

ACA-T-92

**U. N. A. M.**

**E. N. E. P. ACATLAN**



**LA TERMINAL MARITIMA DE PETROLEOS MEXICANOS  
EN LA BARRA NORTE DE TUXPAN, VERACRUZ.**

**T E S I S**

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

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

**BERNARDO MIGUEL VORDERWINKLER ESPINOSA**

*No. CUENTA 7860474-2*

**ACATLAN, MEX.**

**1983**

*M-0028676*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"  
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA.

CAI-C-123/82.

SR. BERNARDO MIGUEL VORDERWINKLER ESPINOSA  
Alumno de la Carrera de Ingeniería Civil,  
P r e s e n t e.


De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 10 de Septiembre de 1981, me complace notificarle - que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "La Terminal Marítima de Petróleos Mexicanos en la Barra Norte de Tuxpan, Vera cruz", el cual se desarrollará como sigue:

- 1.- Descripción geográfica de la Barra Norte de Tuxpan
- 2.- Condiciones actuales de la terminal
- 3.- Futuras ampliaciones de la terminal
- 4.- Análisis de las condiciones de los accesos terrestre y marítimo
- 5.- Estudio de la construcción del puerto

Asimismo fué designado como Asesor de Tesis el Señor Ing. Fernando Hernández de Labra, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento - de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico 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. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Acatlán, Coahuila de México., a 3 de Junio de 1982.

  
ING. ALEJANDRO RAMIREZ SECRETARÍA  
Coordinador del Programa  
de Ingeniería y Actuaría.  
ENEP - ACATLÁN  
COORDINACIÓN DE  
INGENIERIA Y ACTUARIA

A MIS PADRES

T.S. CLOTILDE ESPINOSA Y DE LEON

DR. WALTER VORDERWINCLER COLCUC.

A MIS PARIENTES, MAESTROS Y AMIGOS

MI AGRADECIMIENTO A LOS

SEÑORES:

ING. J. RUGERO BARRON MAYNEZ

ING. FERNANDO HERNANDEZ DE LABRA

ING. RODOLFO RAMIREZ ALMANZA

-----Indice.-----

Prólogo.

Introducción.

Antecedentes.

Capítulo I.- Descripción geográfica de la Barra Norte  
de Tuxpan, Veracruz.

Capítulo II.- Condiciones actuales de la Terminal.

Capítulo III.- Futuras ampliaciones de la Terminal.

Capítulo IV.- Análisis de las condiciones de los accesos  
terrestre y marítimo.

Capítulo V.- Estudio de la construcción del puerto.

Conclusiones y recomendaciones.

Prólogo.

El petróleo es en la actualidad un producto de gran importancia para el desarrollo de la industria moderna. De él se obtienen compuestos y derivados que son usados ya sea como energéticos o bien como materia prima para la elaboración de un sinnúmero de productos los cuales son utilizados actualmente en gran escala en todo el mundo, tales como plásticos, aceites, gasolina, diesel, emulsiones asfálticas, etc.

México cuenta con un subsuelo rico en mantos petrolíferos. En los últimos años se han encontrado numerosos yacimientos cuya explotación ha colocado al País entre los principales exportadores de petróleo en el mundo. A raíz de este auge de la explotación petrolera se ha generado la necesidad de la construcción de numerosas obras cuya función es hacer eficiente tanto la extracción como el almacenamiento y transporte del producto, además de brindar instalaciones funcionales a los enormes barcos petroleros para que puedan cargar adecuadamente el importante producto. De esta manera, se han construido oleoductos, plataformas marinas, caminos de acceso a los pozos, boyas de amarre, se han mejorado los puertos y acondicionado carreteras para un transporte más eficiente en el interior del País.

Una de estas obras producto de la explotación petrolera es la construida en la Barra Norte de Tuxpan, Ver., que ha servido como lugar de almacenamiento de productos y centro de distribución de los mismos a otros lugares del País. Actualmente se piensa utilizar tambien como terminal marítima, ampliando las instalaciones y construyendo un puerto.

En el presente trabajo se explica el desarrollo de la Terminal, exponiendo las funciones que ha desempeñado. Se hace una descripción de sus condiciones actuales, así como los planes que se tienen para su futuro desarrollo. Después se exponen las consideraciones y los estudios hechos para la construcción de los accesos a la Barra Norte de Tuxpan, tanto por vía terrestre como marítima. Se analizan las condiciones actuales de dichos accesos y la forma en que será construido el puerto, el cual generará mayor eficiencia en el transporte de productos derivados del petróleo.



Introducción.

Los productos petroquímicos son compuestos que pertenecen a los hidrocarburos derivados del petróleo. De ellos es posible sintetizar más de 650000 productos diferentes, los cuales son de gran utilidad para la fabricación de diversos materiales en la industria. Pueden crearse anticongelantes, resinas, fibras sintéticas, plásticos, detergentes, pinturas, explosivos, lacas, insecticidas y hules, entre otros productos.

Esta gran cantidad de derivados que se obtienen de los petroquímicos hace que la fabricación de dichos productos en el País forme parte importante de la industria Nacional. Es por ésto que año con año se crean mayores cantidades de productos petroquímicos, los cuales, en México, se fabrican en cinco plantas, principalmente, que son :

- Dos plantas en Pajaritos, Ver.
- Una planta en Reynosa, Tamps.
- Una planta en Poza Rica, Ver.
- Una planta en Cd. Madero, Tamps.

Para poder satisfacer la demanda nacional de petroquímicos en los años venideros, y para evitar en lo posible la importación de ellos, se ha construido el Complejo Petroquímico La Cangrejera, ubicado al Este del Estado de Veracruz, teniéndose planeado que comience a funcionar a mediados de 1982. Es-

te complejo industrial aumentará la capacidad instalada de productos petroquímicos casi al doble de la actual, lo que puede visualizarse mejor si se considera la producción de petroquímicos a partir de 1977 y se compara con su capacidad instalada. Para no ennumerar todos los productos petroquímicos, se puede tomar como indicador de la producción al etileno, el cual es el petroquímico más importante, debido a que contiene tres resinas sintéticas que son de gran consumo: polietileno, polícloruro de vinilo y poliestireno (el principal plastificante). Esto se comprueba con el dato de que, en 1981, el 51% de las ventas de petroquímicos correspondieron a productos derivados del etileno (\$ 10898 millones de pesos de un total de \$21288 millones de pesos).

La producción de etileno y su capacidad instalada, a partir de 1977, es la siguiente:

(En miles de Toneladas).

| Año          | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Producción   | 250  | 270  | 340  | 360  | 430  | 440  | 700  | 800  | 850  |
| Capac. inst. | 260  | 425  | 425  | 425  | 425  | 900  | 900  | 900  | 900  |

El incremento de la capacidad instalada de 1981 a 1982 ( de 425 a 900 miles de Toneladas), se debe a la construcción de La Jangrejera,

La tasa de incremento de la producción en la industria

petroquímica ha sido del 11.2% anual, y su crecimiento a partir de 1977 es el siguiente:

(En miles de Toneladas).

| Año.       | Producción. |
|------------|-------------|
| 1977 ----- | 7687.2      |
| 1978 ----- | 8548.2      |
| 1979 ----- | 9505.6      |
| 1980 ----- | 10514.0     |
| 1981 ----- | 11691.6     |
| 1982 ----- | 13001.0     |
| 1983 ----- | 14457.1     |
| 1984 ----- | 16073.3     |
| 1985 ----- | 17876.9     |

El problema inmediato que surge del incremento de la producción de petroquímicos es la forma de hacerlos llegar a los centros de consumo. Hay que considerar que la mayoría de los polos industriales de la República se encuentran ubicados en el Altiplano y el Norte del País, y la demanda de productos petroquímicos que surge de estos polos y que va a satisfacer La Cangrejera genera un problema de transporte que Petróleos Mexicanos, como fabricante y distribuidor, tiene la necesidad de resolver. Hasta la fecha, los centros productores de petroquímicos distribuyen sus productos principalmente por medio de

autos-tanque.

La demanda de petroquímicos producidos en La Cangrejera se ha estimado en 10,000 barriles por día, teniendo los compuestos como destinos al Distrito Federal, Veracruz, Ver., Cd. Madero y San Luis Potosí, entre otros. Tal cantidad de productos trasladados a través de distancias tan grandes no pueden ser distribuidos eficientemente utilizando el medio carretero como transporte. Dado que el auto-tanque de mayor capacidad con que cuenta Pemex puede contener 45,000 litros, y que un barril equivale a 159 litros, el número de barriles que puede cargar una pipa es:

$$\frac{45,000 \text{ lts/pipa}}{159 \text{ lts/barril}} = 283.02 \text{ barriles/pipa .}$$

El número de autos-tanque de esta capacidad necesarios diariamente sería:

$$\frac{10,000 \text{ barriles/día}}{283.02 \text{ barriles/pipa}} = 35.3 \approx 36.0 \text{ pipas/día.}$$

Este número de autos-tanque es el mínimo necesario, ya que se consideraron los de mayor capacidad, y no solo se utilizan éstos, sino que también transportan los productos petroquímicos pipas de 10,000, 15,000, 30,700 y 43,200 lts. Si se supone el auto-tanque promedio utilizado de capacidad de 30,700 lts, haciendo las operaciones anteriores resultan necesarios 52 pipas diarias

para transportar los 10000 barriles. Esta cantidad de pipas ya representa un incremento considerable de tránsito en la zona de Coatzacoalcos, lo que genera un problema de tráfico. También es necesario considerar el tiempo que necesitan las pipas para llegar a su destino. De Pajaritos al Distrito Federal hay 734 Km por carretera, 1150 Km a San Luis Potosí y más de 800 Km a Ciudad Madero. Todas estas distancias requieren una jornada o más para recorrerlas. Si un auto-tanque tarda 12 horas para viajar de Pajaritos al D.F., e invierte otras tres horas en llegar a su destino final y descargar el producto, el conductor del camión descansa un día antes de volver a Pajaritos, descansar y volver a cargar la pipa, de tal manera que cada auto-tanque repite su ciclo cada 78 horas, más de tres días (ésto en condiciones ideales, porque hay veces que los camiones tienen que esperar varios días antes de poder ser descargados), por lo que deben estar en circulación constante el triple de los camiones necesarios para transportar 10000 barriles diarios, o sea que si se supuso que salen 52 pipas diarias, cargadas con productos petroquímicos solamente, para el funcionamiento del sistema serán necesarios 156 autos-tanque.

Lo anterior sucedería si solamente se tuvieran que transportar los productos al D.F., pero en realidad hay que llevarlos a lugares aun más lejanos, con lo que se entorpece más este sistema de transporte terrestre, el cual resulta lento y generador de otros problemas.

Según los datos de firmas transportistas contratadas por Pemex, se tiene un precio unitario por litro transportado por Kilómetro. Para las distancias que se recorren desde Pajaritos a los centros de consumo se tiene:

Precio unitario x Km x litro = \$0.00121 x Km x lt.

| Origen    | Destino    | Distancia (Km) | P.U. \$/lt | P.U. x barril (P.U. x 159 lt) |
|-----------|------------|----------------|------------|-------------------------------|
| Pajaritos | D.F.       | 735            | 0.8894     | 141.41                        |
| Pajaritos | Veracruz   | 311            | 0.3700     | 58.83                         |
| Pajaritos | Cd. Madero | 846            | 1.0237     | 162.77                        |
| Pajaritos | S.L.P.     | 1150           | 1.3915     | 221.25                        |
| Pajaritos | Salamanca  | 1033           | 1.2499     | 198.73                        |

Si se enviara solamente un tipo de producto petroquímico desde Pajaritos hasta el Altiplano, la mejor solución a este problema de transporte sería la utilización de un ducto, pero esto no se puede hacer debido a que se están manejando más de 10 tipos distintos de productos petroquímicos y cada uno de ellos debe de mantenerse perfectamente puro, ya que si hay mezcla de dos productos distintos se contaminan y ya no hay posibilidad de que sean purificados. De tal manera que para enviarlos por ducto se tendría que mandar un solo producto, luego limpiar perfectamente la tubería y después enviar otro, o bien construir 14 diferentes líneas de ductos para uso exclusivo de petroquímicos. Por lo tanto la utilización de este modo de transporte no es funcional.

La otra posibilidad de transporte de los productos por vía terrestre es el uso de ferrocarril, pero los productos petroquímicos requieren un manejo muy delicado y los vagones no brindan la seguridad suficiente. Los costos de transporte ferroviario de algunos productos petroquímicos desde Pajaritos hasta el D.F. son:

Costos por Tonelada de producto:

| Producto             | Costo por Tonelada (\$ x Ton) |
|----------------------|-------------------------------|
| Ciclohexano-----     | 843.70                        |
| Ortoxileno-----      | 569.15                        |
| Benceno-----         | 569.15                        |
| Estireno-----        | 843.70                        |
| Tolueno-----         | 611.40                        |
| Xileno-----          | 569.15                        |
| Percloroetileno----- | 843.70                        |
| Metanol-----         | 843.70                        |

La utilización de los autos-tanque para el movimiento de los materiales es necesaria, ya que los productos no son mezclables y deben ser distribuidos a cada una de las fábricas que los requieran, por lo que no se puede anular completamente este modo de transporte; sin embargo es posible reducir la distancia del movimiento por carretera si se acercan los productos a los centros de consumo utilizando el transporte marítimo, que resulta un medio costeable debido a las grandes can-

tidades de productos que se manejan.

El punto de la costa del Océano Atlántico más cercano a los centros de consumo que cuenta con las instalaciones adecuadas para el manejo de petroquímicos es el Puerto de Brownsville, en Estados Unidos, por lo que una posible solución sería transportar los materiales por barco hasta E.U.A., luego cruzar la frontera por tierra y distribuir los productos hacia el interior del País. Esto desahogaría el tráfico terrestre de autos-tanque en Pajaritos y sería ventajoso para los polos de industria del Norte de la República, pero el precio del traslado del material en otro país y la distancia terrestre desde la frontera hasta el Centro aumentaría mucho el costo de transporte de petroquímicos.

Por este motivo se hizo necesario habilitar un lugar en la costa mexicana del Golfo para que estuviera en posibilidad de recibir los productos petroquímicos y de ahí ser trasladados por carretera, pero viajando una distancia menor. Se decidió usar a la Terminal de la Barra Norte de Tuxpan, Ver., como punto de conexión entre los modos de transporte terrestre y marítimo, dado que ésta ha funcionado durante varios años como centro de almacenamiento y distribución de hidrocarburos, por lo que solo es necesario ampliar sus instalaciones para que quede en posibilidad de manejar productos petroquímicos. Es además el punto de la costa del Golfo más cercano al Distrito Federal, ya que la distancia por carretera entre Tuxpan y la



Capital es de 328 Km, por lo que el transporte terrestre de los productos al Altiplano se reduciría a la mitad de la distancia que se recorre desde Pajaritos, y el transporte marítimo se haría a través de una distancia de 432 Km.

Si se considera que el peso específico promedio de los productos petroquímicos es de  $0.75 \text{ Ton/m}^3$  y que un barril es de  $0.159 \text{ m}^3$  de capacidad, entonces un barril de petroquímicos pesaría:

$$0.75 \text{ Ton/m}^3 \times 0.159 \text{ m}^3 = 0.11925 \text{ Ton.}$$

Por lo tanto, un buque tanque de 3000 Ton de peso muerto (que es el barco que puede navegar por el canal de acceso a Tuxpan con su profundidad actual) podría transportar:

$$\frac{3000 \text{ Ton}}{0.11925 \text{ Ton/barril}} = 25157.23 \text{ barriles.}$$

El costo del transporte marítimo de los productos a través de 432 Km es :

- Buque-tanque de 3000 Ton de peso muerto.

Costo diario = 325000 pesos-día

Tiempo de ciclo Coatzacoalcos-Tuxpan-Coatzacoalcos = 3 días.

Combustible para 3 días = 36 Ton.

Costo de 36 Ton de combustible = 360000 pesos.

Costo del flete (tres días) = 325000 x 3 = 975000 pesos.

Costo total=Costo combustible +Costo flete =  
 =975,000 + 360,000 =1,335,000 pesos.

Costo por Tonelada =  $\frac{1,335,000}{3000}$  =445 pesos/Ton.

Costo por barril = 445 pesos/Ton x 0.11925 Ton/barril=  
 = 53.07 pesos/barril.

Al transportar los productos por medio de barcos desde Coatzacoalcos a Tuxpan, las distancias del transporte carretero se reducen al igual que sus costos, excepto para el caso de Veracruz, como se ve en la siguiente tabla:

Costo de transporte en auto-tanque .

| Origen | Destino   | Distancia (Km) | P.U. (\$/lt) | P.U. x barril (P.U. x 159 lt) |
|--------|-----------|----------------|--------------|-------------------------------|
| Tuxpan | D.F.      | 328            | 0.3900       | 62.01                         |
| Tuxpan | Veracruz  | 343            | 0.4000       | 63.60                         |
| Tuxpan | Cd.Madero | 192            | 0.2200       | 34.98                         |
| Tuxpan | Salamanca | 627            | 0.7587       | 120.63                        |
| Tuxpan | S.L.P     | 592            | 0.6900       | 109.71                        |

El costo total del transporte de petroquímicos por vía marítima a Tuxpan y de ahí por vía terrestre se puede obtener sumando ambos:

| Origen    | Destino   | T.marino \$/barril | T.terrestre \$/barril | Costo tot. \$/barril |
|-----------|-----------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| Pajaritos | D.F.      | 53.07              | 62.01                 | 115.08               |
| Pajaritos | Cd.Madero | 53.07              | 34.98                 | 88.05                |

| Origen    | Destino   | F.marino | T.terrestre | Costo tct. |
|-----------|-----------|----------|-------------|------------|
| Pajaritos | Veracruz  | 53.07    | 63.60       | 116.67     |
| Pajaritos | Salamanca | 53.07    | 120.63      | 173.70     |
| Pajaritos | S.L.P.    | 53.07    | 109.71      | 162.78     |

Si se comparan estos costos con los de la tabla donde se indican los costos de Pajaritos a sus destinos por vía terrestre, puede apreciarse que para todos los casos la utilización del transporte marítimo favorece a la costeabilidad del transporte, ~~excepto~~ para el caso de Veracruz, debido a su cercanía con Pajaritos, pero para este caso pueden ser enviados los productos directamente por tierra.

