubierta de la plataforma.

También se colocaron las grúas de cable, equipos menores y se hizo la interconexión de todos los paquetes.

Con lo anterior la plataforma está lista para iniciar las perforaciones. Lógicamente también se colocaron los tubos conductores que servirán para guiar la tubería de perforación.

Posteriormente se hace la conexión con el tendido de la tubería que llevará el petróleo a tierra o a las boyas para el cargado de barcos.

Esto queda explicado en el siguiente capítulo.



Generalidades sobre el procedimiento del diseño.

En el análisis estructural de plataformas marinas se consideran cinco categorías de cargas:

1. Carga muerta.
2. Carga viva.
3. Cargas por deformaciones de la estructura.
4. Cargas ambientales.
5. Cargas accidentales.

Como cargas muertas, se consideran, el peso propio de la estructura, el del lastre permanente, el del equipo fijo y la presión hidrostática - que obra sobre los elementos estructurales una vez que la plataforma está instalada.

La carga viva es el peso del material almacenado sobre la plataforma, el peso del equipo móvil, el de los líquidos de las tuberías y recipientes, el peso de grúas y helicópteros, así como cargas dinámicas producidas por vibraciones de máquinas y los empujes y tirones de barcasas.

Las cargas por deformaciones se originan por los efectos del pre-esfuerzo, la temperatura, las deformaciones por flujo plástico que son a largo plazo, las contracciones y los hundimientos diferenciales en la estructura,



Las cargas ambientales son las del viento, al oleaje, las corrientes marinas, el empuje del hielo, la nieve, los sismos y cualquier fenomeno natural.

Finalmente se consideran cargas accidentales las debidas a colisiones con barcazas, a explosiones, al fuego, a caídas de objetos y a fuerzas de intensidades extraordinarias como las que se originan durante la volcadura de la plataforma.

Para la evaluación de las cargas ambientales, en el diseño de las plataformas, se aplican las recomendaciones del API & DNV.

Las condiciones ambientales normales y de tormenta que deben considerarse son:

- a) Profundidad media de bajamar.
- b) Marea máxima astronómica y de tormenta.
- c) Profundidad del mar en calma.
- d) Altura máxima de la ola y su período correspondiente.
- e) Velocidades de los vientos con períodos de duración instantáneos y de ráfagas con tiempos de 1 min, 1/2 hora, 1 hora y 3 horas.
- f) Velocidad y corrientes marinas a diferentes profundidades.
- g) Condiciones ambientales que se espera sucederán durante la instalación.

h) Número de olas que exceden una altura especificada.

Los efectos sísmológicos sobre las estructuras se calculan comúnmente mediante un análisis modal. Para esto debe conocerse el espectro de diseño de la zona tanto donde va a instalarse la plataforma; el amortiguamiento considerando la aceleración del terreno; el factor de ampliación y dinámica correspondiente y, finalmente, el coeficiente sísmico.

En el diseño estructural de plataformas de acero se consideran esfuerzos permisibles básicos de acuerdo con las especificaciones de el - A I S C , cuando se analiza la estructura bajo cargas de operaciones de trabajo.

Para el caso de cargas debidas a tormentas se aplica un período de recurrencia de 100 años; los esfuerzos permisibles deben incrementarse un 33% y la estructura se diseñará para soportar condiciones de carga más desfavorables y de acuerdo con las especificaciones recomendadas por la A I S C y las recomendaciones del A P I. Lo mismo se aplica en el caso de sismos.

Para el diseño de las plataformas debe suponerse siempre un comportamiento elástico de la misma , en cambio para el diseño de los pilotes está permitido considerarles un comportamiento plástico.

Adicionalmente deben considerarse las cargas de inercia que la subes-

estructura debe resistir durante el transporte hasta el sitio de instalación, en vista de que las velocidades y aceleraciones pueden ser lineales o rotacionales debiendo estudiarse varias condiciones de carga. Otra condición crítica que debe preverse durante el diseño es la botadura de la subestructura desde los barcos de lanzamiento pues en ese momento la subestructura se somete a cargas accidentales. Para esta situación debe revisarse cuidadosamente la capacidad de las juntas y la penetración, en especial en aquellas conexiones que se apoyarán directamente sobre la cuna de lanzamiento.

Para facilitar los cálculos de las plataformas, las grandes empresas constructoras de este tipo de estructuras han elaborado un sistema de diseño para los jackets "fuera de costa" denominado "OJDS" (Offshore Jacket Design System): este sistema contempla las cargas originadas por corrientes y oleaje marítimos, además de instalaciones como son el peso propio, el sismo y cargas diversas.

El sistema de diseño contempla tres etapas:

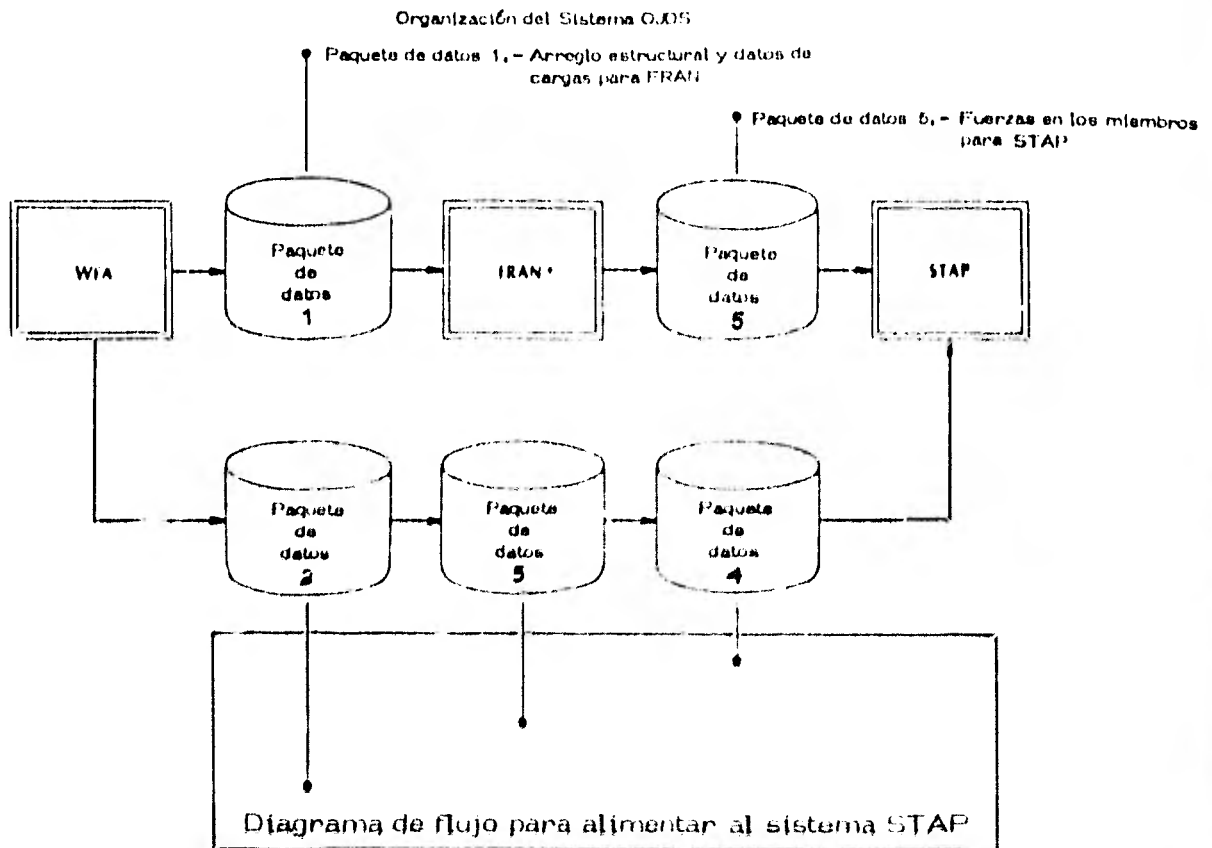
1. Calcular las fuerzas de oleaje y corrientes marinas actuando sobre las estructuras.
2. Realizar el análisis estructural convencional para encontrar las fuerzas que actúan sobre el miembro así como su reacción y desplazamiento.

Por último hacer el chequeo final de esfuerzos en este miembro -  
así como el análisis de carga en cada pilote de apoyo.

El sistema OJDS está elaborado por computadora y cuenta con tres pro-  
gramas:

- WFA.- Programa de análisis de fuerzas debidas al oleaje -  
(Ware Force Analysis Program).
- FRAN.- Programa de análisis de la estructura ( Framed Struc-  
ture Analysis Program).
- STAP.- Programa de análisis de los esfuerzos en los miem -  
bros ( Member Stress Analysis Program).