Actualmente, las operaciones de carga y descarga de hidrocarburos en la Barra Norte se realizan por medio de boyas marinas y se manejan solamente el crudo y productos destilados (gasolina y diesel). Las boyas no servirían para la descarga de petroquímicos, dado que solamente existen dos líneas de tubería para cada una, por lo tanto es necesario construir un muelle destinado exclusivamente a la carga y descarga de productos petroquímicos. El costo de este muelle se estimó, en 1980, en \$ 18000000.00 de pesos. Además será necesario instalar tanques y tuberías para el manejo de los productos en la Terminal.

Dado que las boyas tienen el inconveniente de que se dificulta su funcionamiento con el mal tiempo (en cuanto al ama-

re de los barcos), y ya que se va a construir un muelle para recibir productos petroquímicos, Petróleos Mexicanos decidió construir otros dos muelles donde se pudieran cargar y descargar el crudo, la gasolina, el diesel y el combustóleo. La realización de esta obra hará posible prescindir de las dos boyas de amarre, proporcionando un servicio más eficiente a las embarcaciones que lleguen a Tuxpan a cargar o descargar crudo y destilados.

Será necesario también aumentar la profundidad del canal y modificar las dimensiones actuales de las obras exteriores para que puedan navegar en el Río los barcos de 20000 y 40000 Ton de peso muerto, pero estas obras serán construidas posteriormente, ya que las boyas pueden dar servicio, aunque no idóneo, a los barcos de calados mayores que la profundidad del canal, y utilizar únicamente el muelle destinado a productos petroquímicos, resolviendo así el problema de transporte de estos productos fabricados en La Cangrejera.

-----Antecedentes.-----

La palabra Tuxpan es la castellanización de la palabra Nahuatl Tochpan, que tiene como raíces los vocablos "Tochtli", que quiere decir "conejo", y "Pan", que significa "en" o "lugar". Por lo tanto Tuxpan quiere decir: "lugar del conejo".

El conocimiento de la región de Tuxpan por los Europeos se remonta al año de 1518, cuando Juan De Grijalva navegó frente a las costas Tuxpeñas.

En 1520, la guarnición azteca de Tuxpan y Nautla atacó a los hombres de Hernán Cortés que vigilaban la Villa Rica de la Vera Cruz, bajo el mando de Juan De Escalante. Esta acción fué la causa de que el conquistador tomara prisionero a Moctezuma, aumentando el descontento de los Mexicanos. Para 1522, la región de La Huasteca era dominada por los Españoles.

Durante 1812, las tropas Insurgentes sitian a Tuxpan, pero son rechazados por el Ejército Realista.

En 1835, el Puerto de Tuxpan se cerró al comercio de altura, y duró en esas condiciones hasta 1837.

En 1853, el Departamento de Tuxpan fué incorporado políticamente a Veracruz.

Durante 1861, Benito Juárez decretó la construcción de un canal que uniera a Tuxpan con Tampico a través de la Laguna de Tamiahua.

Los trabajos para la construcción del canal antes mencionado no comenzaron hasta 1901.

En 1902 brotó en Cerro Viejo un pozo petrolero a 280 m de profundidad, pero no fué sino hasta 1904 cuando el Geólogo Don Ezequiel Ordóñez localizó el primer pozo petrolero de gran producción cerca de Tuxpan.

En 1948 se decretó la construcción de las escolleras y las carreteras que unirían a Tuxpan con México y Tampico.

Durante 1955, el ciclón Janet provocó la peor inundación que sufriera Tuxpan en su historia, ya que elevó las aguas del Río hasta 4 m arriba de su nivel.

En 1956 se inauguró el tramo de ferrocarril que une a Tuxpan con La Guadalupe, y en 1960 se inauguró el puente Tuxpan-Santiago de la Peña.

La Barra Norte de Tuxpan comenzó a funcionar como centro de distribución y almacenamiento de hidrocarburos en el año de 1908, cuando inició sus operaciones la compañía Cil Field de México e instaló cargadores submarinos, tanques de almacenamiento, estación de bombas y calderas, oleoductos y acueductos tanto en la Barra Norte como en Palmar y Ojite. Posteriormente todas estas instalaciones fueron adquiridas por la ex-compañía Mexicana de Petróleo "El Aguila" S.A. la cual construyó una planta en el estero de Tampamachoco que fué abandonada en Febrero de 1927. En Enero de 1935 la compañía Constructora Azteca desmanteló esta planta, cuya única actividad había sido

-17-

la de exportar el petróleo crudo que recibía de sus campos productores, al igual que el resto de las instalaciones.

En 1938, cuando el petróleo pasó a ser propiedad de la Nación, las diferentes máquinas y tuberías, equipo marítimo, estaciones de bombas y calderas, oleoductos y acueductos estaban en completo estado de abandono. Se habían hecho planes para modernizar las instalaciones, pero fueron suspendidas desde Mayo de 1937 al iniciarse el conflicto obrero-patronal que dió origen a la expropiación petrolera. Había sedimentos en el patio de tanques de almacenamiento, se carecía de sistema contra incendio, el alumbrado lo proporcionaba durante doce horas una planta de energía eléctrica de de 25 KVA-CD. Las oficinas y viviendas para los trabajadores estaban en estado ruinoso y su reparación era incosteable, y los únicos medios de comunicación eran fluviales y marítimos, y estaban en condiciones muy deficientes.

Se comenzaron los trabajos para dejar la Terminal en condiciones de servicio, y para principios de 1940 ya se habían reparado las bombas, calderas, oleoductos y algunos tanques de almacenamiento. La Terminal ya funcionaba como estación marítima de exportación, se aumentó su potencia de bombeo, pudiendo atender al mismo tiempo a dos buques-tanque de capacidad de 60000 barriles cada uno, recibiendo el producto desde Poza Rica, El Alamo y Potrero del Llano. Ya se había reparado el equipo marítimo y se acondicionó una embarcación con equipo

adecuado para los trabajos de buceo en los cargaderos submarinos y cruceros subfluviales. Se instalaron plantas para generar energía eléctrica durante las veinticuatro horas, mejorando así el rendimiento de las máquinas.

Durante los siguientes años se continuaron mejorando las condiciones de la Terminal, y en 1964 se decidió utilizar también el área de Tampamachoco ubicada en la margen izquierda del estero para atender, dentro de la zona Norte, los movimientos de embarcaciones dedicados al transporte de personal, combustibles y toda clase de materiales destinados a la perforación de pozos petroleros en el Golfo de México.

Para 1970, a pesar que el equipo de bombeo no era el adecuado, se podían atender dos supertanques de 120,000 barriles cada uno a un mismo tiempo, y se podía bombear a Poza Rica hasta 45,000 barriles diarios. La profundidad existente en los descargaderos submarinos y su amplitud de maniobra los hacía capaces de operar buques-tanque de mayor tonelaje. Se construyeron diferentes obras de mampostería, como las oficinas generales, talleres, bodegas, casa de señales, casa de solteros y casas para el personal, así como el edificio social, el cual alberga una escuela primaria con servicio completo, un aula del Centro de Japacitación del Instituto Mexicano del Petróleo, y campos deportivos de fútbol, beisbol, basquetbol y volibol. También se construyó un jardín de niños para los hijos de los trabajadores, se pavimentaron las calles de la Terminal y la carretera



-19-

Barra Norte-Tuxpan, y se hicieron puentes de acceso en Tampamachoco y el estero de Cangrejos.

De 1970 a la fecha, se han hecho obras para aumentar la capacidad de almacenamiento y bombeo de la Terminal y se han ampliado las instalaciones en general. La demanda de hidrocarburos en el Altiplano ha hecho necesario que se bombee el producto desde la Barra Norte en cantidades cada vez más elevadas. En 1972 se bombeaban 112,200 barriles por día, en 1973 se aumentó esta cantidad a 147,800 barriles por día, y siguió aumentando el transporte de hidrocarburos por bombeo, logrando en 1976 un movimiento de 460,000 barriles por día a través de oleoductos, surtiendo de crudo a las refineries del Altiplano, que son las de Azcapotzalco, Salamanca y Tula.

Actualmente se está realizando un proyecto cuya realización permitirá a la Terminal manejar, además del crudo y los destilados, a los productos petroquímicos. Este proyecto incluye el habilitado de más instalaciones de almacenamiento y la construcción de tres muelles en la margen izquierda del Río Tuxpan.

Capítulo I.

Descripción geográfica de la Barra Norte de Tuxpan, Veracruz.

El Estado de Veracruz, el cual tiene gran importancia económica en el país debido a la elevada producción de materias primas para la industria (entre ellas el petróleo, del cual es Veracruz el Estado más rico en yacimientos), y de productos alimenticios (agrícolas, ganaderos y pesqueros), se extiende a lo largo de la costa del Océano Atlántico, ocupando parte de la planicie costera del Golfo de México y elevándose, hacia el Oeste, por los cordones volcánicos de la Sierra Madre Oriental.

Esta disposición geográfica de terrenos planos en la costa y montañas en el Occidente del Estado, permite que por su largo litoral voluminosas masas de aire caliente saturadas de humedad provenientes del Océano Atlántico sean arrastradas por los vientos hasta chocar con la Sierra Madre Oriental, donde las bajas temperaturas propician la condensación y la precipitación pluvial. Es por esto que Veracruz es uno de los Estados mexicanos donde más llueve. En las zonas aledañas a los conjuntos montañosos se rebasan los 2000mm anuales de precipitación pluvial. Dada esta cantidad de lluvia, las cuencas de Veracruz forman ríos de grandes caudales, como son los ríos Fánuco, Coatzacoalcos, Papaloapan, Jazones y Tuxpan. La cuenca que forma a

este último Río, situado al Norte del Estado, es angosta y de corta longitud, pues abarca parte de la zona montañosa donde las corrientes se precipitan en rápida pendiente, para alcanzar después la Llanura Costera y desembocar en el Golfo de México. El Río Tuxpan está formado por la unión de los Ríos Vinazco y Pantepec, y tiene 180 Km de longitud. El área de su cuenca es de 5,440 Km<sup>2</sup>, y su escurrimiento anual medio es de 4,231 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. En su desembocadura, y formada por los materiales que arrastran el Río y las ondas oceánicas, está la Barra Norte de Tuxpan. También han formado el Estero de Tampamachoco.

Políticamente, el municipio de Tuxpan ocupa una extensión de 1,075 Km<sup>2</sup>. Está limitado al Este por el Golfo de México, y en tierra firme por los Municipios de Tamiahua, Temiapache, Tihuatlán y Cazones. La cabecera del Municipio es la Ciudad-Puerto de Tuxpan de Rodríguez Cano, situada en la margen izquierda del Río, a 12 Km de su desembocadura.

La Barra Norte de Tuxpan, donde se encuentran las instalaciones de Pemex, comprende dos zonas: la primera es la Isla de los Potreros, y está limitada al Norte por el Canal de Mojarras, al Sur por la margen izquierda del Río Tuxpan, al Este por el Océano Atlántico, y al Oeste por el Estero de Tampamachoco. La segunda zona comprende desde dicho Estero hasta el Kilómetro 35 de los oleoductos Barra Norte-Potrero del Llano, entre la margen izquierda del Río y el derecho de vía de los oleoduc-

tos mencionados. Las coordenadas geográficas de la Barra Norte son: Latitud 21° 00' Norte, y Longitud 97° 20' Oeste. Los planos de mareas registrados en las costas de la Barra son, según los estudios hechos por el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., Departamento de Oceanografía:

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Pleamar máxima registrada----- | 0.833 m.  |
| Nivel de pleamar media-----    | 0.219 m.  |
| Nivel medio del mar-----       | 0.000 m.  |
| Nivel de bajamar media-----    | -0.284 m. |
| Bajamar mínima registrada----- | -0.782 m. |
| Nivel de media marea-----      | -0.033 m. |

Estos datos se obtienen a partir de la observación y medición de las variaciones de marea diarias que ocurren en el lugar. Haciendo mareogramas diarios, que son unas gráficas que tienen por ordenadas las alturas de mareas y por abscisas el tiempo en horas, pueden obtenerse los promedios de mareas altas y mareas bajas, los cuales constituyen los niveles de pleamar y bajamar medias, respectivamente. El promedio de las mareas altas y bajas constituye el nivel de media marea.

El suelo de la Barra Norte contiene bastante arcilla, sobre todo en las proximidades del Río, donde, en general, se han encontrado un 90% de materiales arcillosos y un 10% de arenas. En esta zona el suelo es de consistencia blanda y ha sido clasificado como un suelo CH, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

El clima de la Barra Norte queda definido según la clasi-

ficación de Köppen como un clima de sabana, tropical lluvioso (Aw<sub>2</sub>), con una época seca en invierno y una época seca corta en Verano. Por estar junto al mar, el medio es corrosivo, ya que persiste una humedad continua, además del efecto de los sulfatos del agua del Océano. La presión barométrica media es de 14.7 lbs/pul<sup>2</sup>. Las temperaturas extremas registradas son:

Temperatura máxima registrada---38.89°C.

Temperatura mínima registrada---3.89°C.

Temperatura media-----25°C.

La situación climatológica de la Barra Norte de Tuxpan se puede apreciar mejor con los datos de los fenómenos meteorológicos presentados a continuación. Estos datos fueron registrados durante 1977.

|                              | Ene  | Feb  | Mar | Abr  | May  | Jun  | Jul | Ago  | Sep  | Oct | Nov  | Dic  |
|------------------------------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|
| Evaporación total.(mm)       | 62.8 | 73.8 | 101 | 117  | 145  | 143  | 166 | 154  | 135  | 112 | 70.7 | 70   |
| Temperatura mínima.(°C)      | 8    | 10.5 | 10  | 13   | 19   | 19.4 | 20  | 21.2 | 21   | 14  | 13   | 5.8  |
| Temperatura media.(°C)       | 16   | 19.6 | 21  | 24   | 25   | 26   | 26  | 24   | 22   | 21  | 21   | 20   |
| Temperatura máxima prom.(°C) | 20.6 | 23.4 | 28  | 29   | 32   | 32   | 33  | 34   | 33.5 | 30  | 27   | 25   |
| Temperatura mínima prom.(°C) | 13   | 14   | 16  | 18.5 | 21.4 | 21   | 22  | 23   | 22.6 | 20  | 18   | 16.5 |

|  | Ene      | Feb      | Mar      | Abr        | May         | Jun        | Jul         | Ago       | Sep     | Oct      | Nov       | Dic     |
|--|----------|----------|----------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|---------|----------|-----------|---------|
| Presión<br>media del<br>aire.<br>(KB)                      | 16.8     | 17.3     | 8.8      | 11.7       | 10.6        | 12.5       | 14          | 11.5      | 10.8    | 13.2     | 14        | 14.5    |
| Humedad<br>relativa<br>media.                              | 67       | 42       | 23       | 31         | 57          | 60         | 58          | 62        | 64      | 63       | 59        | 66      |
| Precipi-<br>tación<br>total.<br>(mm)                       | 28.5     | 25       | 6.9      | 22.5       | 22.5        | 47.1       | 56          | 63.4      | 55.8    | 91.6     | 72.9      | 32.7    |
| Lluvia<br>máxima en<br>24 hs.<br>(mm)                      | 2        | 3.7      | 0.6      | 4.4        | 13.5        | 12         | 13.3        | 17.3      | 27.9    | 14.7     | 52        | 4.3     |
| Viento do-<br>minante y<br>su veloc.<br>media.<br>(Km/h)   | 7.1<br>N | 4.2<br>W | 9.7<br>N | 8.4<br>ESE | 10.2<br>ESE | 8.2<br>ESE | 10.2<br>ESE | 11.4<br>E | 10<br>E | 7.2<br>N | 13.7<br>N | 6<br>N  |
| Velocidad<br>maxima del<br>viento y<br>su direc.<br>(km/h) | 22<br>N  | 33<br>N  | 26<br>N  | 36<br>N    | 21<br>E     | 20<br>SE   | 30<br>SE    | 23<br>ESE | 33<br>S | 26<br>N  | 14<br>N   | 32<br>N |
| # de días<br>con tem-<br>pestad<br>eléctrica               | 0        | 0        | 0        | 4          | 0           | 4          | 3           | 0         | 1       | 2        | 0         | 0       |
| # de días<br>con niebla                                    | 5        | 4        | 7        | 2          | 7           | 4          | 10          | 9         | 14      | 4        | 9         | 12      |

-25-

La población del Municipio de Tuxpan, Veracruz, según los datos del IX Censo de Población y Vivienda de 1970, era de 71,130 habitantes. Hasta la fecha, no se tienen editados los datos del Censo de 1980 por localidades, sino solamente por Estados de la República. Sin embargo, se han hecho las proyecciones necesarias las cuales pueden dar una idea bastante aproximada de la población de Tuxpan.

Según los datos del Censo de 1970, el 25% de la población total del Municipio era económicamente activa; el 42.2% de ellos dedicados a actividades primarias, el 18.2% a las actividades industriales y el 35% al comercio y los servicios. El alfabetismo registrado fué de un 80.9% de la población total, teniendo instrucción primaria o superior el 28.7%.

La Barra Norte de Tuxpan contaba con 555 habitantes, con una población económicamente activa del 25.4%; el 56% de ésta dedicada a actividades industriales, el 36.9% al comercio y servicios y el 5.7% a actividades primarias. El índice de alfabetismo fué de un 90%, y el 50.9% de los habitantes tenían educación primaria o superior.

Con base en el Censo mencionado, el 51.6% de las viviendas en la Barra Norte eran propias; el 63.2% del total contaban con agua entubada dentro del edificio y el 30.5% fuera de él. El 68.4% de las viviendas tenía drenaje, el 97.9% contaba con energía eléctrica, y el 74.7% tenía piso diferente de tierra. El

87.4% de las casas poseían radio y el 60% televisión.

Según los datos de la Secretaría de Programación y Presupuesto, la proyección de población del municipio de Tuxpan para 1981 es de 108,530 habitantes, y en la Barra Norte es de 847 habitantes.

Los medios de comunicación de la Barra Norte pueden clasificarse en: terrestres, acuáticos y radiocomunicación. Se puede llegar por avión solamente hasta un aeropuerto que se encuentra en las cercanías de Poza Rica, donde pueden aterrizar aviones turbohélice. La única manera de llegar a la Barra Norte por aire es con helicóptero.

La vía terrestre de comunicación es una carretera que une a la Barra Norte con la Ciudad de Tuxpan. Para ligar a la Barra con tierra firme se construyó un puente sobre el Estero de Tampamachoco, y la distancia que hay entre este puente y la Ciudad de Tuxpan es de 11 Km. A la Ciudad llegan dos carreteras pavimentadas, una de las cuales va a Tampico y la otra al D.F. Existe otra carretera cercana que concurre con el tramo Tuxpan-Poza Rica, y que comunica a Tuxpan con Cazonas. Las distancias que cubren estas vías terrestres a partir de la Barra Norte son las siguientes:

- 11 Km a Tuxpan de Rodríguez Cano.
- 192 Km a Tampico, vía Cerro Azul-Naranjos.
- 271 Km a Tampico, vía Tantoyuca-Pánuco.
- 56 Km a Poza Rica, vía México.
- 360 Km a México, vía Poza Rica-Pachuca.



297 Km a Veracruz, vía Nautla-Cardel.

300 Km a México D.F., vía Poza Rica-Teotihuacan.

La Barra Norte no tiene comunicación ferroviaria. Se tiene pensado unir con ferrocarril a la Ciudad de Tuxpan con la vía corta a Tampico, pero aun no se realiza esta obra.

Las vías de comunicación acuáticas en la Barra Norte son marítimas y fluviales. En la margen izquierda del Estero de tampamachoco existe un puerto fluvial que sirve solo para barcos pesqueros locales y chalanes. Existe también el puerto fluvial de la Ciudad de Tuxpan, que en 1974 se clasificó como puerto autorizado para el tráfico de altura, mixto de cabotaje y pesca. La formación de la Barra Norte impide la navegación de barcos de gran calado por el Río Tuxpan.

También existe un canal costero de navegación que comunica al Río Tuxpan con Tampico, a través del Estero de Tampamachoco y la Laguna de Tamiahua. Por este canal navegan chalanes, principalmente.

Las vías fluviales y marítimas utilizadas, a partir de la Barra Norte, son:

a) Vías fluviales:

2 Km a Tampamachoco, vía Río Tuxpan.

7 Km a la Terminal de Cobos, vía Río Tuxpan.

12 Km a la Cd. de Tuxpan, vía Río Tuxpan.

-28-

14 Km a Palmar, vía Río Tuxpan.  
 36 Km a Cjite, vía Río Tuxpan.  
 42 Km a Tumbadero, vía Río Tuxpan.  
 45 Km a Tamiahua, vía Estero de Tampamachoco.  
 120 Km a Ocharas, vía Estero de Tampamachoco.  
 195 Km a Tampico, vía Estero de Tampamachoco.

b) Vías marítimas:

51 Km a la Isla de Lobos .  
 173 Km a Tampico.  
 61 Km a Tecolutla, Ver.  
 211 Km a Veracruz, Ver.  
 432 Km a Joatzacoalcos, Ver.

En cuanto a la comunicación por radio en la Barra Norte, se cuenta con una banda de Frecuencia Modulada. Los teléfonos sirven solo para llamadas locales, pero no hay larga distancia.

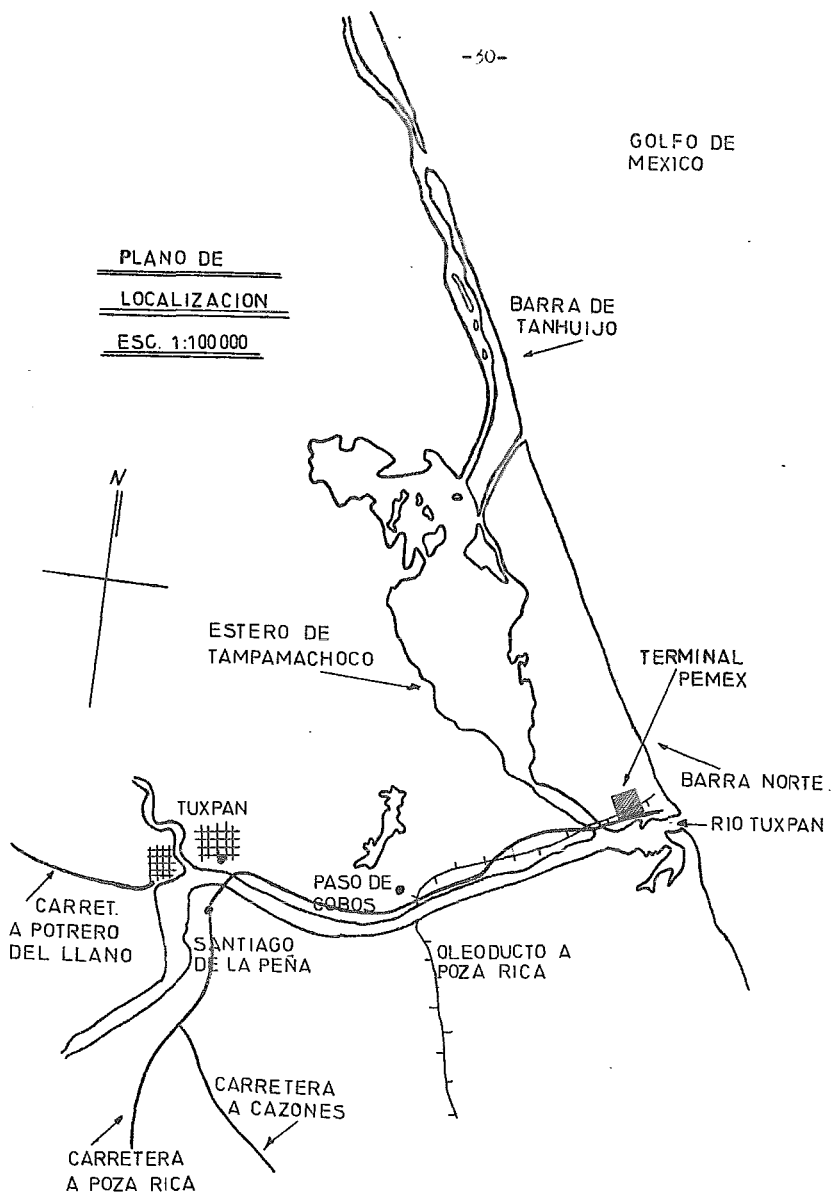
El Municipio de Tuxpan tiene gran impulso económico debido a su elevada producción agropecuaria, al comercio y a la industria petrolera. Se cultiva maíz, frijol, caña de azúcar, limón, piña, mango, plátano y coco de agua. En Tuxpan se exportan estos productos, además de pescado y petróleo. En la Barra Norte, específicamente, se almacenan los hidrocarburos y se mandan al Altiplano o se exportan; pero también hay gran producción pesquera. En el Estero de Tampamachoco se pesca el ostión, camarón, róbalo y cazón, y también del Océano se obtiene pesca-

do, el cual se manda despues al interior del país o es exportado.

En Tuxpan también se construyen barcos, en el astillero del poblado de Santiago de la Peña.

GOLFO DE MEXICO

PLANO DE  
LOCALIZACION  
ESC. 1:100 000



BARRA DE TANHUIJO

ESTERO DE TAMPAMACHOCO

TERMINAL PEMEX

BARRA NORTE

RIO TUXPAN

TUXPAN

PASO DE SOBOS

OLEODUCTO A POZA RICA

CARRET. A POTRERO DEL LLANO

SANTIAGO DE LA PEÑA

CARRETERA A CAZONES

CARRETERA A POZA RICA

Capítulo II.

Condiciones actuales de la Terminal.

La Terminal de Petróleos Mexicanos de la Barra Norte está ubicada en la parte Meridional de ésta, junto a la margen izquierda del Río Tuxpan, y tiene una extensión de aproximadamente 500 Hectáreas. Está constituida por un conjunto de instalaciones de las cuales unas cumplen con las funciones de almacenamiento y bombeo y otras realizan los servicios internos que la Terminal requiere para el mejor desarrollo de sus actividades.

El área que ocupan las instalaciones actuales en la Terminal de la Barra Norte es de aproximadamente 37 Ha, sin embargo, continuamente se realizan nuevas obras que amplían tanto su extensión como su número de actividades.

2.1.- Instalaciones de almacenamiento y bombeo.

El almacenamiento y el bombeo de los hidrocarburos constituyen las funciones fundamentales de la Terminal de Barra Norte, por lo que las instalaciones construidas con esos fines constituyen la infraestructura de ésta.

El almacenamiento de los diferentes productos se hace en tanques metálicos de forma cilíndrica. Cada uno de ellos tiene

un muro de protección circundante, comúnmente llamado charola. Estos muros están hechos de concreto armado, de 1.80 m de alto, y su función es contener el producto almacenado en el tanque, en caso de que hubiera un derrame. El volumen que puede contenerse dentro de los muros es generalmente el 80% del contenido máximo del tanque de almacenamiento. Los techos de los depósitos en la terminal son de dos tipos: de techo flotante y de techo fijo. Los techos flotantes están en contacto con el líquido, independientemente del nivel que éste tenga, por lo que las dilataciones y contracciones del producto se realizan libremente, evitando que se formen presiones que pudieran llegar a ocasionar una explosión. Los techos fijos se instalan en los tanques que están conectados a un gasómetro, que es un equipo que regula las presiones y permite desgasificar tanques y tuberías en forma automática.

Actualmente se cuenta en la Barra con 19 tanques que almacenan:

- 1.-Crudo.
- 2.-Diáfano.
- 3.-Gasolina.
- 4.-Gasolina sin plomo.
- 5.-Diesel.
- 6.-Agua.
- 7.-Contaminados.

La disposición en que están almacenados estos productos y la capacidad de los tanques es:

| TANQUE | CAPACIDAD DE<br>ALMACENAMIENTO<br>(Barriles). | PRODUCTO<br>ALMACENADO |
|--------|---|------------------------|
| TV-3A  | 55000   | Crudo                  |
| TV-10  | 55000   | Crudo                  |
| TV-4A  | 55000   | Crudo                  |
| TV-9   | 55000   | Crudo                  |
| TV-5A  | 55000   | Crudo                  |
| TV-8   | 55000   | Crudo                  |
| TV-6A  | 55000   | Crudo                  |
| TV-7   | 55000   | Agua                   |
| TV-101 | 55000   | Gasolina<br>sin plomo  |
| TV-102 | 55000   | Gasolina<br>sin plomo  |
| TV-103 | 55000   | Gasolina<br>sin plomo  |
| TV-14  | 1000  | Contaminados           |
| TV-11A | 5000  | Contaminados           |
| TV-17  | 55000   | Gasolina               |
| TV-104 | 200000  | Gasolina               |
| TV-12  | 55000   | Diesel                 |
| TV-105 | 200000  | Crudo                  |
| TV-13  | 55000   | Diáfono                |
| TV-100 | 100000  | Gasolina<br>sin plomo  |

El término TV significa "tanque vertical".

La cantidad de productos almacenados es la siguiente:

Gasolina = 393057 Bls.

Diesel = 142445 Bls.

Jiáfano = 48601 Bls.

Crudo = 502471 Bls.

Total = 1086574 Bls.

Las bombas de la Terminal de Barra Norte tienen como función impulsar a los hidrocarburos a través de los ductos a tres diferentes destinos, que son:

- a) A Poza Rica.
- b) Al Altiplano.
- c) A las boyas de amarre.

En los dos primeros casos, los productos son conducidos a varias estaciones de bombeo escalonadas para permitir su llegada a los lugares de mayor altitud. Los materiales que son bombeados a las boyas de amarre llegan a su destino con el solo impulso de las bombas de la Terminal.

Las bombas están instaladas en un cobertizo hecho con columnas y faldones superiores de concreto, y techo de estructura metálica y asbesto. El hecho de que no haya paredes laterales se debe a que, estando al aire libre, se evita la acumulación de gases que pudiera provocar una explosión. Junto a esta instalación se encuentra una casa de control desde donde se accionan las máquinas. Las bombas funcionan con voltajes de 3160,



4160 y 440 Volts. Esta carga la genera una subestación instalada dentro de la Terminal, la cual produce un voltaje de 66000 Volts, y por medio de transformadores les da a las bombas la carga que necesitan. Esta subestación sirve para todas las instalaciones eléctricas de la Terminal.

Las bombas envían los productos con presiones de descarga desde 35 Kg/cm<sup>2</sup> hasta 75 Kg/cm<sup>2</sup>. Los oleoductos que van por tierra tienen un diámetro de 24 pulgadas y de 0.281 pul. de espesor. El oleoducto Tuxpan-Poza Rica tiene una longitud de 71 Km. Los ductos que van a las boyas marinas tienen diámetros que varían entre 10, 12, 20 y 24 pulgadas.

Actualmente funcionan 16 bombas que generan los siguientes gastos:

- 4 bombas a Poza Rica----- 25000 barriles por día c/u.
- 5 bombas al Altiplano --- 50000 Barriles por día c/u.
- 3 bombas a barcos (crudo)--190000 barriles por día c/u.
- 2 bombas a barcos (otros)--120000 barriles por día c/u.
- 2 bombas para agua de enfriamiento.

Los oleoductos que parten de Barra Norte cuentan con un sistema de envío de diablos. Este es un funcionamiento que consiste en unas salidas de los ductos, llamadas trampa de envío de diablos, por donde se introducen unos cilindros (los diablos) que son del tamaño exacto del diámetro interior de la tubería. Estos diablos, impulsados por el líquido a presión,

-36-

van limpiando el ducto a través de toda su longitud, y al llegar a alguna estación de bombeo varios Kilómetros después, son sacados en otra "trampa" de diablos.

Además de los oleoductos, hay en la Terminal una enorme red de tuberías de diámetros y materiales diversos, las cuales conectan los tanques, bombas, descargaderos, y todas las instalaciones de la Terminal.

En la parte Norte de la Terminal está una presa de deslastre, donde se almacena el material de lastre de los barcos. Está conectada a ductos que van a las boyas de amarre, de tal manera que al llegar a éstas los buques descargan su material de lastre, el cual a través de las tuberías llega a la presa. El sistema de deslastre de los barcos actual tiene una capacidad de 180000 barriles por día.

Las boyas de amarre de Tuxpan son dos, de 10m de diámetro cada una, y llegan a ellas los ductos por donde se envían los productos desde tierra. Estas boyas son fondeadas con cadenas de gran diámetro, y soportan las tuberías que llegan desde la costa y las que son conectadas al barco. Con mal tiempo es difícil amarrar los buques a las boyas, pero una vez realizado esto, la transferencia de productos se realiza con mucha eficiencia, ya que el barco puede girar 360° alrededor de la boya sin dañar las instalaciones, ya que ésta puede absorber los impactos del navío porque está flotando. Además tiene la ventaja de que su construcción es simple.

Las boyas Nos. 1 y 2 están alejadas de la costa 5 y 7 Km respectivamente. El tirante de agua existente en la boya No.1 es de 45 pies (13.7m), por lo que pueden amarrarse en ella buques-tanque de hasta 125000 barriles. La boya No.2 tiene 50 pies de tirante de agua (15.24m), pudiendo recibir barcos con capacidad de 200000 barriles.

Existen cuatro descargaderos submarinos con tuberías que varían entre las 10 y las 30 pulgadas de diámetro. Tres de ellos están conectados a las boyas de amarre con la disposición siguiente:

- a) Descargadero #4 --- boya #2 (tuberías de 12, 24 y 30 pul).
- b) Descargadero #3 --- boya #1 (tuberías de 20 pul).
- c) Descargadero #2 --- boya #2 (tuberías de 10 pul, usadas para lastre).

El descargadero #1 se encuentra a 2180m de la costa, y es utilizado como drenaje.

Existen varios métodos para tender los ductos en el fondo del mar. Uno de ellos consiste en arrastrar la tubería por el fondo del mar utilizando un chalán con un malacate, el cual va jalando el tubo desde tierra al mar adentro. El ducto se desliza sobre una rampa submarina de lanzamiento hecha con el mismo terreno natural, la cual tiene una pendiente adecuada para el deslizamiento del tubo. Este procedimiento solo puede utilizarse para tuberías de corta extensión y donde la constitución del terreno submarino permita el arrastre sin dañar el

ducto.

También pueden tenderse tuberías colocando los ductos en el fondo y después levantando los extremos para soldarlos en el chalán, pero en este procedimiento se corre el peligro de que, en aguas profundas, la curvatura que se produce en el tubo al levantarlo produzca el pandeo o el estrangulamiento de las secciones.

El método más usado en el tendido de tuberías submarinas, utilizado generalmente en aguas profundas, consiste en un chalán de tendido equipado con una rampa de deslizamiento, el cual se va desplazando por medio de malacates y anclas. La tubería se transporta en un lanchón y se pasa al chalán por medio de una grúa montada sobre el mismo. A medida que se van lanzando los tubos, se lleva a cabo la operación de soldar.

Antes de tenderse, los ductos son recubiertos de materiales que les brinden una protección anticorrosiva. Esto se realiza con una pintura primaria, un esmaltado y posteriormente una capa de fibra de vidrio y fieltro asfáltico. También se le da a la tubería un recubrimiento de lastre de concreto, cuya función es darle a la línea el peso necesario. A veces la tubería lleva también un recubrimiento interior, el cual le da protección al ducto cuando éste transporta un producto corrosivo, y además reduce la rugosidad del tubo.

Antes de realizar el tendido de los ductos submarinos es necesario realizar estudios acerca del lugar donde se piensan lanzar las tuberías. Hay que obtener los datos de mareas, corrientes, oleajes y vientos, así como analizar el suelo del fondo del mar y realizar un levantamiento topohidrográfico de la zona.

Otras instalaciones que tienen gran importancia en la Terminal de Barra Norte son los talleres de mantenimiento y el sistema contra incendios. Existen actualmente tres talleres ubicados en un área de  $1100m^2$ , y dan servicio a toda la Terminal. El sistema contra incendios se maneja desde una casa de control y se extiende en una red de tuberías por todas las calles que circundan las instalaciones.

## 2.2.-Edificios administrativos.

Estas construcciones se han ido ampliando a medida que ha ido creciendo la Terminal. Hasta la fecha, se cuenta con una oficina general que ocupa una extensión de  $220m^2$ , y es donde se lleva el control administrativo. También hay una casa de señales ubicada cerca de las tuberías del descargadero #2 cuya función es controlar las operaciones de descarga. Por último, cabe mencionar el almacén de la Terminal, que está controlado por las oficinas administrativas.

### 2.3.- Viviendas.

En años anteriores gran parte del personal de la Terminal vivía en instalaciones dentro de la misma, tales como la casa de solteros. Actualmente, Petróleos Mexicanos ha construido una colonia en la misma Barra Norte, donde habitan sus empleados, y las antiguas instalaciones son ahora utilizadas como oficinas del Sindicato, aulas de capacitación, o clínica.