La alimentación de datos en dichos programas se realiza a través de -  
los Paquetes de Datos ( File ), de acuerdo con el esquema siguiente:

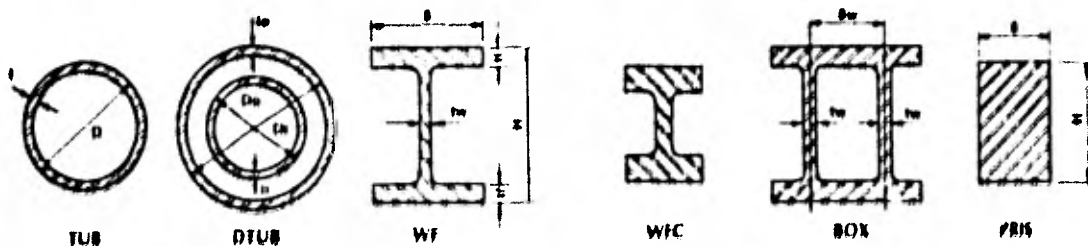


Los programas OJDS son aplicables para cualquier estructura tridimensional como la de los Jackets, decks y módulos o paquetes.

Los programas OJDS contemplan miembros estructurales que tienen sección transversal con ejes de simetría como son los siguientes:

Clasificación de miembro estructural de acuerdo con su sección transversal.	Codificación y designación del miembro.
Tubos de acero	T U B
Tubos duplex	D T U B
Perfiles I y H	W F
Perfiles I y H compactos	W F C
Perfiles caja	B O X
Perfiles rectangulares	P R I S

Secciones transversales típicas con dos ejes de simetría

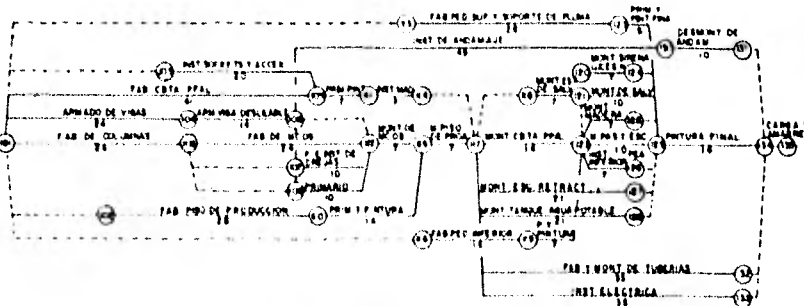


Además del análisis estructural el jacket debe ser analizado en función de la trayectoria que seguirá durante su lanzamiento para asegurarse que sea capaz de flotar en posición horizontal y no se vaya a pique hacia el fondo del mar.

Por último, en la hoja siguiente se incluyen los diagramas de rutas - que se usaron en la construcción de la plataforma KU-487, así como durante su instalación en el Golfo de Campeche.

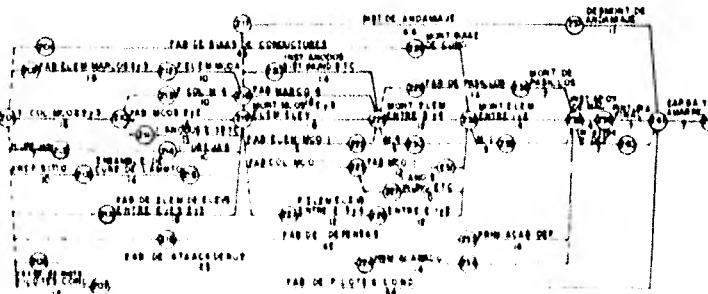
SU-487  
SUPERESTRUCTURA

RECEPCION DE MATERIALES

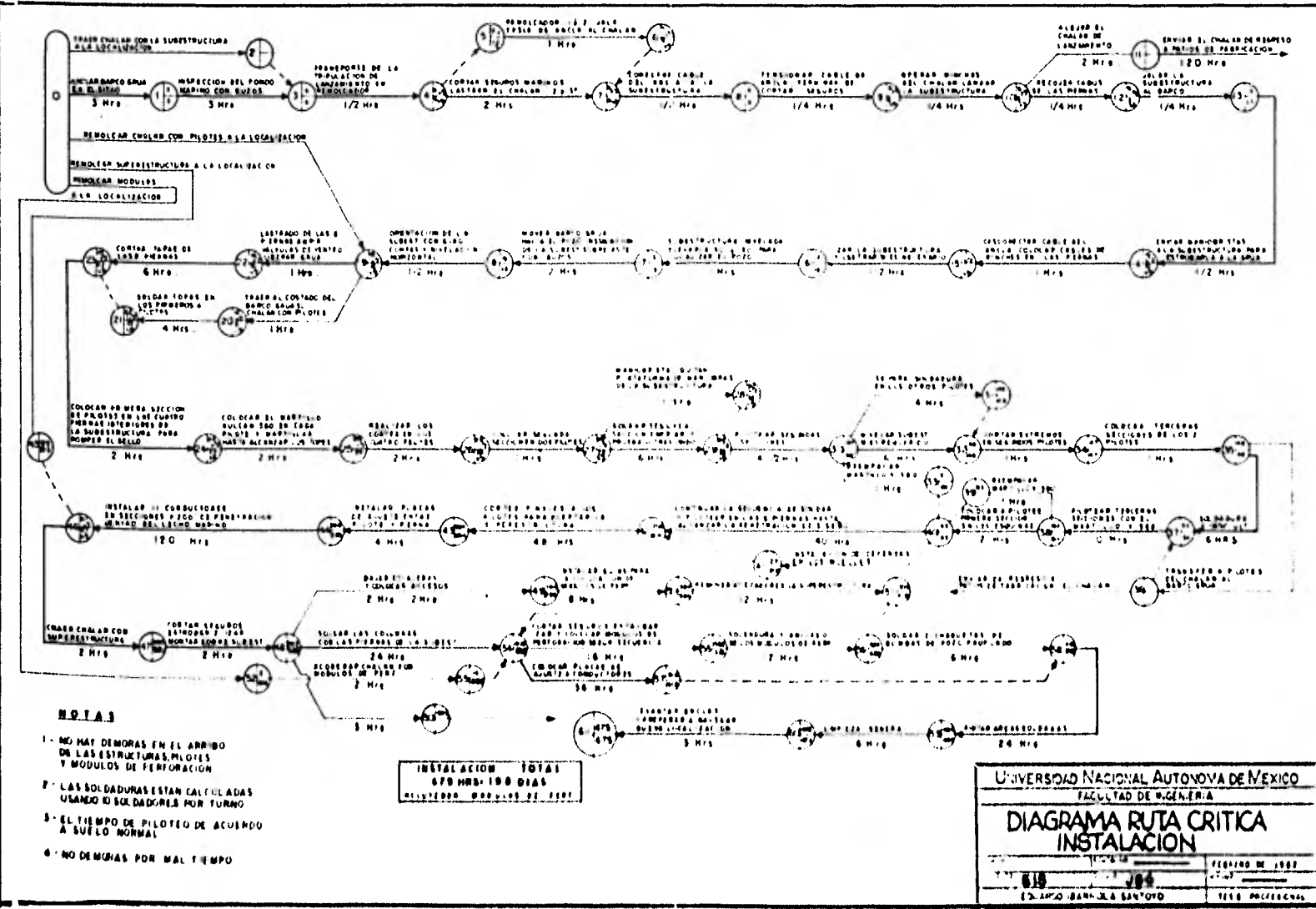


SU-487  
INFRAESTRUCTURA

RECEPCION DE MAMPALDES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
FACULTAD DE INGENIERIA		
DIAGRAMA RUTA CRITICA		
CONSTRUCCION		
FECHA	PROYECTO	FECHA DE ELABORACION
1981	100	1981
EDUARDO GARROLA SANTIAGO	TECNICO PROFESIONAL	





9. Tubería que conecta la plataforma con tierra y obras auxiliares.

## CAPITULO IX

### TUBERIA QUE COMUNICA LA PLATAFORMA CON TIERRA Y OBRAS AUXILIARES

Ya se ha mencionado que el transporte del petróleo o del gas natural se efectúa bien mediante tuberías o buques tanque.

El transporte de petróleo a través de tubería permite una operación independiente de las condiciones del tiempo, en cambio el embarque en buques tanque tiene el riesgo de tener que ser suspendido cuando las condiciones del tiempo son desfavorables. La elección del método más adecuado depende de la capacidad del yacimiento y de la distancia entre éste y la tierra firme así como de la topografía del fondo marino.

Para el transporte de gas natural se usan en igual forma tuberías o buques tanque en los que se carga gas licuado, en tal caso es necesario contar en las plataformas o en alguna plataforma cercana con el equipo necesario para que además de efectuar la separación se efectúe la licuefacción.