La colonia se extiende en el área comprendida entre el Estero de Tampamachogó y la Terminal, y ésta y la margen izquierda del Río Tuxpan.

### 2.4.- Calles, servicios urbanos y comunicaciones.

En la actualidad se cuenta con un camino de acceso pavimentado desde la Ciudad de Tuxpan hasta la playa de Barra Norte. Sobre este camino están los accesos a la colonia y a la Terminal, que también son pavimentados. Dentro de las instalaciones petroleras las calles son de concreto asfáltico, de 7 m de ancho, y permiten el acceso de los autos-tanque que cargan los productos y los llevan a otros lugares. Todas las calles cuentan con banquetas y alumbrado. La luz eléctrica es generada por la subestación descrita anteriormente. Tanto la población de la colonia como el personal de la Terminal cuentan

-41-

con abastecimiento de agua potable, y también con drenajes de tubería de concreto.

Existe también una clínica dentro de las instalaciones, así como un kinder para los hijos de los trabajadores y la escuela Primaria artículo 123. Se cuenta además con un campo deportivo ubicado en la entrada de la Terminal.

En cuanto a comunicaciones, hay actualmente servicio radiotelegráfico, una banda de radio FM, servicio telefónico local, y de larga distancia solamente dentro de la Terminal; también existe ya un helipuerto.

Capítulo III.

Futuras ampliaciones de la Terminal.

Desde que comenzó a funcionar en 1908 con la Oil Field de México, la Terminal de la Barra Norte de Tuxpan ha ido sufriendo un sinnúmero de modificaciones tendientes a mejorar y ampliar sus instalaciones, aunque ha tenido periodos de inactividad y abandono, como el de 1927 hasta 1938, año en que tuvo lugar la Expropiación Petrolera.

Las actividades de ampliación de la Terminal han tenido lugar a medida que los requerimientos de hidrocarburos tanto nacionales como internacionales se han ido incrementando. Esto puede ejemplificarse con el proyecto que comenzó en 1970 y cuyo objetivo era atender la demanda de productos de las refinerías del Altiplano (Azcapotzalco, Salamanca y Tula), lo cual fue realizado en una serie de subetapas, instalando equipos de bombeo y acondicionando el oleoducto Tuxpan-Poza Rica, logrando un incremento del bombeo del producto de 112,200 barriles por día, en 1972, a 254,200 barriles por día en 1974.

De esta manera se han venido realizando varios trabajos en la Barra Norte, destinados al mejor servicio que pueda brindar esta Terminal petrolera.



### 3.1.- Necesidad de las nuevas instalaciones.

La Terminal de Pemex en la Barra Norte de Tuxpan ha funcionado hasta la fecha como centro de almacenamiento y distribución de crudo y productos destilados. Ahora es necesario que también brinde un servicio eficiente a los barcos que descargarán productos petroquímicos, por lo que se deberán de construir las instalaciones necesarias para cumplir con las nuevas funciones de la Terminal.

La construcción de estas ampliaciones será realizada por etapas, disponiendo de las nuevas instalaciones conforme se vaya aumentando el movimiento de carga y descarga de los hidrocarburos. Básicamente, las ampliaciones en la parte terrestre de la Terminal estarán constituidas por nuevos tanques, bombas y tuberías, complementadas con calles de acceso y servicios como el alumbrado y las instalaciones para la descarga de los productos en los autos-tanque. El nexo mar-tierra lo constituirán los muelles, para cuyo funcionamiento pleno será necesario aumentar la profundidad del canal de navegación y la longitud de las escolieras existentes.

El canal de navegación en Tuxpan tiene actualmente una profundidad de 18 pies (5.49m), por lo que no pueden navegar ahí barcos mayores de 3000 Ton de peso muerto, así que en la etapa inicial del funcionamiento de los muelles no será nece-

sario contar con las instalaciones de almacenamiento que se requieren para recibir productos de barcos de 20000 Ton de peso muerto. En esta fase de la realización del proyecto, los barcos que no puedan navegar por el acceso del Río Tuxpan seguirán siendo atendidos por las boyas de amarre, pudiendo transportar solamente crudo y destilados.

En una segunda etapa, serán construidas más instalaciones de almacenamiento y distribución de productos, y será necesario aumentar la profundidad del canal de navegación y la longitud de las escolleras, para dar paso a barcos de hasta 20000 Ton. Posteriormente, se tiene pensado realizar el dragado necesario para que los muelles de la Barra Norte puedan recibir a barcos de hasta 40000 Ton transportadores de crudo, para poder prescindir de los servicios de las boyas de amarre ya que las operaciones de carga y descarga en ellas se dificulta con el mal tiempo, porque es complicado amarrar el buque a la boya.

Es conveniente remarcar que la construcción del muelle para productos petroquímicos y de las instalaciones para el almacenamiento de éstos tienen como objetivo básico el recibir a los barcos cuyas dimensiones les permitan navegar en la desembocadura del Río Tuxpan. Las obras de dragado que permitan el paso de buques de mayor tonelaje serán posteriores.

3.2.- Proyecto de las nuevas instalaciones.

La Terminal de Barra Norte cumplirá con los objetivos que se le han propuesto contando con las siguientes instalaciones:

1.- Área de muelles.

Estará localizada en la confluencia del Río Tuxpan y el Estero de Tampamachoco, y en ella se ubicarán tres muelles que tendrán capacidad de recibir barcos de 20000 Toneladas. Serán habilitados para el manejo de productos petroquímicos, destilados, gas licuado y metanol. El petróleo crudo y el combustóleo se seguirá manejando en las boyas de amarre.

2.- Almacenamiento y bombeo de crudo y combustóleo.

La zona donde se localizarán las instalaciones para este fin se localiza a 5 Km al Norte de la actual Terminal, y se deberá contar con:

- a) 3 tanques de 500000 barriles cada uno para crudo.
- b) 2 tanques de 200000 barriles cada uno para crudo.
- c) 1 tanque de 200000 barriles para combustóleo.

Se dejarán además áreas vacías como previsión de un posible desarrollo futuro.

El sistema de bombeo será constituido de la siguiente manera:

- a) Bombeo de crudo a las boyas de amarre Nos. 1 y 2 a

través de los descargaderos 3 y 4 a razón de 450,000 barriles por día en trabajo simultáneo.

b) Bombeo de crudo al Altiplano a razón de 200,000 barriles por día.

c) Bombeo de combustóleo a barcos en una cantidad de 240,000 barriles por día.

d) Recibo de 350,000 barriles por día de crudo enviado desde Nuevo Teapa y Poza Rica.

e) Recibo de crudo de barcos hasta de 400,000 barriles por día.

f) Recibo de combustóleo de barco a chalán hasta de 240,000 barriles por día.

3.- Recibo, almacenamiento y bombeo de productos petroquímicos y destilados.

Estas actividades se realizarán en el área que ocupa la Terminal actual y contará con 22 tanques donde se almacenarán productos petroquímicos y 11 tanques para productos destilados. El almacenamiento en esta etapa será de 825,000 barriles para los primeros y de 650,000 barriles para los segundos. Se contará también con facilidades para el recibo y bombeo de los productos petroquímicos a la Terminal terrestre y de productos destilados al Altiplano.

Los tanques de almacenamiento actuales serán utilizados de la siguiente forma:

| TANQUE | CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO | PRODUCTO ALMACENADO |
|--------|-----------------------------|---------------------|
| TV-101 | 55000 bls.                  | Gasolina Extra      |
| TV-102 | 55000 bls.                  | Gasolina Nova       |
| TV-103 | 55000 bls.                  | Gasolina Nova       |
| TV-100 | 100000 bls.                 | Gasolina Nova       |
| TV-3A  | 55000 bls.                  | Diesel              |
| TV-4A  | 55000 bls.                  | Diesel              |
| TV-5A  | 55000 bls.                  | Diesel              |
| TV-6A  | 55000 bls.                  | Diesel              |
| TV-10  | 55000 bls.                  | Diáfano             |
| TV-9   | 55000 bls.                  | Diáfano             |
| TV-8   | 55000 bls.                  | Intermedio 15       |
| TV-104 | 200000 bls.                 | Combustóleo         |

El resto de los tanques de almacenamiento actuales serán destinados al crudo.

Los tanques que se requieren para el almacenamiento de productos petroquímicos son los siguientes:

| PRODUCTO    | ALMACENAMIENTO          |
|-------------|-------------------------|
| Ciclohexano | 2 TV de 55000 barriles. |
| Ortoxileno  | 1 TV de 55000 barriles. |

| PRODUCTO   | ALMACENAMIENTO     |
|--|--------------------|
| Benceno  | 3 TV de 52000 bls. |
| Estireno   | 2 TV de 30000 bls. |
| Tolueno  | 2 TV de 55000 bls. |
| Xileno grado 5                                     | 1 TV de 55000 bls. |
| Aromina 100  | 1 TV de 30000 bls. |
| Aromina 150  | 1 TV de 30000 bls. |
| Percloroetileno                                    | 1 TV de 55000 bls. |
| Propano refrigerado                                | 1 TV de 20000 bls. |
| Lubricantes de im-<br>portación pesado<br>y ligero | 4 TV de 30000 bls. |

#### 4.- Manejo de gas licuado.

Esta sección estará también localizada en el área de la actual Terminal, dispondrá de un almacenamiento de 190000 barriles y una capacidad de recibo y bombeo de 50000 barriles por día. Tendrá un espacio libre como previsión de área para almacenamiento de 380000 barriles. El gas será almacenado en tanques esféricos, y será distribuido por medio de autos-tanque y por el poliducto Tuxpan-Poza Rica-México.

#### 5.- Manejo de metanol.

También estará localizado en el área de la actual Terminal, y será recibido el metanol desde San Martín Texmelucan a razón de 5000 barriles por día, siendo después exportado

por vía marítima. El almacenamiento se hará en dos tanques verticales de 55000 barriles cada uno.

Siendo el metanol un producto de manejo delicado se habilitará un área especial con control de acceso, medición y almacenamiento.

6.- Sistema de deslastre.

El sistema de deslastre de barcos con que se cuenta actualmente, cuya capacidad es de 180000 barriles por día, servirá para el deslastre de barcos de productos con plomo, y será construido un nuevo sistema de deslastre que tendrá una capacidad de 500000 barriles por día. Este nuevo sistema será capaz de recibir simultáneamente deslastres de dos barcos de crudo de 600000 barriles cada uno.

7.- Será construida una terminal terrestre de ventas, aunque quizá sea aprovechado para este fin el actual edificio para el superintendente, aunque se le tendrán que hacer todos los acondicionamientos necesarios para que pueda operar ahí todo el personal administrativo.

8.- Servicios auxiliares.

El manejo de productos refrigerados, productos petroquímicos, combustóleo, aumento del personal de operación, mantenimiento, etcétera, requiere el uso de calderas, torre de enfriamiento, tratamiento de agua, planta potabilizadora, almacenamiento y bombeo de agua, sistema de aire de instrumentos y

aire de planta, sistema de generación de gas y control del sistema de agua contra incendio. Las instalaciones de este último existentes serán ampliadas, incluyendo las necesarias para dos tanques de 500000 barriles recientemente entregados. Todos los conceptos anteriores formarán un sistema de servicios auxiliares que cubrirá las necesidades actuales y las previsibles para el futuro.

9.- Centro administrativo de la Terminal.

Para la ubicación de éste será necesario revisar la disposición de los edificios actuales, así como las facilidades administrativas con que cuenta la Terminal.

10.- Centro administrativo de la Gerencia de Marina.

Será proyectada una ampliación para que la Gerencia de Marina realice sus operaciones, y será realizada en base a sus requerimientos.

11.- Área de quemadores.

Aún se desconoce el espacio que será necesario para la instalación de quemadores, pero se le deberá dejar un área específica.

12.- Instalaciones de bombeo.

Para realizar las operaciones de bombeo en la Terminal, será incrementado el equipo de bombeo, el cual será instalado en la casa de bombas actual y en otra nueva que contará con su cuarto de control de arrancadores con acceso por la parte

M-0028676



posterior y un medio baño con acceso independiente. Las bombas que serán colocadas en la nueva casa, y los productos que serán impulsados por ellas son :

| PRODUCTO            | BOMBAS                    |
|---------------------|---------------------------|
| Ciclohexano         | 2 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Ortoxileno          | 2 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Benceno             | 2 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Estireno            | 2 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Tolueno             | 3 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Xileno grado 5      | 3 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Aromina 100         | 2 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Aromina 150         | 2 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Percloroetileno     | 2 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Metanol             | 2 bombas de 1800 GPM c/u. |
| Propano refrigerado | 3 bombas de 600GPM c/u.   |
| Gasolina extra      | 3 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Gasolina nova       | 4 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Diesel              | 5 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Diáfano             | 3 bombas de 400 GPM c/u.  |
| Combustóleo         | 4 bombas de 600 GPM c/u.  |
| Intermedio          | 2 bombas de 400 GPM c/u.  |

GPM significa "galones por minuto".

Las casas de bombas deberán tener un espacio para una futura ampliación equivalente al 100%.

13.- Llenaderas.

Será necesario instalar llenaderas para autos-tanque y carros-tanque de ferrocarril; aunque aún no se cuenta con vías férreas en Tuxpan, se deberá dejar un espacio para instalar las llenaderas de carros-tanque. Los autos -tanque cargarán sus productos de acuerdo a la siguiente disposición:

- a) Productos petroquímicos ----- 1 llenadera por cada  
(excepto xileno y tolueno) producto.
- b) Xileno y tolueno ----- 2 llenaderas para cada  
uno.
- c) Gas licuado ----- 6 llenaderas.
- d) Intermedio 15 ----- 1 llenadera.
- e) Combustóleo ----- 6 llenaderas.
- f) Gasolina Extra ----- 2 llenaderas.
- g) Gasolina Nova ----- 3 llenaderas.
- h) Diesel ----- 5 llenaderas.
- i) Diáfano ----- 2 llenaderas.

14.- Báscula para autos-tanque.

Se requerirá la instalación de una báscula electrónica de doble plataforma con capacidad de 70 Toneladas y plataformas de 21 m de longitud.

15.- Laboratorio.

Se deberá instalar un laboratorio para el análisis de todos los productos. Contará con cuatro balanzas, oficina, bodega de productos químicos y muestras, mesa de trabajo con tomas para agua, aire, vacío y corriente eléctrica; además tendrá el laboratorio instalación de aire acondicionado.

20.-Consultorio médico.

Contará con las siguientes instalaciones :

- a) Sala de espera para 10 personas.
- b) Sala de atención médica para emergencias.
- c) Privado para el médico con sanitario.
- d) Cuarto para medicamentos y equipo médico.

21.-Torre de control.

Esta deberá ser construida en un lugar tal que se pueda dominar desde ahí el área de llenaderas. Deberá contar con un sistema de telemedición y paro automático. También se deberá construir una caseta de vigilancia y revisión final, así como instalar un equipo de documentación electrónica para manejar y procesar los documentos de la Terminal

22.-Taller mecánico.

Se ha considerado que serán suficientes los talleres existentes en la actualidad.

23.-Estacionamiento.

Deberá contar con espacio suficiente para 50 autos-tanque de 40 m<sup>3</sup> cada uno y para 60 automóviles de empleados y público. Además se construirá un estacionamiento interior techado con capacidad de 10 automóviles.

24.- Casas habitación.

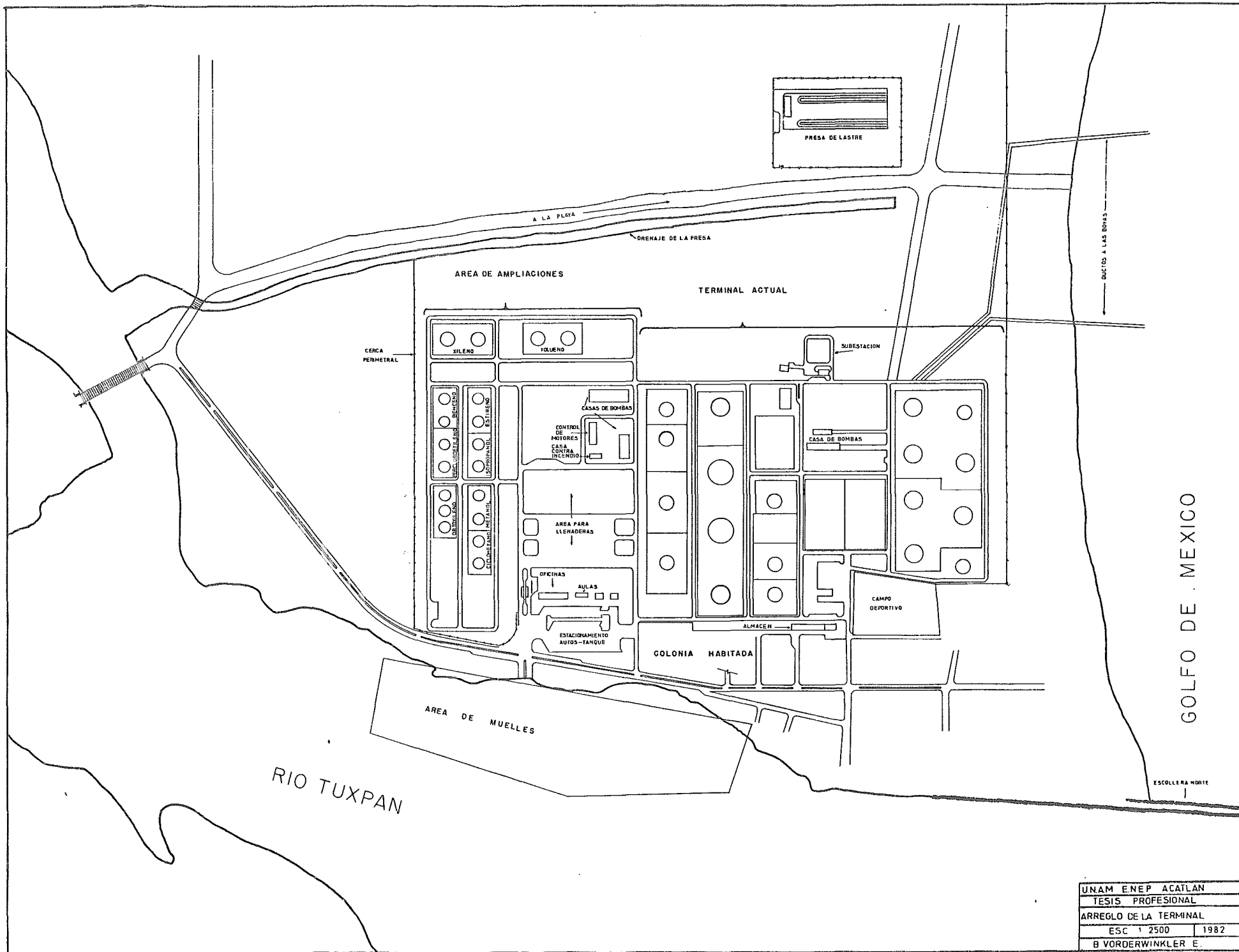
Actualmente hay tres casas habitación donde residen el superintendente y dos de los ingenieros. Se construirán otras tres casas destinadas a un ingeniero de mantenimiento, un in-

geniero de transportes y un ingeniero de seguridad.