Para el tendido de tuberías se debe garantizar la absoluta seguridad de las mismas, de manera que sean capaces de resistir los esfuerzos a que se sometan durante el tendido, los esfuerzos por fricciones, expansión longi-

tudinal y desplazamiento horizontal, se debe tomar también en cuenta que sobre la tubería actúan corrientes marinas y además deben considerarse los esfuerzos originados por el cambio de temperatura.

Las tuberías pueden ser de diferentes diámetros dependiendo de la cantidad de petróleo a transportar.

Generalmente se emplean tuberías de acero con costura, las cuales son controladas desde la fábrica analizando las diferentes coladas. No se permiten excentricidades mayores al 1%.

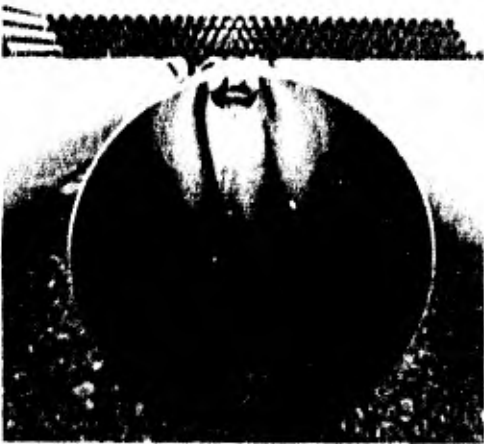
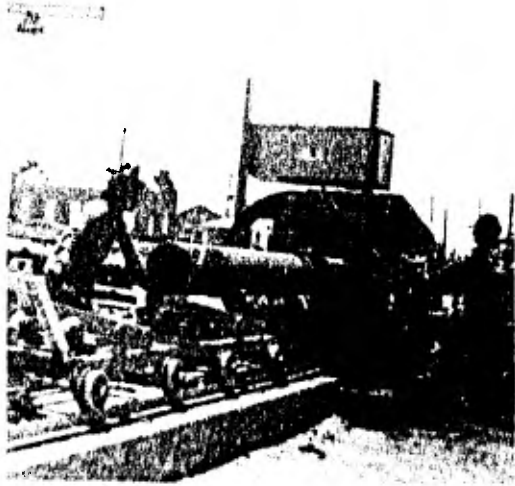
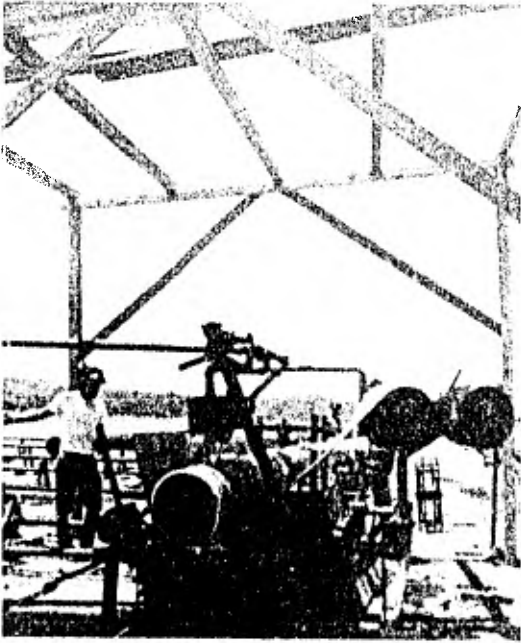
La tubería debe quedar protegida contra la corrosión y debe ser lastrada.

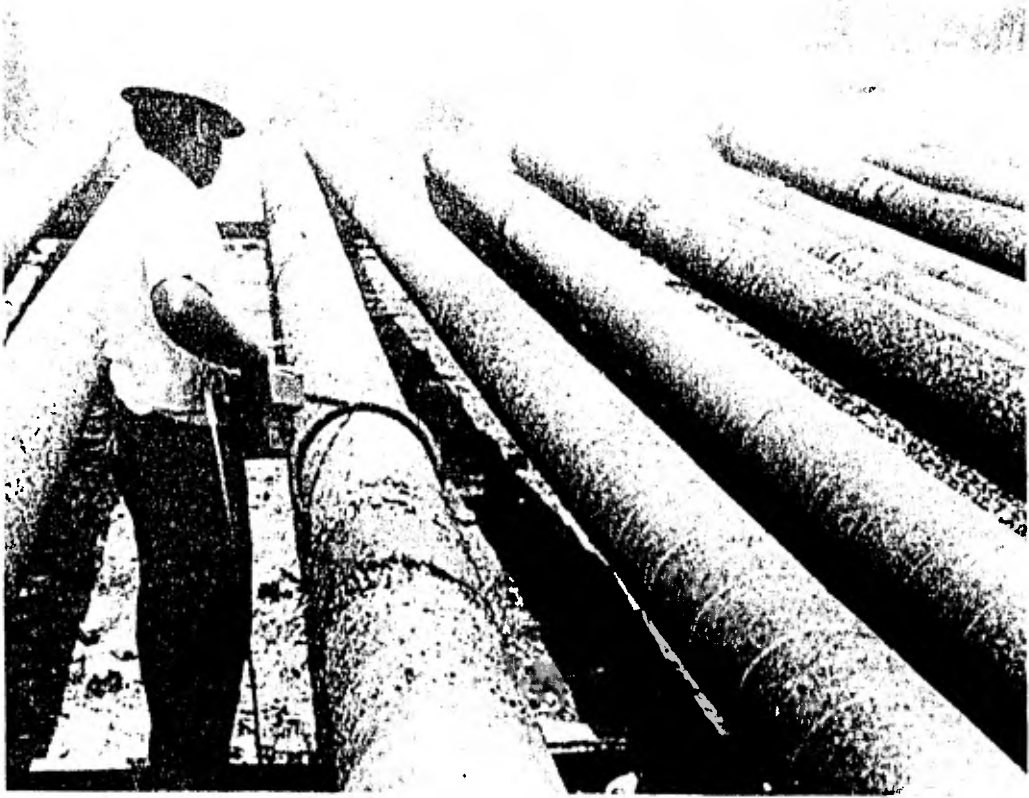
El revestimiento se lleva a cabo en tierra y consiste en una masa de espesores aproximados de uno a dos centímetros y es reforzado mediante vendajes.

Los extremos de los tubos deben quedar libres en los extremos unos 30 cms, con el fin de dejar espacio suficiente para el trabajo de soldadura en las uniones.

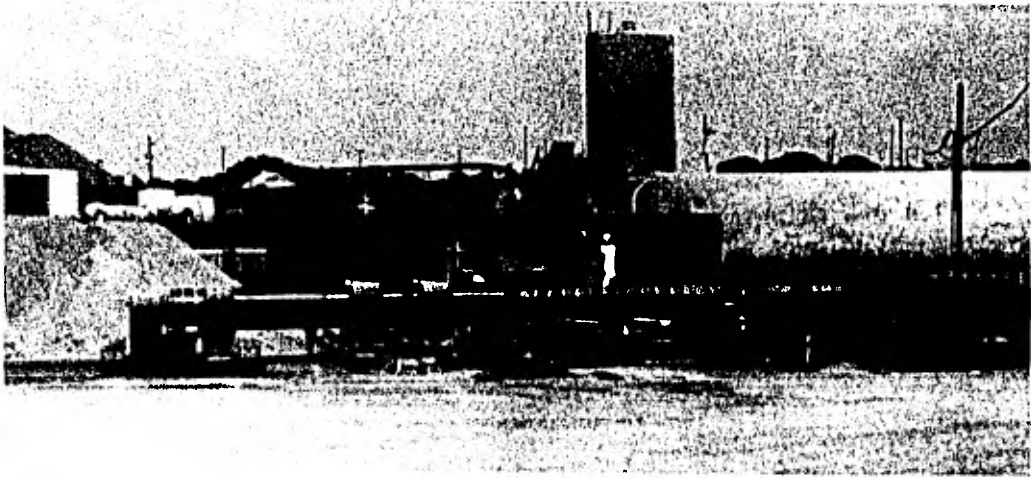
El recubrimiento es revisado, para asegurarse que no tiene roturas mediante un probador eléctrico.

Recubrimiento anticorrosivo  
y pruebas



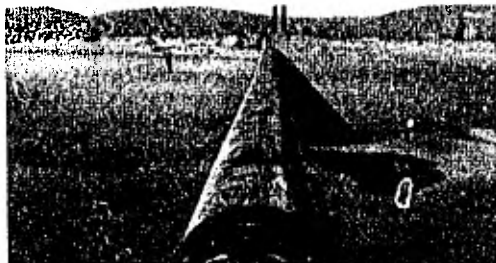


Para lastrarlos se recubren con concreto al que en ocasiones se le añaden otros materiales como mineral de hierro. También se arman con tela de alambre de gallinero; el espesor del recubrimiento será el necesario para mantener la tubería en el fondo y evitar que flote, en función del diámetro del mismo. El recubrimiento se hace con retos gruesos a la vez para proteger el alfileramiento exterior contra el frotamiento causado por choques o golpes.