25.-Comunicaciones.

Deberán existir los siguientes sistemas de comunicación:

- a) Terminal-muelle-barco.
- b) Intercomunicación en la Terminal.
- c) Radiocomunicación Pemex.
- d) 2 telex.
- e) 8 líneas de Teléfonos de México.
- f) 2 líneas de microondas sistema Pemex.
- g) Comunicaciones en 8 vehículos.



|                        |      |
|------------------------|------|
| UNAM ENEP ACATLAN      |      |
| TESIS PROFESIONAL      |      |
| ARREGLO DE LA TERMINAL |      |
| ESC 1 2500             | 1982 |
| B VORDERWINKLER E.     |      |

Capítulo IV.

Análisis de las condiciones de los accesos terrestre y marítimo.

Todas las instalaciones donde convergen diferentes modos de transporte deben tener accesos que permitan llegar a ellas las cargas destinadas a cambiar su forma de ser transportadas. Los accesos, al igual que las instalaciones de almacenamiento, deben ser funcionales en la medida que el nexos de los transportes lo requiera, es decir, unos accesos de modestas dimensiones y posibilidades dificultarían el desarrollo y la eficiencia de una terminal que moviera grandes cantidades de carga, y unos accesos enormes que ofrecieran buenas condiciones de traslado resultarían incosteables en una terminal con poco movimiento de carga. Lo mismo sucede con las instalaciones reguladoras o de almacenamiento.

Los accesos a la Terminal de Barra Norte, de acuerdo a sus necesidades actuales y a la cantidad de carga que maneja, son funcionales. Las boyas de amarre atienden a los buques-tanque que llegan a cargar y descargar hidrocarburos, el canal de navegación en la desembocadura del Río es suficientemente profundo para los barcos que transitan en Tuxpan (aunque es también una limitante para la navegación), y el puente que cruza el Estero de Tampamachoco da buen servicio al tráfico de vehículos;

pero si va a haber un incremento en el movimiento de carga y descarga en la Barra, los accesos tendrán que ser modificados.

#### 4.1.-Características del puente.

El puente une a la Barra Norte con tierra firme, cruzando el Estero de Tampamachoco en la parte meridional de éste, es decir, en la confluencia del Estero con el Río Tuxpan. Se llega a él por una carretera de 11 Km que sale de la Ciudad de Tuxpan y llega, dentro de la Barra, hasta 150m de la playa.

El proyecto del puente fué realizado en 1966, y su diseño se hizo con base en las condiciones físicas del lugar, las necesidades que iba a cubrir y a los requisitos establecidos por la Secretaría de Marina.

El claro que libra el puente es de 160m. No existe en el lugar del cruce estratos de suelo firmes, por lo que se tuvieron que utilizar para su construcción pilotes que trabajaran por fricción, comprobándose una resistencia del terreno por fricción de casi 3 Ton/m<sup>2</sup>.

La estructura del puente está hecha básicamente de acero. Los pilotes, traveses y armadura son de este material, aunque tiene tramos de concreto en su parte superior. Las partes de acero, que son los miembros de la estructura más expuestas al medio corrosivo, fueron pintados con lacas especiales para evitar que el ambiente las dañara. El ancho de la calzada es de 7.80m, y

tiene en sus bordes barandales metálicos.

Para hacer el cálculo de las cargas vivas, se consideró una carga distribuida a lo largo del puente de 700kg/m y la carga de un camión de Pemex de 50 Ton, y a éstas se les añadió un factor de seguridad del 25%.

Los requisitos establecidos por la Secretaría de Marina señalaron que, para fines de navegación, se debían tener en cuenta las siguientes dimensiones en el puente:

a) Claro horizontal de 38m.

b) Claro vertical de 24.38msobre el nivel de aguas máximas registradas.

c) 300 m<sup>2</sup> de área hidráulica.

Para cumplir con estos requerimientos, el puente se construyó con diferentes tramos fijos de concreto, con una cinta asfáltica, y un tramo levadizo de acero, el cual deja un claro neto de 38 m. El ancho de la calzada permite el paso de vehículos en ambos sentidos del puente.

#### 4.2.-Los accesos fluviales y marítimos actuales.

La Barra Norte está rodeada de agua, por lo que las comunicaciones fluviales y marítimas son para ella de gran importancia. El Río Tuxpan la comunica con los poblados existentes en sus márgenes, y a través del Estero de Tampamachoco y otros esteros y canales situados más al Norte, se puede llegar hasta



la Ciudad-puerto de Tampico.

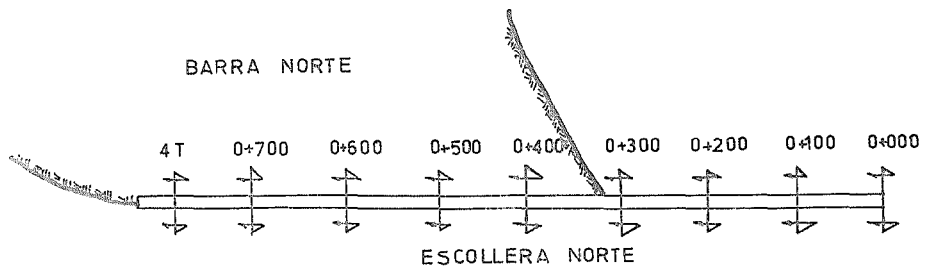
La existencia de la Barra Norte se debe al aporte de materiales que las olas del mar y la corriente del Río han ido depositando en la zona a través de los años. Los acarreos litorales, cuya principal causa es la componente tangencial de la acción del oleaje, encuentran una discontinuidad al llegar a la desembocadura del Río, ya que sus corrientes hacen el efecto similar de un espigón e interrumpen el paso de las arenas, provocando azolvamientos y erosiones a uno y otro lado de la corriente. Las depositaciones y el caudal del Río llegan a tener cierto equilibrio, invadiendo las arenas al cauce de la corriente y disminuyendo su profundidad hasta cierto nivel y formando la Barra, la cual, en un principio, es de origen puramente litoral, y una vez constituida, se depositan en ella también los materiales transportados por el Río.

La construcción de escolleras en la desembocadura ofrece una protección al canal de navegación contra el azolve, ya que disminuye el movimiento del mar en el acceso al puerto y achiflonan la corriente de los ríos, aumentando la velocidad del caudal y disminuyendo las depositaciones de arenas y arcillas. En Tuxpan existen las escolleras pero no tienen la longitud adecuada, como se verá en el siguiente capítulo; de tal manera que, aunque logran disminuir los oleajes y aumentan la velocidad del flujo del Río, no permiten que su fondo sobrepase los 6 m de profundidad, lo que limita el tráfico de barcos en

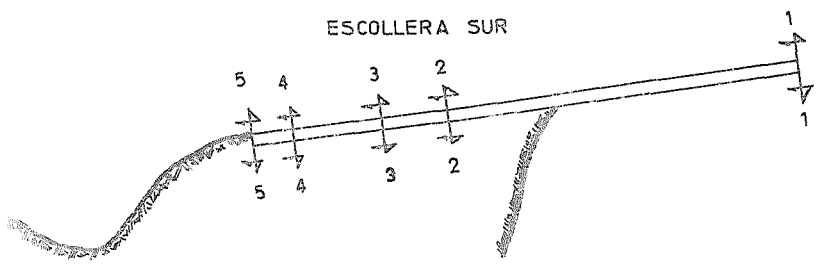
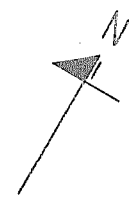
el Río Tuxpan a embarcaciones de menos de 3000 Ton de peso muerto.

Las escolleras fueron construidas con un tablestacado de acero relleno de arena, protegidos en sus flancos por una coraza de roca basáltica. La Escollera Norte, correspondiente a la margen izquierda del Río, arranca de la parte meridional de la Barra hacia el mar en una longitud de 800 m, llegando hasta la curva batimétrica -7 m de profundidad. La Escollera Sur, correspondiente a la margen derecha, es de 640 m de longitud y alcanza la cota -5 m de profundidad. El ancho del canal de navegación es de 400 m, en su entrada.

Los siguientes dibujos muestran la estructuración de las escolleras y las profundidades existentes en el acceso al Río Tuxpan.

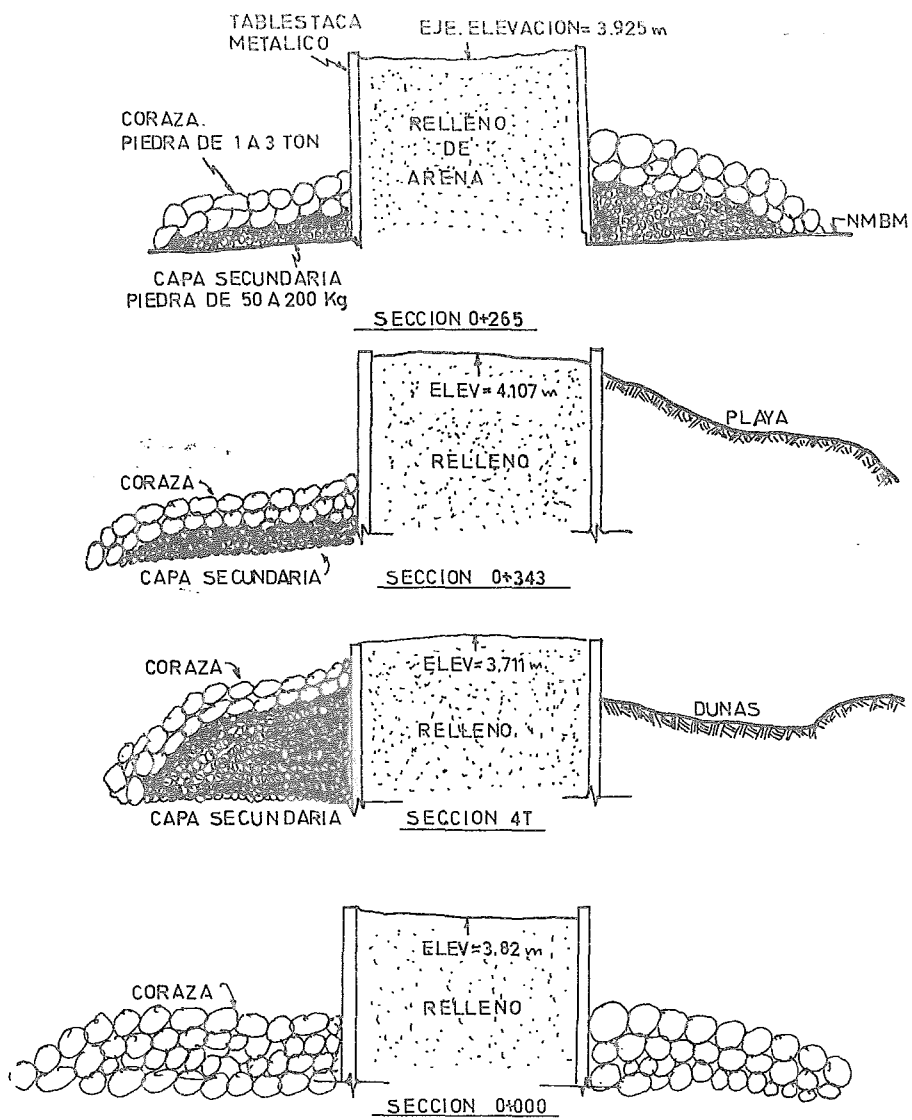


RIO TUXPAN

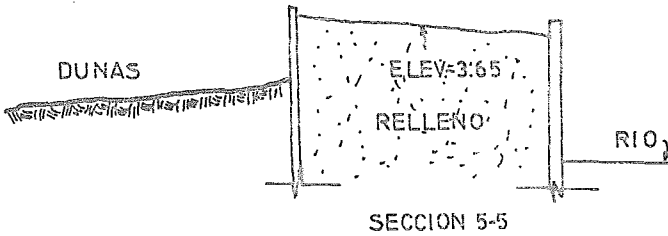
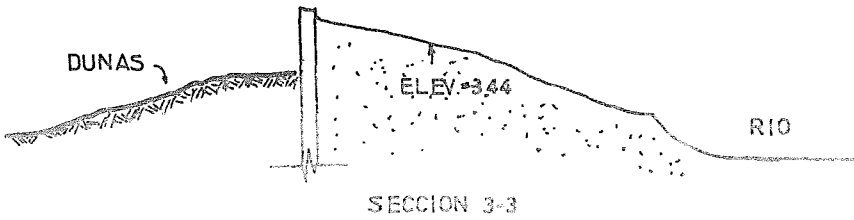
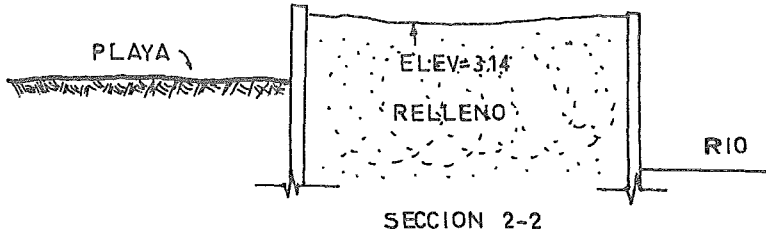
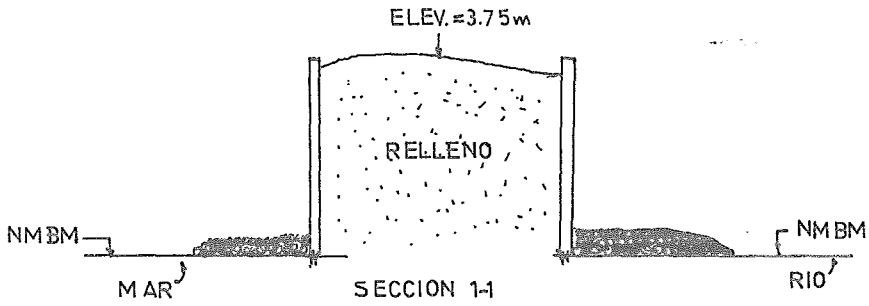


ESCOLLERAS (PLANTA)

ESC. 1:5000



ESCOLLERA NORTE    ESC.HOR. 1:100    ESC.VERT. 1:50



ESCOLLERA SUR. ESC.HOR.1:100 ESC.VERT.=1:50

GOLFO  
DE  
MEXICO

|                           |            |      |
|---------------------------|------------|------|
| UNAM EN P ACATLAN         |            |      |
| TESIS PROFESIONAL         |            |      |
| BATIMETRIA DEL RIO TUXPAN |            |      |
| B VORDERWINKLER E         | ESC 1 2500 | 1982 |

Las instalaciones que sirven de nexo entre los modos de transporte marítimo y terrestre en Tuxpan son las dos boyas de amarre que fueron descritas en el capítulo II; el puerto fluviomarítimo de la Ciudad de Tuxpan y la Terminal de Tampamachoco, que pertenece a Petróleos Mexicanos.

En el Puerto de Tuxpan se maneja carga general, principalmente productos pesqueros y cítricos. Cuenta con un muelle de 60m de longitud y 13.4m de ancho, con una capacidad de carga de 5 Ton/m<sup>2</sup>.

La Terminal de Tampamachoco se encuentra ubicada en la confluencia de dicho Estero y el Río Tuxpan. La función de esta Terminal es auxiliar al Departamento de Operaciones Marinas de exploración, cuyo objetivo es abastecer de materiales, combustibles y equipo a las operaciones de perforación de pozos en el Golfo de México. Consta de cuatro muelles donde pueden atracar los buques, y sirven además de refugio a las embarcaciones durante las avenidas del Río en la temporada de lluvias. Las instalaciones de almacenamiento con que cuenta son:

1 patio.

1 bodega.

2 cobertizos.

2 tanques de diesel de 1,000 barriles c/u.

4 tanques de 500 barriles c/u.

4 silos de 3,000 pies<sup>3</sup>.

5 silos de 1,000 pies<sup>3</sup>.

Las operaciones de carga y descarga se hacen con un equipo para carga de materiales a granel, tres compresores, una báscula y un tanque pesador.



Capítulo V.

Estudio de la construcción del Puerto.

En cuanto se aumente su capacidad de almacenamiento y se hayan construido los tres muelles, la Terminal Marítima y terrestre de Barra Norte estará en posibilidad de manejar petróleo crudo de barcos al Altiplano a través de ductos o de tierra a barcos; recibir productos petroquímicos de barcos a tierra y distribuirlos al interior por medio de autos-tanque y mandar metanol de tierra a barcos; bombear productos destilados de barcos a tierra y viceversa, al igual que el combustible; también se manejará el gas licuado de barcos al Altiplano por ducto y su distribución local se hará por medio de autos-tanque, hasta el momento que esté construida la línea ferroviaria, la cual permitirá distribuir el gas licuado por medio de carros tanque.

5.1.-Necesidad del Puerto.

En la Introducción se expusieron los motivos por los cuales se ideó el proyecto de los tres muelles y la ampliación de las instalaciones en la Terminal de la Barra Norte de Tuxpan. Ahora bien, existe en la actualidad la idea de construir un

puerto industrial en la zona, a 8 Km al Sur de la desembocadura del Río Tuxpan, sobre las costas del Golfo. Dicho puerto contará con grandes instalaciones y manejará miles de Toneladas de carga para abastecer a las industrias que en él se construyan.

Esta idea ha traído como consecuencia que se dude acerca de la necesidad de construir tres muelles en Barra Norte, ya que el puerto industrial podría absorber el tráfico marítimo que atracara en la Terminal.

La necesidad de acercar los productos petroquímicos almacenados en Pajaritos, Ver. a sus centros de consumo por vía marítima es un hecho que, una vez comenzadas las operaciones de La Cangrejera, deberá ser satisfecho con prontitud, ya que el transporte terrestre de tal cantidad de productos a través de tantos Kilómetros resulta incosteable, además de que genera problemas de tráfico y de eficiencia en su distribución. Por este motivo, básicamente, se ha seguido adelante con el proyecto de los muelles en la Barra Norte, ya que no se puede esperar el tiempo que requeriría tener habilitado el puerto industrial para que pudieran atracar los barcos. Cabe decir que aun no se han comenzado ni siquiera los estudios preliminares en la zona del futuro puerto industrial, ni planos definidos, por lo que esperar a que estuviera construido requeriría de mucho tiempo.

ahora bien, los puertos industriales tienen como fin el cargar y descargar materiales que sirvan o que son producidos en las industrias que son implementadas dentro de ellos, y el futuro puerto de Tuxpan tendrá esta misma finalidad. En cambio, los muelles de la Barra Norte tendrán como fin el manejo de los hidrocarburos que serán almacenados en la Terminal y posteriormente distribuidos a sus centros de consumo a través de diferentes modos, de acuerdo a la naturaleza de los productos, y éstos no sufrirán ningún procesamiento industrial en la Barra. Por lo tanto, si en un futuro próximo existen tanto el puerto industrial como los muelles de Barra Norte, no obstruirá uno las funciones del otro, debido a que los objetivos de ambos son diferentes y serán independientes uno de otro.

#### 5.2.-Instalaciones que tendrá el Puerto.

Los muelles se localizarán en la parte Meridional de la Barra Norte, en la margen izquierda del Río Tuxpan. Para su construcción será utilizado como referencia el mismo sistema de coordenadas que se usará en la construcción de las otras ampliaciones de la Terminal.

Serán construidos tres muelles, y cada uno de ellos recibirá los productos de la siguiente manera:

Muelle No.1.-Manejará productos destilados y combustóleo:

- a) Gasolina Extra.
- b) Gasolina Nova.
- c) Diesel.
- d) Diáfano.
- e) Intermedio 15.
- f) Combustóleo.

Muelle No.2.-Manejará productos petroquímicos:

- a) Acrilonitrilo.
- b) Benceno.
- c) Ciclohexano.
- d) Cloruro de vinilo.
- e) Estireno.
- f) Ortóxileno.
- g) Percloroetileno.
- h) Acido clorhídrico.
- i) Tolueno.
- j) Aromina.
- k) Propano refrigerado.

Muelle No.3 .- Utilizado para el manejo de metanol y gas licuado.

Debido a que se requieren profundidades que no se tienen junto a tierra firme, y para disminuir en lo posible las ope-

raciones de dragado del fondo del Río, los muelles de la Terminal serán de tipo T, cada uno con una calle que lo unirá a tierra y con una plataforma de operación donde atracarán los barcos en forma paralela a la margen del Río.

También serán construidos duques de alba de amarre y de atraque para que los barcos efectúen sus operaciones con mayor eficiencia. Los duques de alba de atraque se usarán en los casos de que el mecanismo de transbordo se pueda mover y el buque-tanque pueda mantenerse fijo, mientras que los duques de alba de amarre facilitarán la carga y descarga cuando el mecanismo de transbordo sea fijo. Tanto los duques de alba de amarre como los de atraque estarán interconectados entre sí y con las plataformas de operación con una pasarela. (Ver planos de los muelles).

Los elementos con que contarán los muelles son los siguientes :

1.- Pantallas de atraque.

Son los elementos verticales que irán en el paramento frontal de la estructura en la que serán instaladas las defensas de atraque, cubriendo el frente en su parte inferior hasta 30 cm arriba del nivel de referencia de las aguas.

## 2.- Sistema de amarre.

Estará dividido en dos tipos:

a) Principal.-Este sistema estará destinado al amarre de los barcos de grandes dimensiones, y estará constituido por los duques de alba mencionados anteriormente.

b) Secundario.- Se implementará para los barcos pequeños que atraquen directamente en las plataformas de operación, y estará constituido por bitas sencillas que se distribuirán en el paramento frontal de dichas plataformas.

## 3.- Sistema de defensas.

Este sistema se dividirá en tres tipos, de acuerdo al tamaño de las embarcaciones que puedan hacer uso del muelle. Estos tipos serán:

a) Sistema de defensa principal.- Será el que se instale en las plataformas de operación y los duques de alba de atraque.

b) Sistema de defensa secundario.- Este será colocado en las pantallas de atraque de las plataformas de operación y de los duques de alba de amarre.

c) Sistema de defensa de borneo.- Será utilizado para absorber la energía producida por los giros de la embarcación durante sus maniobras de atraque y desatraque, y sus elementos estarán localizados en las esquinas exteriores de las plata-

formas de operación y los extremos de los duques de alba de atraque y de amarre.

#### 4.- Guardnaciones.

Las plataformas de operación y los elementos de atraque y de amarre contarán con guardnaciones perimetrales construidas en forma monolítica con la losa de piso.Tendrán un perfil de 15 cm,y un ancho superior de la misma dimensión. Las esquinas exteriores tendrán una base de 25 cm de ancho, mientras que las interiores tendrán una base de 20 cm.Todas las esquinas tendrán chaflanes.

#### 5.- Parapetos.

Estas construcciones son unas protecciones laterales que irán a ambos lados de las pasarelas para peatones y vehículos.Tendrán 90 cm de altura y solo se verán interrumpidas por los postes de alumbrado en la pasarela de vehículos .

#### 6.- Drenaje pluvial.

El escurrimiento de las aguas pluviales será por pendiente del piso del nivel de operación,tomando como parteaguas el eje de cada uno de los elementos de los muelles.

La pendiente que tendrá el piso será del 2% ,hacia los lados en el caso de las pasarelas de peatones y de vehículos

y en forma perimetral en el caso de las plataformas de operación y en los duques de alba de atraque y de amarre.

Los drenajes estarán formados por orificios de 3 pulgadas de diámetro, espaciados a cada 3 m en todos los lados de los elementos.

Para que se produzca el debido escurrimiento, la pendiente se dará con una sobre-elevación de la cota del nivel de operación de cada elemento por drenar del muelle. Los drenes tendrán que ser de tubería de asbesto, cemento o P.V.C., y harán su descarga directamente hacia el Río.

En el caso de que se presente un derrame de hidrocarburos durante alguna operación de carga o descarga, será necesario aislar el área para poder llevar los productos derramados a un tratamiento y así evitar la contaminación del Río.

#### 7.-Subestructura.

Como se verá más adelante, los suelos de la zona donde se construirán los elementos de apoyo de los muelles son, en general, arcillosos de consistencia blanda, por lo que se hace necesario utilizar pilotes de fricción. El material de éstos podrá ser el acero o el concreto reforzado. Para este último caso, el concreto deberá tener un  $f'c$  de  $200 \text{ Kg/cm}^2$  y el acero un  $f_y$  de  $4000 \text{ Kg/cm}^2$ . En caso de que se desee utilizar pilotes de acero,



se deberá proteger con elementos anticorrosivos tales como productos epóxicos. El pilote deberá estar protegido desde 1 m abajo de la bajamar mínima hasta donde hace contacto con la parte de concreto de la superestructura, ya que aunque esta zona no es afectada por la marea, está sometida a salpicaduras de agua salada y a un alto grado de oxigenación.

### 8.- Superestructura.

Las trabes, muros, parapetos, pantallas, losas, guarniciones, etc., que son los elementos que constituyen la superestructura de los muelles, serán de concreto reforzado de  $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$  y acero de  $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$ . El bombeo de la calzada en la pasarela de acceso y las pendientes para el drenaje pluvial en el resto de los elementos que constituyen cada muelle, se darán con el concreto mismo y no con emulsiones asfálticas.

### 9.- Caseta de vigilancia y barrera para el control de tránsito.

En el arranque de los muelles y en el lugar conveniente de vigilancia se instalará la caseta para tener un control de personas y de vehículos que transiten. Deberá tener una visibilidad mínima de  $180^\circ$ , contando en su interior con espacio para una mesa, una silla y un medio baño. Se proveerá a la case-

ta de un teléfono y un contacto de corriente eléctrica de 110 Volts.

Frente a la caseta y perpendicular al eje longitudinal de la calle, se instalará una barrera basculante cuya función será el impedir el paso de los vehículos durante la operación de carga y descarga de los barcos.

#### 10.- Estacionamiento.

Donde comienzan los muelles y cerca de la caseta de vigilancia se construirá un estacionamiento en batería a cielo abierto, para 10 vehículos. En él dejarán sus autos las personas que vayan al muelle en el momento en que esté una embarcación operando.

El área destinada para el estacionamiento estará pavimentada con concreto hidráulico y contará con una iluminación similar a la del resto del puerto.

#### Escaleras de acceso.

Por razones de seguridad, cada uno de los elementos que constituyen los muelles contarán con una escalera de acceso desde el agua hasta el nivel de operación de los mismos, debiendo localizarse en la parte posterior de cada uno de ellos. Estas escaleras tendrán sus peldaños de 50 cm de ancho, espaciados 30 cm uno de otro. Se usará tubo galvanizado de 1.5

pulgadas de diámetro como pasamanos. Las escaleras quedarán separadas 25 cm de la estructura de los muelles, y estarán empotradas a éstos con el número suficiente de anclas que asegure su rigidez. Los elementos verticales del pasamanos serán también tubos galvanizados de 2 pulg. de diámetro.

#### 12.- Camino de acceso al muelle.

Desde la planta de almacenamiento hasta los muelles, se construirá un camino pavimentado cuyo ancho de calzada será de 7 m; este camino facilitará la comunicación entre ambos puntos de la Terminal.

#### 13.- Sistema de alumbrado.

Debido a que los muelles son áreas de trabajo continuo y peligroso, les será instalado un sistema de iluminación profusa en la zona de garzas y a todo lo largo de la estructura. Sin embargo, tomando en cuenta las maniobras nocturnas de los barcos, la iluminación deberá efectuarse con lámparas cuyo haz luminoso sea dirigido directamente hacia abajo para evitar que el piloto sufra deslumbramiento.

En las pasarelas para peatones y vehículos se instalarán postes de alumbrado a uno y otro lado de ellas sobre las banquetas, en forma alternada. Los postes tendrán la lámpara directamente sobre de él, evitando instalarlas en brazos que

dificulten su reposición, y serán de vapor de sodio de alta presión.

En las pasarelas para peatones también se instalarán luces de piso a 30 cm sobre el nivel de operación de las mismas, dentro del alineamiento de los parapetos, con una separación de 5 m entre dos lámparas consecutivas, y tendrán una posición tal que su iluminación sea dirigida verticalmente hacia abajo. También serán de vapor de sodio de alta presión.

En las plataformas de operación y en los duques de alba se instalarán postes en forma tal que no interfieran con las maniobras en el muelle ni con los cabos de amarre, y las lámparas serán del mismo tipo que las mencionadas en el párrafo anterior.

El sistema total de iluminación será controlado mediante una válvula solar.

También serán instaladas luces de situación en los duques de alba de amarre extremos de cada muelle con el fin de que los pilotos puedan realizar sus maniobras de atraque fácilmente por la noche. El muelle No 1 es el localizado más al Este, por lo que en el duque de alba de amarre del extremo Este de ese muelle se colocará una luz roja. En el duque de alba del extremo Oeste del muelle No. 3 se instalará una luz verde. Los duques de alba colocados entre los muelles Nos. 1 y 2

-76-

y entre los muelles Nos. 2 y 3 contarán con una luz de color ambar cada uno.

Todas estas luces de situación deberán colocarse sobre un poste de 5 m de altura y deberán verse en todo el horizonte, con un alcance de 5 millas en condiciones meteorológicas normales. Tendrán un cambiador automático de 4 focos y funcionarán con una válvula solar y corriente alterna.

#### 14.- Sistema de carga y descarga.

La carga y descarga de buques-tanque se hará por medio de garzas, las cuales son unos ductos conectados a las tuberías que llegan de la Terminal de almacenamiento, y que al llegar al muelle se levantan en línea curva para descargar los productos en los barcos. Las garzas cuentan además con bases giratorias, facilitándose las operaciones en los muelles. Serán colocadas en forma tal que se pueda agrupar el manejo de los productos, reduciéndose de esta manera el número de garzas.

Debido al tamaño de los barcos que atracarán en los muelles ( 40000 T.P.M.), las tuberías de descarga serán capaces de transportar 10000 barriles/hora a una presión de 10 Kg/cm<sup>2</sup> de cada uno de los productos, tanto destilados, como petroquímicos y combustóleo. Para los gases licuados las líneas deberán de operar a razón de 625 Ton/hora, a una presión de 10 Kg/cm<sup>2</sup>.

El combustóleo, que es el combustible que utilizan los barcos, se suministrará mediante una garza de tipo manual que permitirá el flujo del producto a razón de 500 barriles/hora.

En las plataformas de operación habrá un colector conectado a las garzas, en donde se descargarán los residuos de los productos, a fin de que por gravedad se envíen éstos a un cárcamo en donde por bombeo se enviarán a la línea de combustóleo. Este mecanismo permitirá drenar a las garzas. En el caso de los productos petroquímicos (lo anterior fué para destilados), se instalará un sistema que los llevará a los quemadores o a tratamiento, dependiendo de los productos.

#### 15.-Instalaciones auxiliares.

Con el propósito de dar servicio de combustóleo a las embarcaciones, se proveerá a las plataformas de operación de los muelles, además de las garzas utilizadas para los productos que se descarguen, de una garza de tipo manual de 4 pulg. de diámetro para combustible que surtirá un caudal de 300 galones por minuto.

Habrá una caseta desde donde se controlen las operaciones de descarga y se accionen los controles de las garzas para su conexión a bordo. Contará con espacio suficiente para las consolas de control de garzas, una mesa de trabajo y

-30-

un medio baño. La visibilidad de la caseta será en sentido horizontal de 270° como mínimo, y su altura sobre el nivel de operación del muelle será el adecuado para que el operador pueda ver las tomas de productos a bordo, aún con el barco mayor esperado.

El nivel de operación de la estructura de la zona de garzas así como el piso de la caseta será de lámina antideslizante. El paño frontal de la estructura que confine las garzas así como el de la caseta, estará 2 m atrás del alineamiento del paramento de atraque de la plataforma de operación, a fin de que se evite que en atraques normales esta estructura sufra algún daño.

Otras instalaciones auxiliares serán:

- a) Toma internacional de agua de servicio.
- b) Toma de agua potable de 2 pulg. de diámetro con medidor de flujo.
- c) Cable a tierra para conectar el barco y que por éste descargue la corriente estática.
- d) Teléfono en la caseta de operación de cada muelle con una extensión para ser llevada a bordo del barco.
- e) Corriente eléctrica exclusivamente para alumbrado de las embarcaciones en caso de emergencia. Esta será corriente alterna de 220/127 Volts, con un consumo de 50 KW por barco.
- f) Estación de servicios de vapor, agua y aire.

16.- Tuberías y soportes.

Los soportes de las tuberías se instalarán a lo largo de la pasarela para peatones y vehículos de cada muelle, con una elevación mínima al lecho bajo del soporte de 3 m sobre el nivel de referencia. Al llegar a las plataformas de operación, las tuberías tendrán un cambio de dirección vertical hasta alcanzar un gálibo libre bajo la soportería, de 5 m, manteniéndose elevada 10 m para después bajar a la zona de garzas.

17.- Sistema contra incendio.

Será un sistema que proteja principalmente al muelle, y estará compuesto de tres partes principales:

a) Torres contra incendio con monitores.

Estas tendrán una altura tal que si el incendio proviniera de la embarcación pueda ser atacado desde el muelle. Cada plataforma de operación contará con cuatro torres, cada una en un lado y una torre en cada duque de alba de atraque y de amarre exteriores.

En la parte superior de las torres irán montados unos monitores cuyo gasto unitario será de 750 gpm, con un alcance de 50 m con viento en calma. El sistema estará diseñado para manejar agua y espuma, y las bocuillas de los monitores tendrán control para lanzar chorro de agua o formar cortina



de niebla.

En la base de cada torre habrán dos tomas de hidrante con sus respectivas válvulas a 1 m de altura sobre el nivel del piso.

b) Hidrantes para conexión de mangueras.

Además de las torres contra incendio se distribuirán en los duques de alba de atracue y de amarre y en la pasarela para peatones y vehículos, varias tomas de hidrante, de acuerdo a las normas establecidas por Petróleos Mexicanos.

Junto a cada torre contra incendio y toma de hidrantes, irá una caja donde se guardarán dos tramos de mangueras de 15 m cada uno.

c) Extinguidores de tipo manual.

En la zona de garzas se colgarán cajas con puertas de vidrio donde irán extinguidores de polvo químico tipo manual.

La red contra incendio de los muelles se integrará al sistema existente en la Terminal.