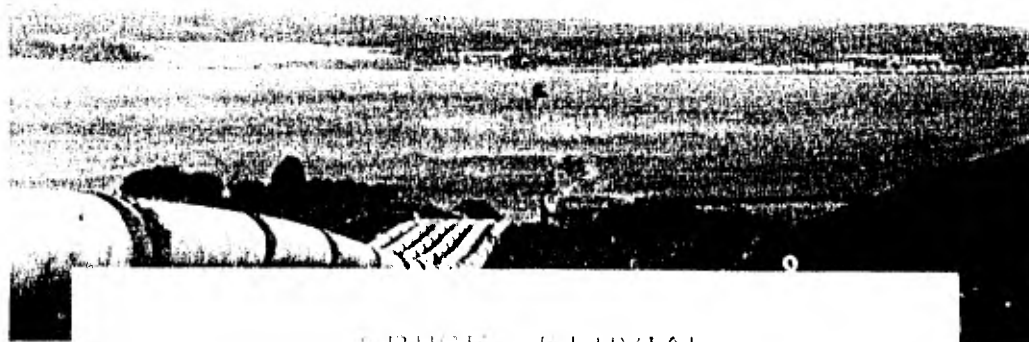


En el caso de que la tubería deba ser usada para transporte de gas, éste deberá ser secado en la plataforma de producción para evitar así la formación de condensados corrosivos dentro del tubo.

Para los casos en que las tuberías sean cortas, ya sea por lo cerca de las plataformas a la costa o por que se trate de cruzar un río o que se requiera tender en un lago, la tubería puede ser unida en tierra y posteriormente con la ayuda de malacates y poleas jalarla y sumergirla en el agua, utilizando un plano inclinado.



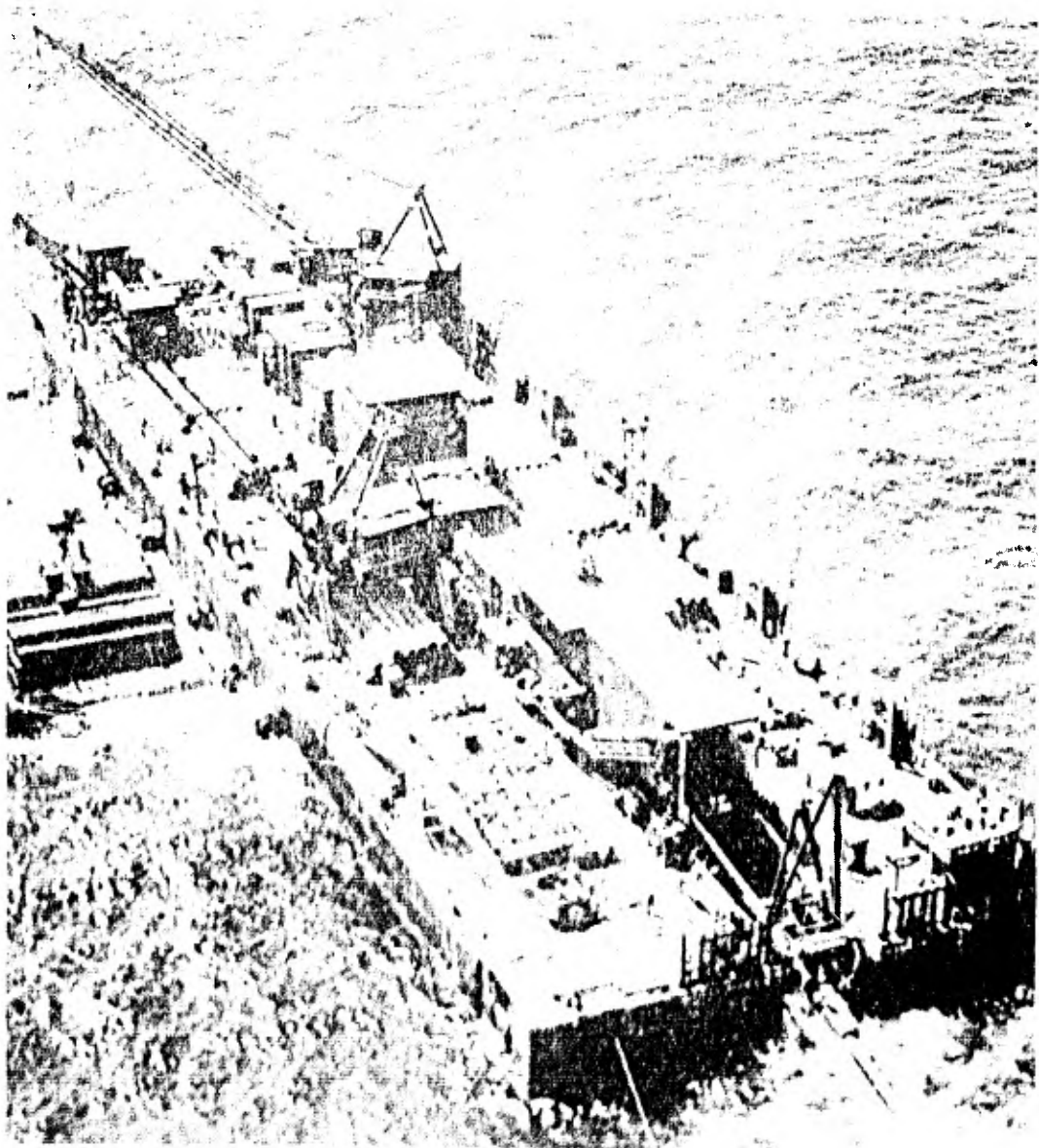
En ocasiones la tuberfa pue  
de tenderse directamente  
sobre el terreno o bien flo-  
tarla y después sumergirla  
mediante el lastre de los -  
flotadores.



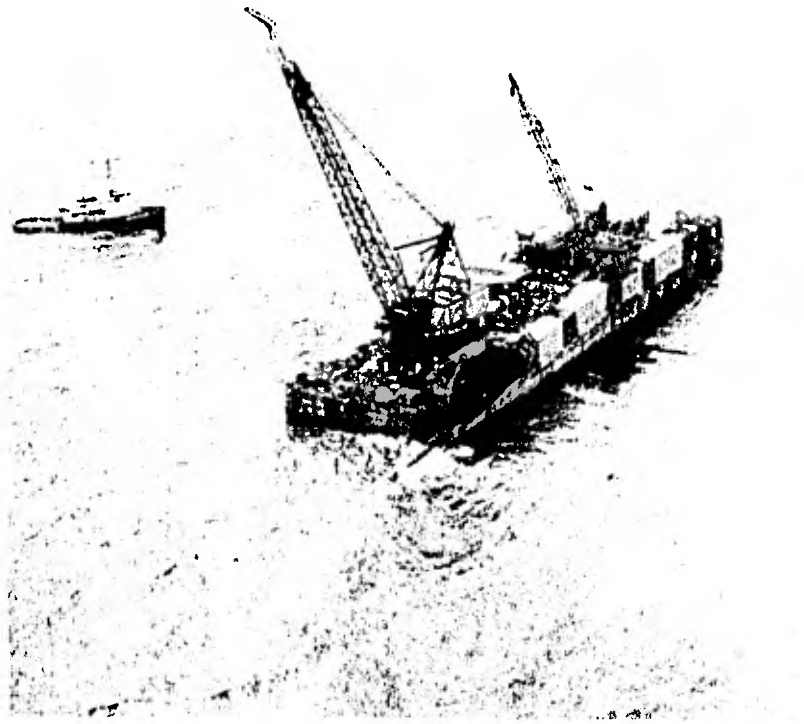
GRUPE FLUVIAL

Para el tendido de la tuberfa en el mar, se hace uso de una barcaza tien-  
de -tubos, éstos son chalanes con rampa de descenso, la cual va colocada  
en un costado o en el centro; en ocasiones esta barcaza puede ser la mis-  
ma que está equipada con la grúa de gran capacidad o solo para tender  
tubos,

A bordo de la barcaza se encuentran todas las instalaciones necesarias -  
para soldar, probar, aislar y colocar la tuberfa. Se dispone de grúas y  
el número de tripulantes y trabajo en el orden de 200 a 250 hombres,





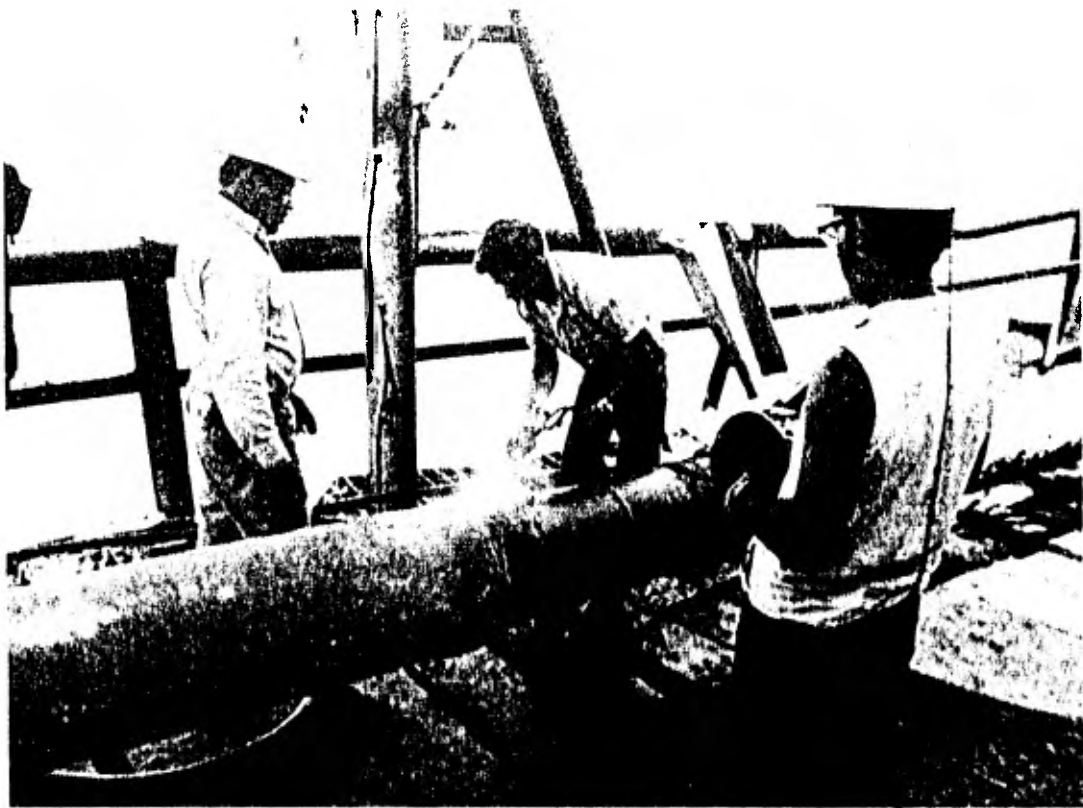


Barcaza tiendetubos con  
rampa de descenso  
lateral

Durante el tendido se trabaja día y noche siempre que el tiempo lo permita,

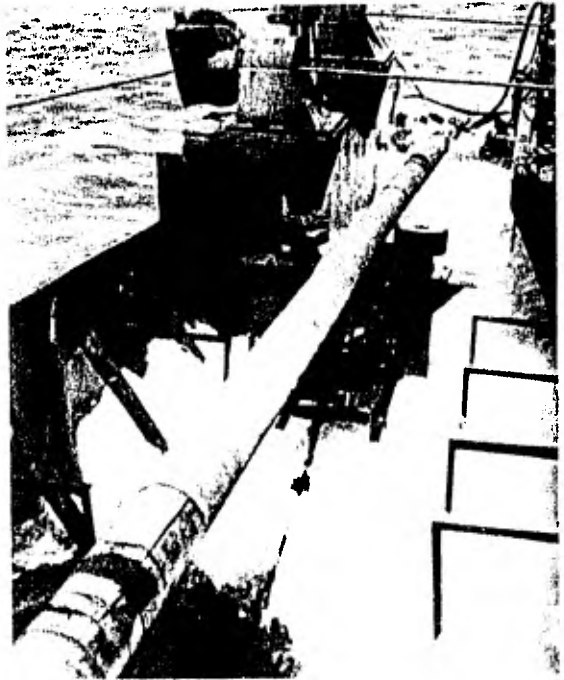
El proceso de tendido se realiza de forma continua en la línea de producción continua, los tubos y varillas se van colocando en fila y se van colocando en fila, al mismo tiempo que se van colocando en fila y se van colocando en fila.

otros durante varias etapas. La soldadura es 100% radiografiada y al terminar la revisión se protege la zona de unión contra la corrosión utilizando para esto lámina flejada e inyectando en su interior mezcla bituminosa.



Recubrimiento de la junta

Deslizamiento de  
tuberfa al mar



La tuberfa a partir de ese momento es deslizada al agua sobre los rodillos de la rampa de tendido. A medida que va descendiendo en el agua, la barcaza tendido tubos, la cual se encuentra anclada al fondo marino es llevada hacia atrs lentamente para permitir que la tuberfa vaya descendiendo,

El movimiento de la barcaza se hace mediante malacates controlados con computadora que recogen o sueltan cable de las líneas de anclaje.

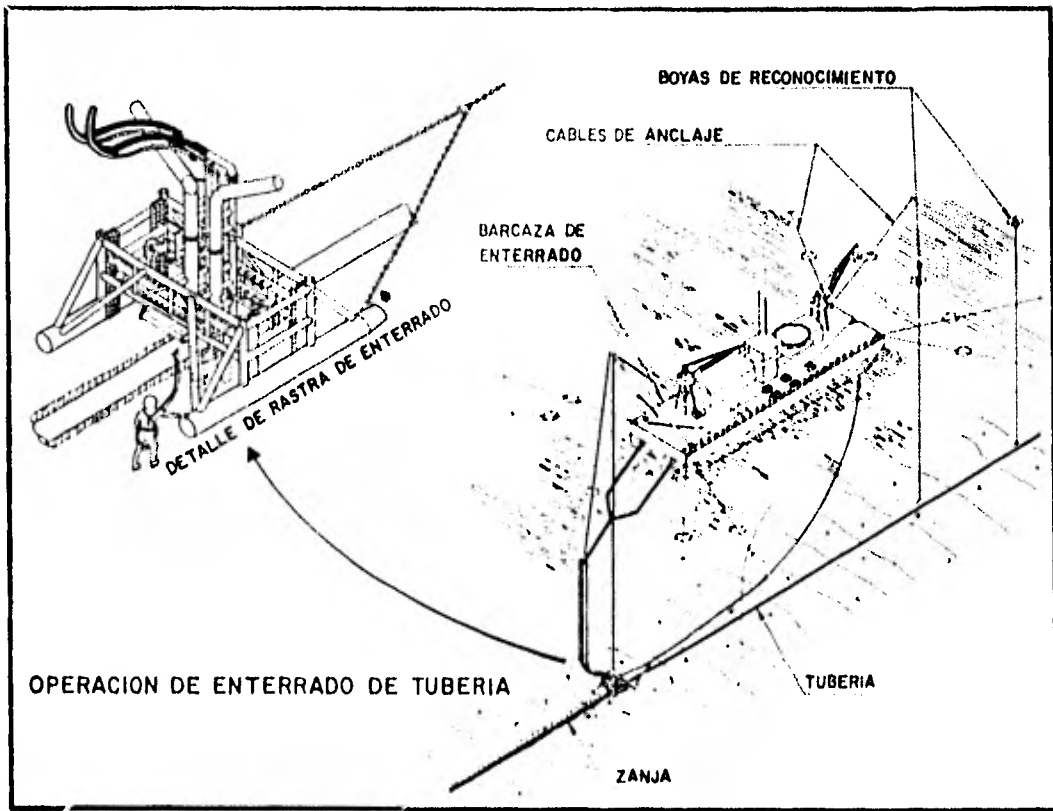
La tubería que va descendiendo describe una curva o catenaria igual que si se tratara de una cable colgante. Para reducir la catenaria se le aplica una tracción axial.

La longitud y curvatura del espolón así como el esfuerzo de tracción necesarios quedan determinados por las dimensiones y las características del material de la tubería.

En la actualidad, casi siempre se exige que la tubería quede enterrada en el lecho marino y así la tubería quedará más protegida en cuanto más profundo se pueda enterrar. Las razones para enterrar la tubería son las siguientes: evitar que el tubo sea dañado por anclas de barcos o utensilios de los pescadores; también enterrándola se asegura que no podrá ser dañada por mareas o corrientes que deslaven el lecho marino, pudiendo producir una rotura.

En aguas costaneras y hasta 30 mts. de profundidad el entierro de la tubería debe ser del orden de 4 mts., para las zonas arenosas o granulares; para arcillas dos metros; para profundidades de 100 mts. basta enterrar la tubería de 1 a 2 mts.; para profundidades mayores es suficiente con 50 cms.