#### 18.- Pintura.

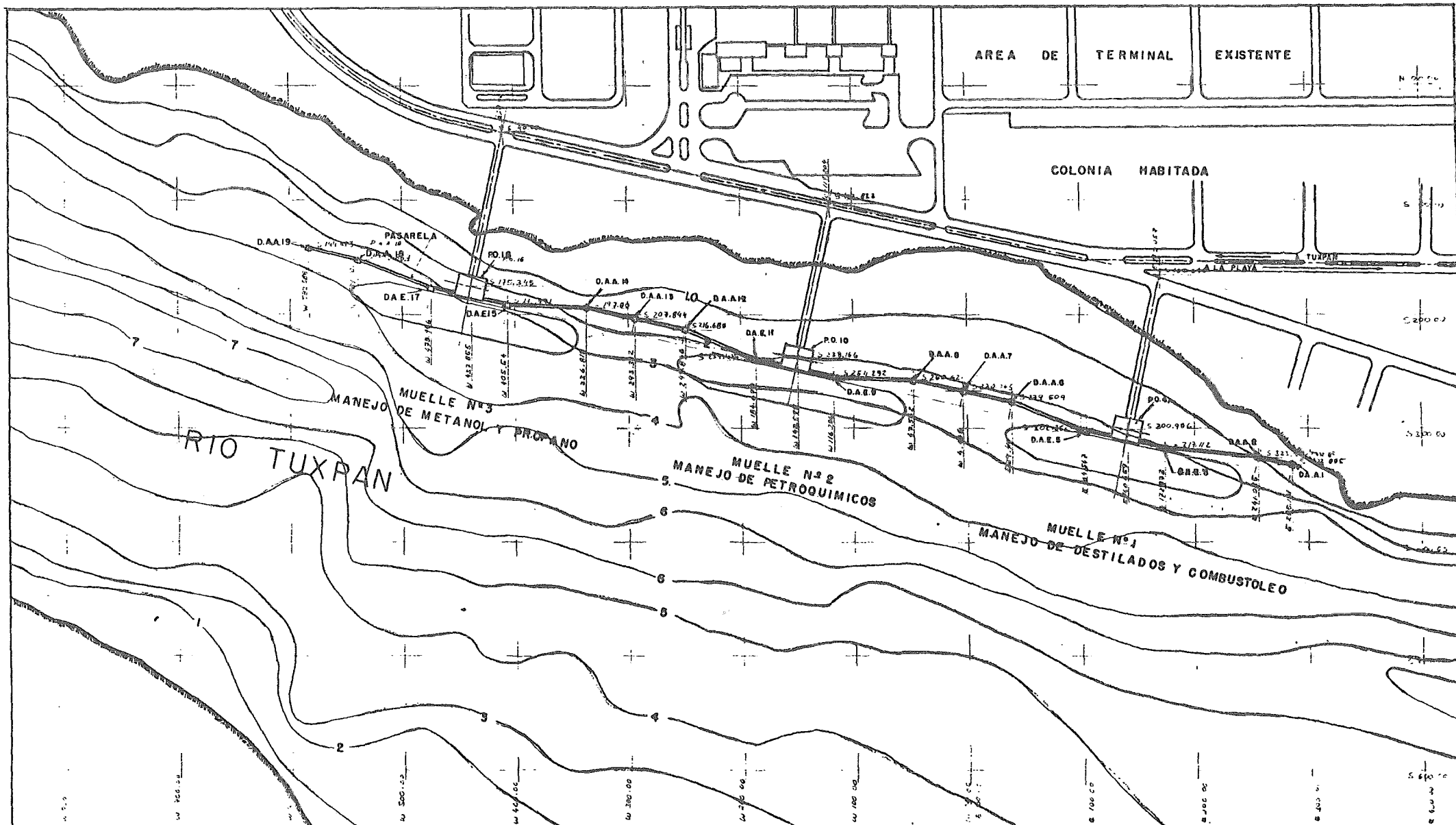
El muelle se pintará con los colores convencionales establecidos por Petróleos Mexicanos para sus obras portuarias y marítimas, enlistados a continuación:

a) Casetas.- Blanco.

b) Parapetos de concreto.- Blanco.

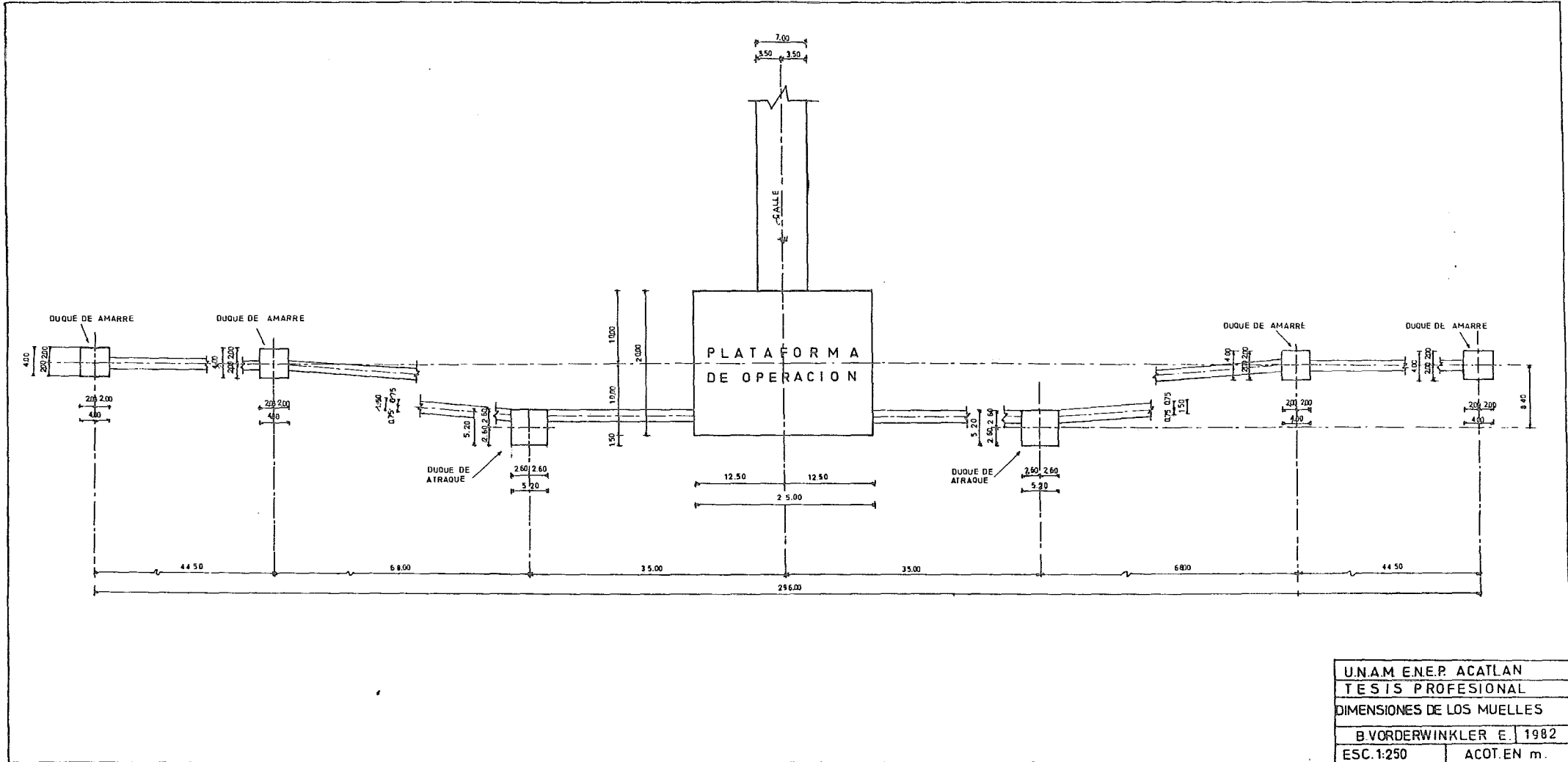
- c) Parapetos metálicos.- Naranja.
- d) Estructura metálica .-Negro hasta 1.50 m de altura y el resto naranja.
- e) Guarniciones .- Blanco.
- f) paramentos del muelle perimetrales.- Cuadros blancos y naranja de acuerdo a dimensiones de los paramentos.
- g) Sistema contra incendio.- Rojo.
- h) Postes de alumbrado.- Verde nilo desde el nivel de piso hasta una altura de 2 m,y el resto blanco.
- i) Elementos de amarre.- Naranja.
- j) Tuberías.- Blancas con franjas de 20 cm de ancho a cada 10 m distintivas del producto que conduzcan.
- k) Garzas.- Negro desde la conexión del extremo hasta 1 m sobre el brazo secundario;el resto blanco.Llevará a 1 m arriba de la parte negra una franja de 20 cm de ancho distintiva del producto que maneje.

Los siguientes planos muestran la distribución de los muelles:



D.A.A. = DUQUE DE ALBA DE AMARRE.  
D.A.E. = DUQUE DE ALBA DE ATRAQUE.  
P.O. = PLATAFORMA DE OPERACION.

U.N.A.M. E.N.E.P. ACATLÁN  
TESIS PROFESIONAL  
ARREGLO GENERAL DE  
LOS MUELLES  
ESC. 1:1500 | 1982  
D. VORDERWINKLER E.



|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| UNAM ENER. ACATLAN         |             |
| TESIS PROFESIONAL          |             |
| DIMENSIONES DE LOS MUELLES |             |
| B.VORDERWINKLER E. 1982    |             |
| ESC. 1:250                 | ACOT. EN m. |

### 5.3.- Estudios para la construcción del Puerto.

Para poder diseñar las instalaciones portuarias adecuadamente, es necesario realizar previamente un análisis de las condiciones del lugar, haciendo estudios del suelo, oceanográficos, meteorológicos, etc. También resulta indispensable conocer los requerimientos de los buques que atracarán para poder definir las dimensiones de las áreas de navegación y de las instalaciones de los muelles.

#### 1.-Estudios físicos.

Además de los datos de regímenes pluviométricos, evaporaciones, mareas, etc., mencionados en el Capítulo I, es necesario conocer los fenómenos que ocurren en las costas de Tuxpan a los que van a estar expuestas las instalaciones portuarias. Los comportamientos del Océano y de los litorales tuxpeños son, según la publicación "Sea and Swell" de la Armada de los Estados Unidos, los siguientes:

##### a) Oleaje local.

Las siguientes tablas muestran las horas de acción del oleaje local, su altura y su rumbo, para cada una de las estaciones del año.

a.1) Primavera.

| Altura<br>(m) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |     |
|---------------|---------------------------------|-----|-----|-----|
|               | N                               | NE  | E   | SE  |
| < 0.90        | 88                              | 205 | 410 | 205 |
| 0.90-1.50     | 29                              | 44  | 132 | 102 |
| 1.50-2.40     | 15                              | 15  | 44  | 29  |
| 2.40-3.60     | 15                              | -   | -   | 15  |
| > 3.60        | -                               | -   | -   | -   |
| Totales       | 147                             | 264 | 586 | 351 |

a.2) Verano.

| Altura<br>(m) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |     |
|---------------|---------------------------------|-----|-----|-----|
|               | N                               | NE  | E   | SE  |
| < 0.90        | 102                             | 205 | 337 | 264 |
| 0.90-1.50     | 15                              | 29  | 73  | 88  |
| 1.50-2.40     | 15                              | -   | 15  | 15  |
| 2.40-3.60     | -                               | -   | -   | -   |
| > 3.60        | -                               | -   | -   | -   |
| Totales       | 132                             | 234 | 425 | 367 |

a.3) Otoño.

| Altura<br>(m) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |     |
|---------------|---------------------------------|-----|-----|-----|
|               | N                               | NE  | E   | SE  |
| < 0.9         | 132                             | 132 | 205 | 190 |
| 0.9-1.50      | 59                              | 44  | 59  | 73  |
| 1.50-2.40     | 44                              | -   | 15  | 29  |

| Altura (m) | N   | NE  | E   | SE  |
|------------|-----|-----|-----|-----|
| 2.40-3.60  | 29  | -   | -   | 15  |
| > 3.60     | 15  | -   | -   | -   |
| Totales    | 279 | 176 | 279 | 307 |

a.4) Invierno

| Altura<br>(m) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |     |
|---------------|---------------------------------|-----|-----|-----|
|               | N                               | NE  | E   | SE  |
| < 0.90        | 130                             | 115 | 245 | 202 |
| 0.90-1.50     | 58                              | 14  | 43  | 72  |
| 1.50-2.40     | 43                              | 14  | 14  | 29  |
| 2.40-3.60     | 29                              | 29  | -   | -   |
| > 3.60        | 29                              | 14  | -   | -   |
| Totales       | 289                             | 186 | 302 | 303 |

a.5) Anual

| Altura<br>(m) | Horas de acción (según rumbos). |     |      |      |
|---------------|---------------------------------|-----|------|------|
|               | N                               | NE  | E    | SE   |
| < 0.90        | 452                             | 657 | 1197 | 861  |
| 0.90-1.50     | 161                             | 131 | 307  | 335  |
| 1.50-2.40     | 117                             | 29  | 88   | 102  |
| 2.40-3.60     | 73                              | 29  | -    | 30   |
| 3.60          | 44                              | 14  | -    | -    |
| Totales       | 847                             | 860 | 1592 | 1328 |

b) Cleaje distante .

b.1) Primavera

| Altura<br>(m) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |    |
|---------------|---------------------------------|-----|-----|----|
|               | N                               | NE  | E   | SE |
| 0.30-1.80     | 29                              | 79  | 115 | 58 |
| 1.80-3.60     | 29                              | 36  | 86  | 29 |
| > 3.60        | 7                               | -   | 7   | -  |
| Totales       | 65                              | 115 | 208 | 87 |

b.2) Verano

| Altura<br>(m) | Horas de acción (según rumbos). |    |     |     |
|---------------|---------------------------------|----|-----|-----|
|               | N                               | NE | E   | SE  |
| 0.3-1.80      | 15                              | 60 | 147 | 67  |
| 1.80-3.60     | 15                              | 15 | 30  | 37  |
| > 3.60        | -                               | -  | 7   | -   |
| Totales       | 30                              | 75 | 184 | 104 |

b.3) Otoño

| Altura<br>(m) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |    |
|---------------|---------------------------------|-----|-----|----|
|               | N                               | NE  | E   | SE |
| 0.30-1.80     | 60                              | 89  | 74  | 30 |
| 1.80-3.60     | 82                              | 52  | 30  | 22 |
| > 3.60        | 22                              | -   | -   | -  |
| Totales       | 164                             | 141 | 104 | 52 |



b.4) Invierno.

| Altura<br>(m) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |    |
|---------------|---------------------------------|-----|-----|----|
|               | N                               | NE  | E   | SE |
| 0.30-1.80     | 58                              | 79  | 65  | 14 |
| 1.80-3.60     | 94                              | 58  | 36  | 22 |
| > 3.60        | 29                              | 7   | -   | -  |
| Totales       | 181                             | 144 | 101 | 36 |

b.5) Anual

| Altura<br>(m) | Horas de acción según rumbos. |     |     |     |
|---------------|-------------------------------|-----|-----|-----|
|               | N                             | NE  | E   | SE  |
| 0.30-1.80     | 162                           | 307 | 401 | 169 |
| 1.80-3.60     | 220                           | 161 | 182 | 110 |
| > 3.60        | 58                            | 7   | 14  | -   |
| Totales       | 440                           | 475 | 597 | 279 |

Los resultados obtenidos del oleaje no son sino el reflejo de su causa directa, el viento, observándose una marcada incidencia de oleajes del Este y del Sureste en Primavera y Verano, y oleajes del Norte y del Noreste en Otoño e Invierno, en forma similar a lo que sucede con los vientos que los originan.

c) Vientos.

En las siguientes tablas de vientos en Tuxpan puede ob-

servarse que en Primavera existe una marcada ocurrencia de los vientos del Este y Sureste, aunque sus velocidades son, en general, menores o iguales a 8m/seg (16 nudos), lo que se refleja en una mayor incidencia de oleajes en esas direcciones. En Verano es igual que en Primavera, solo que hay influencia de vientos del Noroeste, cuya velocidad no excede de 14m/seg. En el Otoño es notoria la influencia de los vientos del Norte y Noroeste, y llegan a alcanzar velocidades mayores de los 28 nudos. Los vientos del Norte ocasionan oleajes significativos. En Invierno hay otra vez influencia de los vientos del Este y del Sureste, aun cuando el viento dominante y reinante es del Norte.

c.1) Primavera.

| Velocidad<br>(m/seg) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |     |    |    |    |     |
|----------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|
|                      | N                               | NE  | E   | SE  | S  | SW | W  | NW  |
| 2.0-5.0              | 131                             | 262 | 415 | 262 | 44 | 22 | 22 | 66  |
| 5.5-8.0              | 44                              | 66  | 197 | 153 | 22 | 22 | -  | 22  |
| 8.5-13.5             | 44                              | 22  | 44  | 66  | 22 | -  | -  | 22  |
| > 14                 | -                               | -   | -   | -   | -  | -  | -  | -   |
| Totales              | 219                             | 350 | 656 | 481 | 88 | 44 | 22 | 110 |

c.2) Verano.

| Velocidad<br>(m/seg) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |     |     |    |     |     |
|----------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
|                      | N                               | NE  | E   | SE  | S   | SW | W   | NW  |
| 2.0-5.0              | 110                             | 221 | 353 | 287 | 88  | 44 | 66  | 88  |
| 5.5-8.0              | 44                              | 44  | 110 | 110 | 22  | -  | 22  | 22  |
| 8.5-13.5             | 22                              | 22  | 44  | 22  | 22  | -  | 22  | 22  |
| > 14                 | -                               | -   | -   | -   | -   | -  | -   | 22  |
| Totales              | 176                             | 287 | 507 | 419 | 132 | 44 | 110 | 154 |

c.3) Otoño.

| Velocidad<br>(m/seg) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |     |     |    |    |     |
|----------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
|                      | N                               | NE  | E   | SE  | S   | SW | W  | NW  |
| 2.0-5.0              | 177                             | 155 | 199 | 177 | 88  | 22 | 44 | 88  |
| 5.5-8.0              | 88                              | 44  | 66  | 110 | 44  | -  | 22 | 88  |
| 8.5-13.5             | 110                             | 22  | 22  | 66  | 22  | -  | 22 | 110 |
| > 14                 | 44                              | -   | -   | -   | -   | -  | -  | 66  |
| Totales              | 419                             | 221 | 287 | 353 | 154 | 22 | 88 | 352 |

c.4) Invierno

| Velocidad<br>(m/seg) | Horas de acción (según rumbos). |     |     |     |     |    |     |     |
|----------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
|                      | N                               | NE  | E   | SE  | S   | SW | W   | NW  |
| 2.0-5.0              | 173                             | 108 | 281 | 216 | 86  | 22 | 65  | 86  |
| 5.5-8.0              | 65                              | 43  | 66  | 108 | 43  | -  | 22  | 65  |
| 8.5-13.5             | 86                              | 22  | 43  | 65  | 22  | -  | 22  | 65  |
| > 14                 | 86                              | -   | -   | -   | -   | -  | -   | 65  |
| Totales              | 410                             | 173 | 390 | 389 | 151 | 22 | 109 | 281 |

c.5) Anual

| Velocidad<br>(m/seg) | Horas de acción (según rumbos). |      |      |      |     |     |     |     |
|----------------------|---------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
|                      | N                               | NE   | E    | SE   | S   | SW  | W   | NW  |
| 2.0-5.0              | 591                             | 746  | 1248 | 942  | 306 | 110 | 197 | 328 |
| 5.5-8.0              | 241                             | 197  | 459  | 481  | 131 | 22  | 66  | 197 |
| 8.5-13.5             | 262                             | 88   | 153  | 219  | 88  | -   | 66  | 219 |
| > 14                 | 130                             | -    | -    | -    | -   | -   | -   | 153 |
| Totales              | 1224                            | 1031 | 1860 | 1642 | 525 | 132 | 329 | 897 |

d) Acarreo litoral.