El enterrado se efectúa mediante una rastra que es jalada por el chalán - tiende-tubos y al mismo tiempo que va abriendo la zanja mediante un sistema de bombeo esta se va cubriendo,



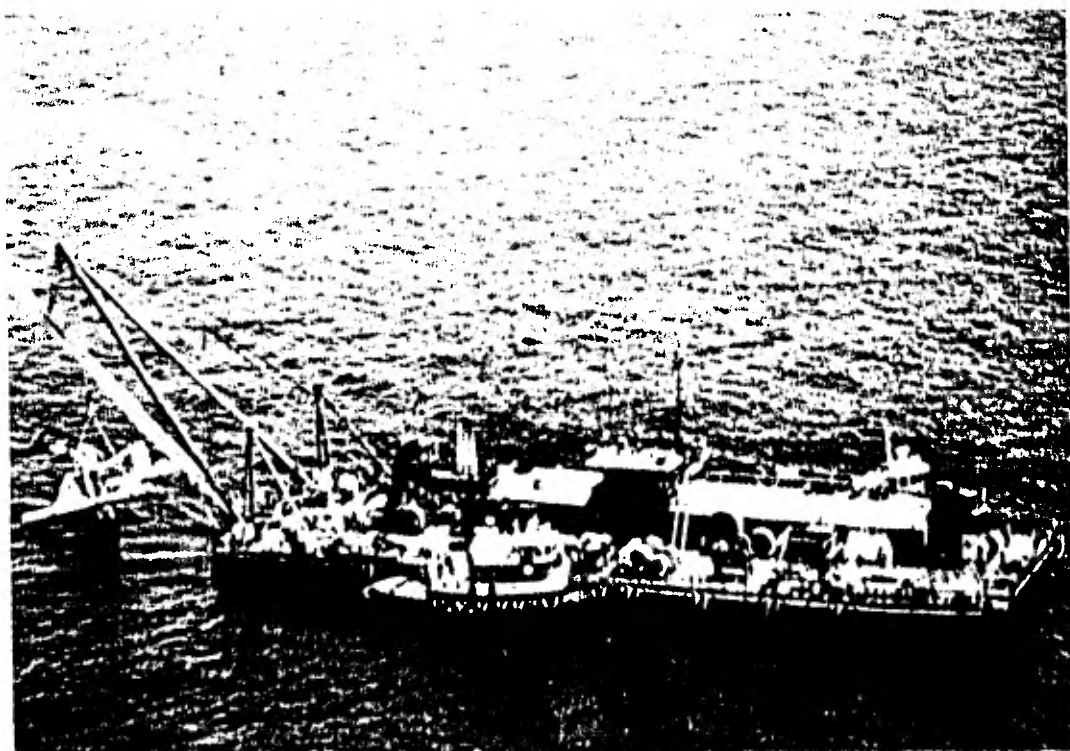
El tendido de la tubería se inicia casi siempre desde la plataforma y es necesario que un buzo baje hasta el piso de la plataforma para conectar el tubo descendente con la tubería.

Al llegar a la costa el tendido no se puede hacer desde la barcaza y hay que hacerlo prácticamente desde tierra.

En otras ocasiones, cuando el tendido se inicia desde la costa, el primer tramo de tubería se arma en tierra y es jalado utilizando un pontón y potentes malacates hacia el mar hasta un lugar en donde el tirante de agua es suficiente para que la barcaza pueda operar.

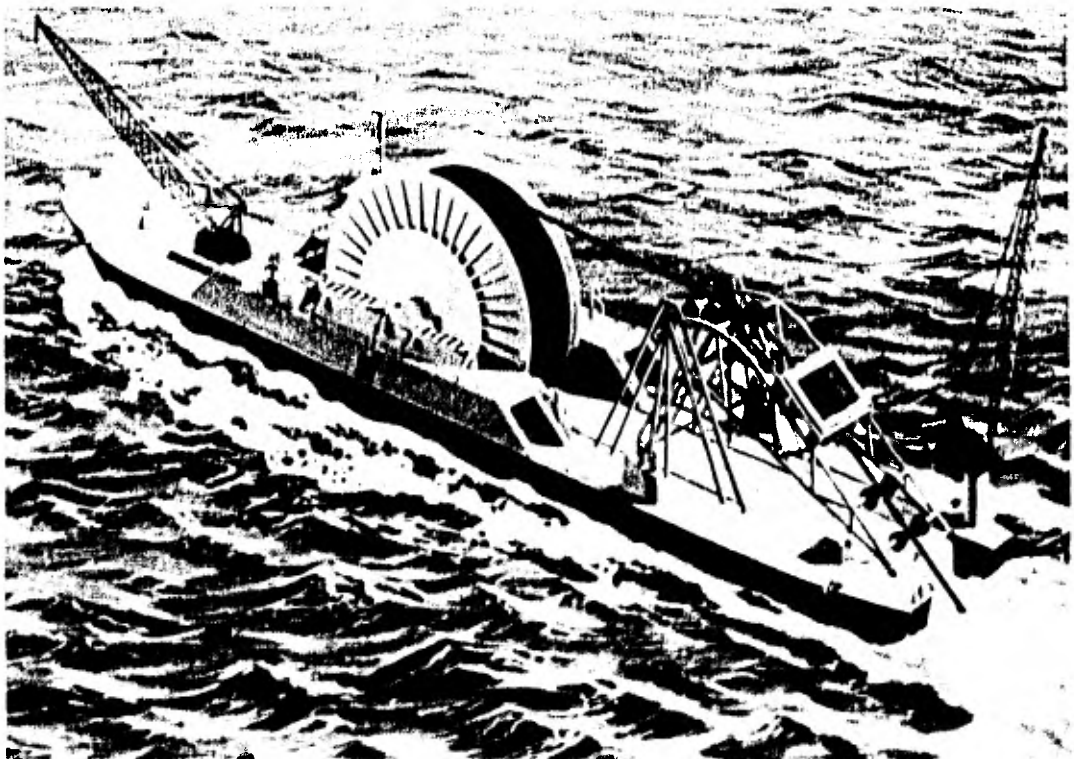
Para asegurar la tubería contra la corrosión se le instala además una

protección catódica a su llegada a tierra.



En el caso de la plataforma KU-487 esta no se unió con una tubería directamente a tierra sino que se interconectó a una plataforma de recolección instalada en la misma sonda de Campeche; de esta plataforma se tendió la tubería de 48" a tierra.

Existen embarcaciones nuevas que para el tendido de tubos, de diámetro hasta de 16", lo pueden hacer mediante la utilización de un carrete como el que se muestra en la fotografía.



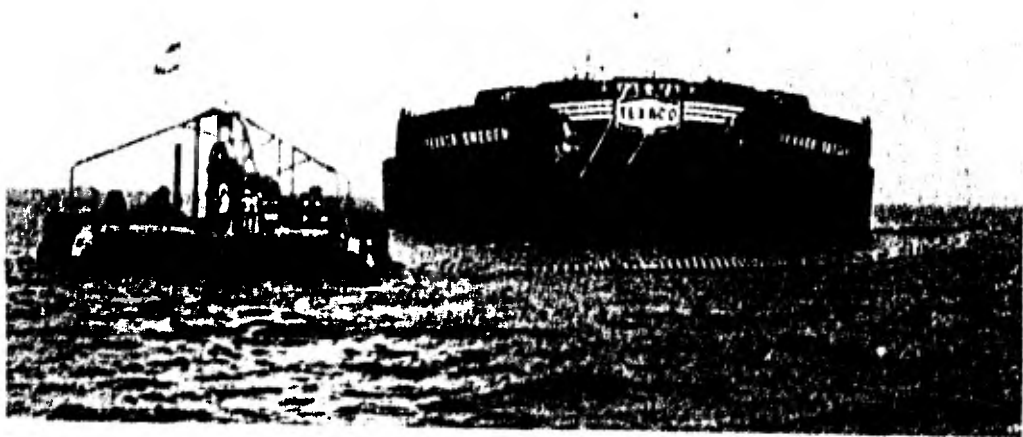
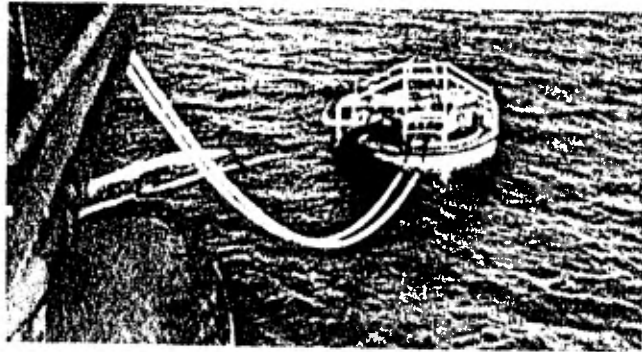
Cuando el transporte de los hidrocarburos pretende hacerse a través de barcos, se instala una boya, la cual queda unida mediante tubería y manguera flexible; la boya tiene una cabeza rotatoria a la que se conectan las mangueras del barco, lo cual permite a los barcos cargar, aún cuando cambien de posición.

La boya realmente no es un elemento de almacenaje, sino solo un dispositivo para la carga de los barcos.



Boya para cargar barcos.





SEABOARD STEAMSHIP COMPANY

En ocasiones es necesario almacenar cerca de las plataformas el petróleo, ésto se logra mediante tanques sumergibles, los cuales en muchos casos llevan una plataforma superior, con la cual se permite el acceso para el control de la misma.

El tanque es construído en la playa, se flota hasta el sitio en donde se decide instalarlo y ahí se inunda para poderlo fijar.



Entalado de tanque de almacenamiento fijo al mar

### Riesgos oceanográficos, meteorológicos, geofísicos y geológicos.

Durante la exploración y explotación petrolera así como durante la instalación de plataformas y tendido de tuberías existen riesgos de tipo oceanográfico, meteorológico, geofísico y geológico. Se presentan - hasta el final de este capítulo, ya que deben ser tomados en cuenta en todas las actividades descritas en capítulos anteriores.

Los principales fenómenos que en alguna forma representan un riesgo para los trabajos "fuera de costa" son los siguientes: oleaje, viento, sismos, erupciones volcánicas, erupciones no controladas de gas y de petróleo.

El oleaje afecta principalmente durante la exploración petrolera, la - instalación de plataformas y el tendido de tubería.

Hay que recordar que la exploración se hace, en la mayoría de los casos, desde unidades móviles y en éstas los movimientos producidos por el oleaje no son del todo controlables; se pueden controlar hasta - ciento punto los movimientos horizontales pero no así los movimientos verticales que ponen en peligro a la tubería que va de la cabeza del pozo a la plataforma.

El tendido de tuberías no se puede hacer con las mayores de 2 mts,

El transporte y la instalación de plataformas se vuelven riesgosos con el oleaje.

Una forma de reducir los efectos del oleaje es elevar las cubiertas de las plataformas autosumergibles o semisumergibles en los casos de exploración; así como usar barcasas de pontones para el tendido de tuberías.

Las plataformas fijas resisten mejor el oleaje ya que no tienen movimiento vertical, por estar ancladas al fondo marino y están calculadas para minimizar los movimientos horizontales.

El viento afecta por igual a plataformas móviles y fijas así como a las embarcaciones para instalación de plataformas o tendido de tubería. Sin embargo las plataformas fijas son las más aptas para soportar la acción del viento.

Vientos de 300 kms./h pueden dañar o destruir las superestructuras; recuérdese que la presión del viento aumenta con el cuadrado de la velocidad. Además la presión puede aumentar bruscamente si el aire tiene espuma, basta con el contenido de 1% de espuma para que la presión aumente 10 veces; a velocidades de viento de 100 kms/h la formación de espuma es tan grande que no se puede establecer una línea divisoria entre el aire y el agua.

Las tempestades ya sean trombas o tornados ponen en peligro también todas las operaciones "fuera de costa" aunque en menor grado, dado que en la mayoría de los casos éstas son más localizadas y su radio de acción es menor.

En los casos de oleaje y de vientos, así como en algunos casos de tempestades o tormentas, deben suspenderse las operaciones de exploración, instalación de plataformas o tendido de tuberías. Cuando las condiciones son críticas deben movilizarse los equipos a la costa y ponerse al abrigo.

Cuando se suspende un trabajo de tendido de tubería, ésta se suelta al fondo marino, cuidándose de que no se rompan, éstas quedan señaladas con una boya para posteriormente recuperarlas y así continuar trabajando. En el caso de la instalación de plataformas fijas debe existir la seguridad de que habrá tiempo suficiente para su transporte, colocación y piloteado. Por lo menos dos o tres pilotos deben quedar hincados.

Las corrientes marinas presentan problemas durante la instalación de las plataformas para su localización y emplazamiento; los problemas se originan por la distribución vertical de velocidad y direcciones diferentes. Para el tendido de tuberías los problemas son similares.

Las corrientes también erosionan el lecho marino, el cual queda socavado debajo de los ductos, con lo cual se pone en peligro la tubería.

En zonas polares o sub-polares otro riesgo es el hielo marino superficial que puede producir presiones sobre las plataformas, así como los icebergs que pueden golpear a las mismas.

Para las plataformas fijas, el sismo representa el mismo problema que para cualquier estructura terrestre, pero con el agravante de la ola sísmica o tsunami, la cual es especialmente peligrosa. El sismo representa también un grave peligro para las tuberías.

Las erupciones volcánicas en el mar pueden originar también una ola semejante, aún en el caso de que la erupción no sea muy cercana a las plataformas.

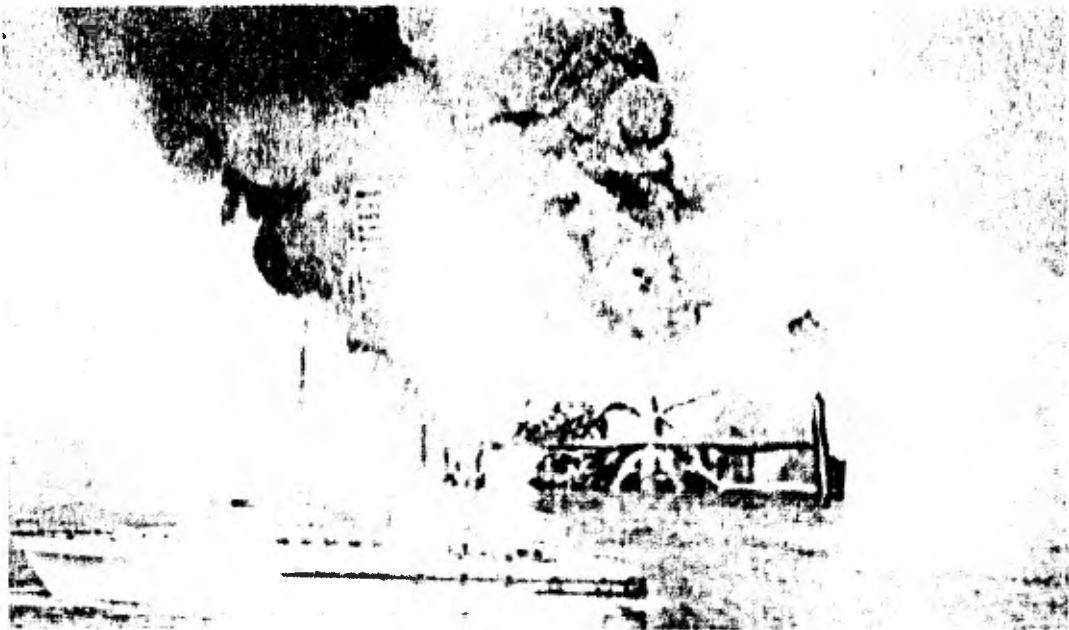
Las erupciones no controladas de gas y del petróleo son un riesgo adicional sobre todo para las plataformas móviles, dentro de éstas, las flotantes son las más afectadas. La fuga de gas puede producir tal cantidad de burbujas en el agua de mar que ésta puede ver reducida su densidad y por lo tanto su capacidad de carga, poniendo en peligro la estabilidad de la plataforma.

En el caso de plataformas fijas el riesgo de una erupción de gas y de

petróleo, es que se craterice y se dañen pilotes y columnas.

Es también frecuente que se originen incendios en el caso de erupciones no controladas de gas y de petróleo.

Por todas las razones expuestas, el estudio y la planeación de la explotación petrolera en el mar, incluyendo la instalación de plataformas y el tendido de tuberías, requieren de una gran cantidad de datos, meteorológicos, oceanográficos, geofísicos y geológicos; muchos de los cuales se obtienen por mediciones directas y por el conocimiento de condiciones en zonas vecinas.



" Incendio en plataforma "

10. Conclusiones.



## CAPITULO X

### C O N C L U S I O N E S

Se ha mencionado en el capítulo IV que el petróleo y el gas son recursos no renovables; se ha revisado también ( ver página 50 ), que mientras en 1940 el consumo mundial diario era de 5'494,000 barriles, en 1979 era de 64'125,000 barriles, es decir prácticamente 12 veces mayor.

De lo anterior se deduce que debe generarse conciencia para establecer el máximo ahorro de petróleo a nivel mundial; cualquier esfuerzo que se haga en este aspecto será saludable para las futuras generaciones.

Además del ahorro mencionado en el párrafo anterior deben buscarse otras fuentes de energía de las cuales la carbonífera, la solar, la geotérmica son las más viables en el presente. Debe continuarse con la generación de energía atómica, pero antes deben quedar resueltos todos los problemas de contaminación del medio ambiente y de desecho.

Debe aprovecharse también al máximo todas las posibilidades de generación de energía basados en los recursos hidráulicos, que aunque en algunos países ya son reducidos, a nivel mundial son todavía muy

amplios y paradójicamente en algunos casos, cuando los recursos - hidráulicos son amplios hay escasez de petróleo, como por ejemplo en Brasil y Colombia.

Existe la alternativa, aunque con algunas limitaciones técnicas, de hacer interconexiones para aprovechar en algunos países la energía hidráulica producida en otros. La forma de pago podría ser, cuando el país que recibe la energía hidráulica tiene petróleo, con petróleo, para usarse en la generación de energía en donde no pueda ser usada la energía hidráulica. También se puede pagar con derivados del mismo petróleo.

Adicionalmente al ahorro y a la búsqueda de otras fuentes de energía, el mundo deberá continuar buscando otros aprovisionamientos de petróleo. En tierra y en la plataforma continental perforando con nuevas técnicas a mayor profundidad. Deben aprovecharse también yacimientos conocidos de petróleo, que si en la época actual no resultan económicos, se pueden aprovechar en el futuro; cuando el petróleo escasee resultarán económicos, también deben buscarse técnicas para hacerlos económicos en la actualidad; ejemplos son el petróleo bituminoso del Orinoco o el Paleocanal de Chicontepepec.

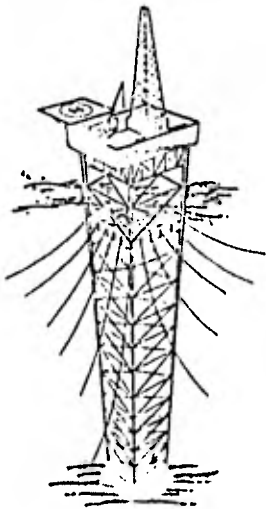
Pero sin lugar a duda la mayor reserva de petróleo con que seguramente cuenta el mundo está en el mar, Por tal razón debe incremen-

tarse la exploración y perforación petrolera en la plataforma continental; en realidad, la tecnología para los trabajos fuera de costa es reciente y sin embargo, ha dejado sentir de inmediato el beneficio. Ejemplos muy importantes son Inglaterra y Noruega en el Mar del Norte, que antes no contaban con petróleo y a raíz de la explotación fuera de costa, se han convertido de importadores en exportadores; igual cosa ha sucedido con México.

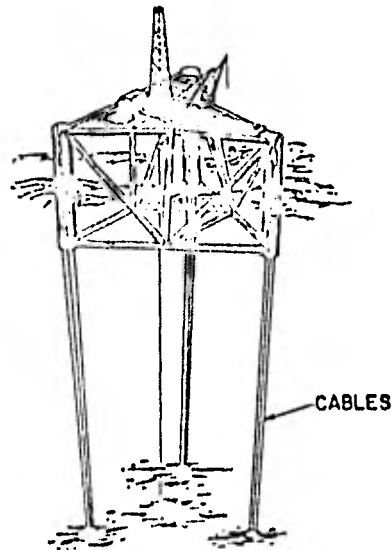
Por otro lado, hay que recordar que el Planeta Tierra está cubierta por agua en más del 70% de su superficie y que esta agua se encuentra concentrada en el hemisferio sur; es pues, en ésta basta extensión en donde en el futuro deberemos buscar yacimientos petrolíferos, con los cuales se pueda suministrar la energía que el mundo usará en los próximos siglos.

Las técnicas de perforación a esas profundidades deberán evolucionar, pues las actualmente conocidas no son suficientes. Existen ya algunas alternativas para profundidades mayores a las de la plataforma continental y se trata de plataformas flotantes pero ancladas al fondo marino con tensionadores y columnas a tensión como las que se muestra en la figura.

ALTERNATIVAS FUTURAS PARA EXPLOTACION  
EN AGUAS PROFUNDAS



TORRE CON TENSIONADORES  
ANCLADOS



PLATAFORMA CON COLUMNAS  
A TENSION

Antes de la terminación de este trabajo se debe mencionar las últimas cifras publicadas por Petróleos Mexicanos a finales de 1981:

- Reservas probadas, 72,000 millones de barriles de hidrocarburos líquidos totales,

- Producción actual:

Crudo 2'550,000 barriles / dfa,

Condensado y líquido 254,000 barriles / dfa,

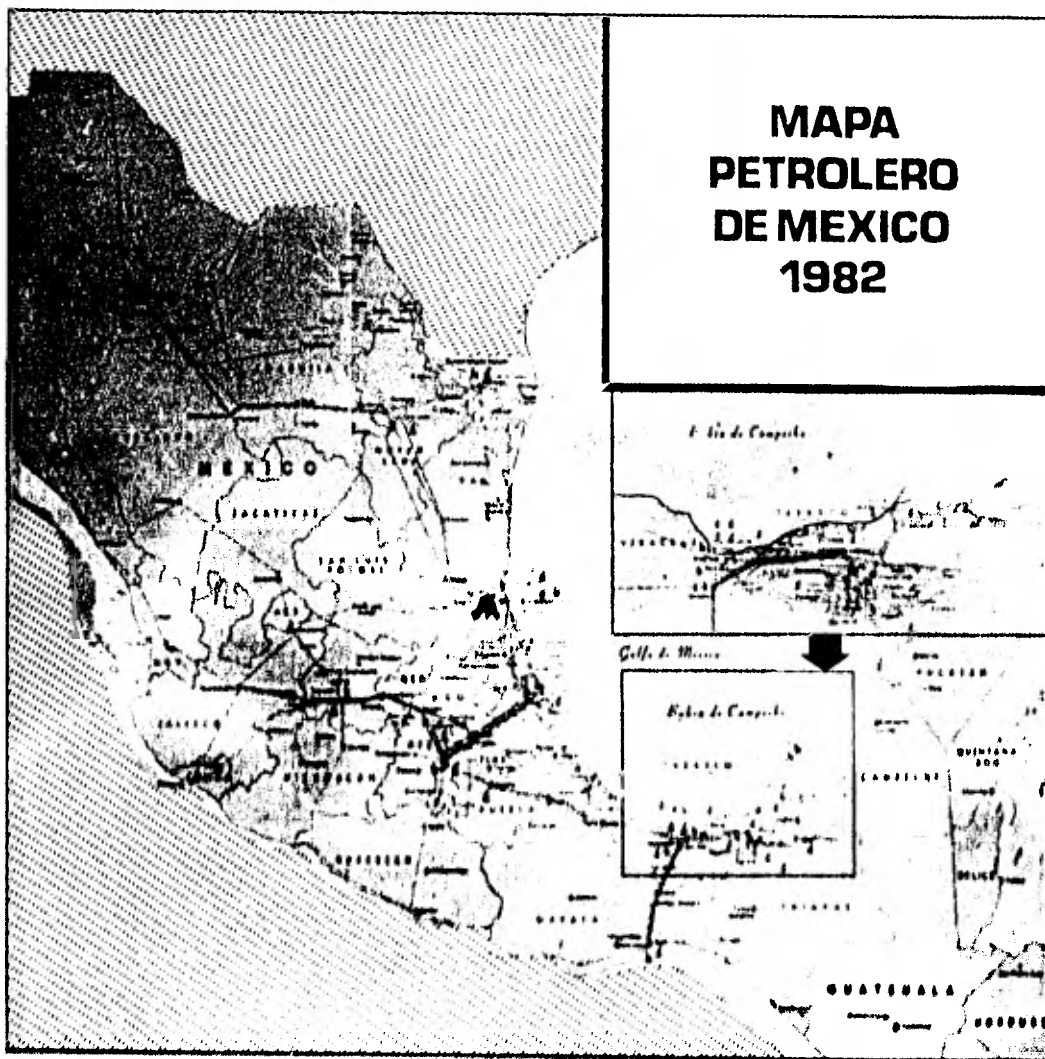
Gas natural 3,9 millones pies<sup>3</sup> / dfa,

- Meta actual de producción 2'750,000 barriles / dfa de crudo,

- Nivel actual de exportación 1'158,000 barriles / dfa de crudo,

- Meta de exportación 1'500,000 barriles / dfa de crudo,

Por último se incluyen dos mapas de la República Mexicana, el primero con los yacimientos conocidos en explotación, refinerías y ductos, el segundo se refiere a las provincias geológicas y en él se puede apreciar las zonas productivas, las zonas nuevas con buenas posibilidades, zonas con posibilidades a mediano y largo plazo, zonas desconocidas y zonas sin posibilidades.





BIBLIOGRAFIA

1. Offshore Technology
2. International Petroleum Encyclopedia
3. Offshore Platforms and Pipelining
4. Oil and Gas Journal
5. Petroleo Internacional
6. Nippon Steel Offshore Jacket Design System
7. Informes Anuales de Petróleos Mexicanos
8. Historia de la Expropiación Petrolera por Jesús Silva Herzog
9. Información de los archivos Técnicos de PEMEX y FIMSA.