El movimiento de las olas del mar trae consigo un desplazamiento de los materiales depositados en el fondo hasta una determinada profundidad (plano de Cornaglia). La componente tangencial de la energía del oleaje es la principal causa de los acarrees litorales, los cuales modifican la conformación de las costas y la constitución de sus materiales. Las playas llegan a estabilizarse cuando el abastecimiento de material en un área determinada es igual aproximadamente a la cantidad de material extraído de la misma.

Para conocer el régimen de acarreo litoral de una playa es necesario obtener muestras del suelo en varios puntos de ésta en toda su longitud y tanto en la zona seca de la costa como en la zona de estrán (aquella que se cubre con el vaivén de las olas), la zona de rompiente y a varios metros de profundidad. Con estos análisis puede apreciarse qué parte de la pla-

ya está afectada por materiales correspondientes a bancos de otras zonas.

Para poder evaluar el acarreo litoral en la costa de Tuxpan se dividió la playa en cinco zonas diferentes, tres de las cuales se ubicaron al Norte de la desembocadura del Río y las otras dos al Sur de ésta. Las zonas fueron nombradas de la siguiente manera:

Zona C.- Arranca desde la escollera Norte hasta el Kilómetro 0+500 Norte.

Zona B.- Del Km 0+500 al Km 2+000 N.

Zona A.- Desde el Km 2+000 hasta el Km 4+750 N.

Zona D.- A partir de la desembocadura del Río hasta el Km 2+000 Sur.

Zona E.- Del Km 2+000 Sur al Km 6+000 S.

La cuantificación del material acarreado se presenta en las tablas siguientes:

| Zona A .<br>Estación | Acarreo litoral (m <sup>3</sup> ). |        |        |
|----------------------|------------------------------------|--------|--------|
|                      | N-S                                | S-N    | Neto   |
| Primavera            | +10810                             | -23536 | -12726 |
| Verano               | +6936                              | -20328 | -13392 |
| Otoño                | +21425                             | -17226 | +4199  |
| Invierno             | +24888                             | -15719 | +9169  |
| Anual                | +64059                             | -76809 | -12750 |

Zona B.

| Estación  | Acarreo litoral (m <sup>3</sup> ). |        |        |
|-----------|------------------------------------|--------|--------|
|           | N-S                                | S-N    | Neto   |
| Primavera | +14812                             | -24310 | -9498  |
| Verano    | +8919                              | -25018 | -16099 |
| Otoño     | +28096                             | -19376 | +8910  |
| Invierno  | +32638                             | -18182 | +14456 |
| Anual     | +84655                             | -86886 | -2231  |

Zona C.

| Estación  | Acarreo litoral (m <sup>3</sup> ). |         |        |
|-----------|------------------------------------|---------|--------|
|           | N -S                               | S-N     | Neto   |
| Primavera | +11577                             | -36569  | -24992 |
| Verano    | +7217                              | -30711  | -23494 |
| Otoño     | +25701                             | -26262  | -561   |
| Invierno  | +29156                             | -25592  | +3564  |
| Anual     | +73651                             | -119134 | -45483 |

Zona D.

| Estación  | Acarreo litoral (m <sup>3</sup> ). |        |        |
|-----------|------------------------------------|--------|--------|
|           | N-S                                | S-N    | Neto   |
| Primavera | +22728                             | -20000 | +2728  |
| Verano    | +15839                             | -19790 | -3951  |
| Otoño     | +29942                             | -16500 | +13442 |
| Invierno  | +34117                             | -14635 | +19482 |
| Anual     | +102626                            | -70925 | +31701 |

Zona E.

| Estación  | Acarreo litoral (m <sup>3</sup> ). |         |        |
|-----------|------------------------------------|---------|--------|
|           | N-S                                | S-N     | Neto   |
| Primavera | +19243                             | -41510  | -22267 |
| Verano    | +12217                             | -36405  | -24188 |
| Otoño     | +36467                             | -28773  | +7694  |
| Invierno  | +42295                             | -26941  | +15354 |
| Anual     | +110222                            | -133629 | -23407 |

e) Cuña salina.

Este concepto se refiere a la cantidad de agua salada que penetra desde el mar por la desembocadura de los ríos, y es de importancia para el análisis de los problemas de sedimentación, ya que el agua de mar lleva consigo ciertos materiales.

Para el caso del Río Tuxpan, se ha calculado la cuña salina según el criterio de Shi Igai y Sawamoto, y el resultado obtenido es de una cuña de 16800 m de longitud, teniendo cerca de la desembocadura una profundidad con respecto al agua dulce del Río de 0.914 m .

## 2.- Estudios de Mecánica de Suelos.

Estos análisis se hicieron para conocer el tipo de material que será dragado y donde posteriormente se apoyarán las estructuras de los muelles. El estudio consistió en un muestreo y exploración del subsuelo, pruebas de laboratorio y aná-

lisis de resultados.No existen en la zona estratos de suelo suficientemente resistentes para apoyar la cimentación de los muelles con pilotes de punta.Los análisis del suelo para precisar la cimentación más adecuada aún están por realizarse.

Para conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo se realizaron ocho sondeos a 20 m de profundidad en ambas márgenes del Río y ocho sondeos a 10 m de profundidad realizados dentro del Río.Se utilizó herramienta de penetración estándar,obteniendo muestras representativas alteradas a cada metro de profundidad y midiendo simultaneamente el índice de resistencia a la penetración de los materiales atravesados.La localización de los sondeos se muestra en el croquis de localización de sondeos.

En las muestras alteradas obtenidas en la prueba de penetración estándar se hicieron las siguientes pruebas de laboratorio:

- a)Clasificación visual y al tacto de los materiales,humedos y secos.
- b) Contenido natural de agua.
- c) Límites de consistencia.
- d) Análisis granulométrico por mallas.
- e)Densidad de sólidos.

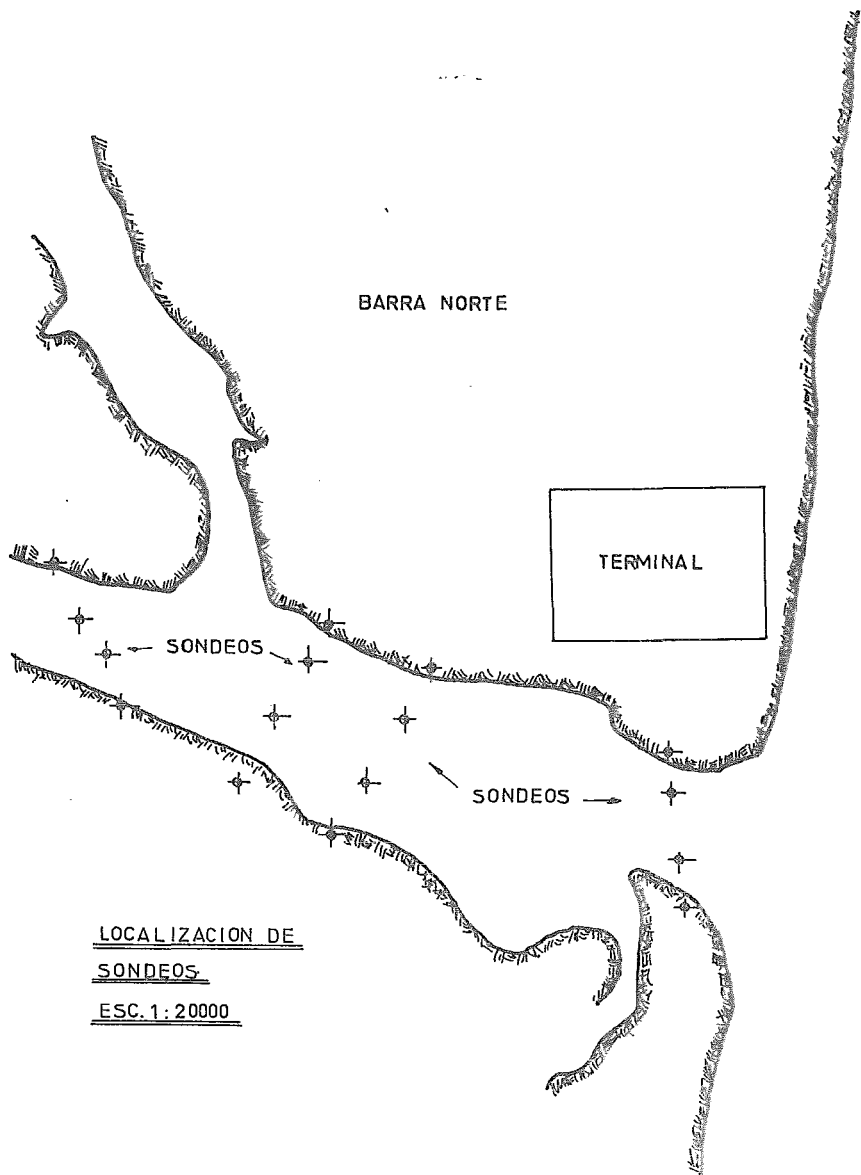
De acuerdo a los resultados de las pruebas de laboratorio y a la estratigrafía del subsuelo se observó que, en general, los materiales que serán dragados corresponden a arcillas poco arenosas, con contenido de agua variable entre el 60 y 80%, de



consistencia muy blanda a blanda, del grupo CH según el Sistema unificado de Clasificación de Suelos, con un porcentaje medio de finos de 90% y un porcentaje medio de arena del 10%. Se juzgó que, debido a estas características, los materiales producto del dragado no serán utilizables para la formación de cualquier tipo de terraplén. Durante la operación de dragado, al romper la estructura de las arcillas, éstas entrarán en suspensión, aumentando considerablemente su contenido de agua y comportándose como fluido. En caso de que este material vaya a ser depositado en tierra, deberá elegirse un terreno en el que no se pretenda construir estructuras de importancia en el futuro, dado que las arcillas constituirán un suelo muy deformable y de baja resistencia. Sin embargo podrán construirse estructuras ligeras siempre y cuando se deje pasar un tiempo razonablemente largo que permita la consolidación y la reestructuración de las arcillas. Este lapso de tiempo deberá ser del orden de 10 años. En caso de que se vaya a construir algo sobre el material dragado, se colocará éste en capas no mayores de 30 cm y se dejará orear el tiempo suficiente para permitir su sedimentación y desecación principal, y después de ocurrido esto, se colocará la siguiente capa.

La cantidad de material que será dragado es de  $300,000m^3$ , y en promedio se excavarán aproximadamente 6m de profundidad con respecto al actual fondo del Río, ya que para que operen

los mayores barcos esperados en los muelles (40000 Ton de peso muerto) se deberá contar con unas dársenas de profundidad mínima de 12.50 m referidos al nivel de bajamar media inferior, a fin de que las embarcaciones circulen con seguridad (un barco de la anterior capacidad de carga tiene un calado de 11.50 m ).



BARRA NORTE

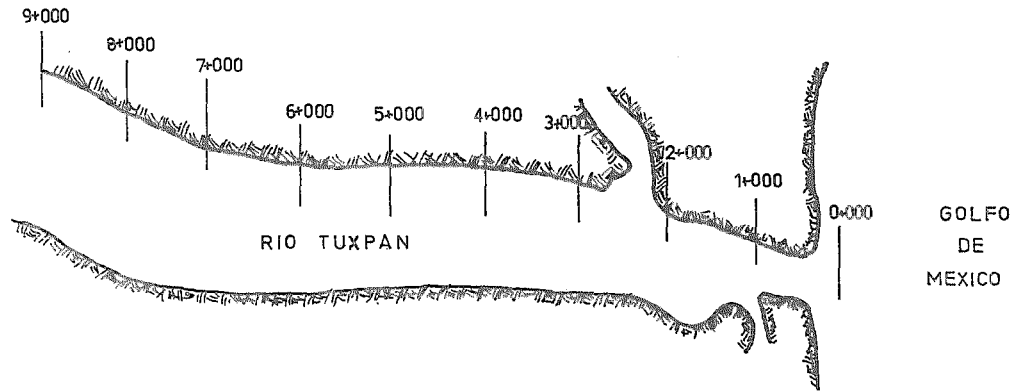
TERMINAL

SONDEOS

SONDEOS

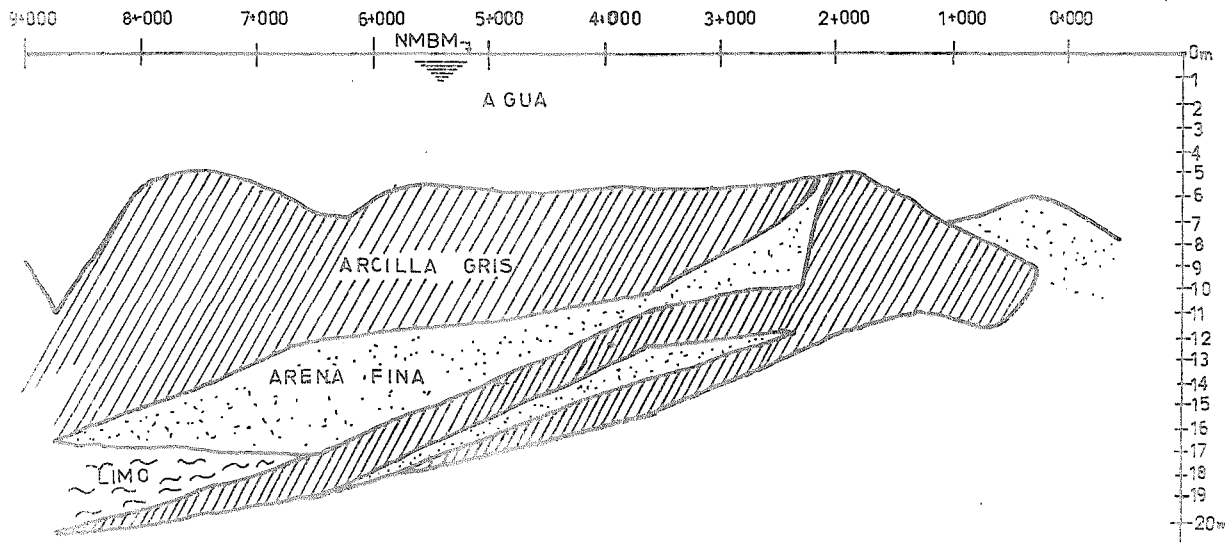
LOCALIZACION DE  
SONDEOS

ESC. 1:20000



KILOMETRAJE DEL CAUCE DEL RIO TUXPAN.

ESC. 1:50000



PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL CAUCE DEL RIO.

ESC. HOR. 1:40 000.

ESC. VERT. 1:200.

### 3.- Las escolleras.

La longitud actual de las escolleras (800 m la Norte y 600 m la Sur, llegando a las profundidades -7 m y -5 m respectivamente), no es suficiente para mantener el canal de navegación a una profundidad constante, ya que a esas distancias de la costa aun se producen acarrees de materiales por la acción del movimiento oceánico, por lo que se requiere un dragado de mantenimiento periódico del canal.

Las longitudes de proyecto de las escolleras Norte y Sur son de 1490 m y 1570 m respectivamente, llegando ambas hasta la cota -10 m. Con estas magnitudes se lograría una profundidad constante en el canal de navegación, debido a que ya no habría acarrees litorales dentro de éste porque se habría alcanzado el plano de Cornaglia con las escolleras.

Como puede observarse en las tablas de transporte litoral y de oleajes, el movimiento neto de materiales lleva la dirección Sur-Norte, y la mayor parte de las olas llegan del Sureste y Este. Por este motivo la escollera Sur es, en el proyecto, de mayor longitud que la Norte. De esto se deduce que los azolves en la playa de Tuxpan tienen lugar en la parte externa de la escollera Sur, y las erosiones suceden en las playas de la Barra, junto a la escollera Norte. Con la construcción de las escolleras hasta la cota -10 m se contaría con suficiente espacio de almacenamiento para los materiales acarreados por las

olas, y se lograría el equilibrio estático de la playa cuando ésta alcanzara la perpendicularidad con respecto a la línea resultante de la dirección del oleaje.

Para definir la altura sobre el nivel del mar de las escolleras, se determinó una ola de diseño, sacando un promedio de las alturas de las olas en Tuxpan, incluyendo las de los ciclones, obteniendo una ola de 5.95 m de altura. Después se vió entre qué valores de olas estaba esta cifra, y fué entre 5.86 y 6.56 m. A estos valores se les multiplicó por los coeficientes de difracción correspondiente a su dirección de incidencia, que son 0.632 y 0.613 respectivamente. Los valores resultantes fueron 3.70 y 4.02 m, y sacando el promedio de éstos, se obtuvo la ola de diseño de 3.86 m de altura.

#### 4.-Estudios hidráulicos.

Para diseñar los muelles, fué necesario determinar un nivel de referencia para así poder definir las cotas operativas del muelle y de sus dársenas, y se tomó para este fin el cero correspondiente al nivel de marea baja media inferior, definiéndose ésta como el promedio de las bajamares diarias durante un período considerado en cada estación. Se utilizaron los datos de mareas obtenidos por el Departamento de Oceanografía del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., que al igual que los fenómenos meteorológicos tales como régimen pluviométrico

trico, evaporaciones, vientos, etc., fueron mencionados en el Capítulo I.

Para analizar el comportamiento del Río Tuxpan al construir los muelles en la margen izquierda, fué necesario diseñar un modelo hidráulico de la zona, el cual quedó constituido de los siguientes elementos:

a) Zapata de concreto de  $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$  de  $50 \times 8 \text{ cm}$ , armada con varillas de  $3/8$  a cada  $20 \text{ cm}$  transversalmente y a cada  $15 \text{ cm}$  longitudinalmente. La longitud de la zapata es de  $113 \text{ m}$ .

b) Dala de  $0.20 \times 0.20 \times 113 \text{ m}$ , armada con 4 varillas de  $3/8$  y estribos de  $1/4$  a cada  $20 \text{ cm}$ , con concreto de  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ .

c)  $350 \text{ m}^2$  de muro de block, pegado y aplanado con mortero cemento-arena de  $1:5$  de  $1.5 \text{ cm}$  de espesor, con acero desplegado en la parte interior, impermeabilización y pintura.

d) Dalas de cerramiento de  $0.15 \times 0.20 \times 170 \text{ m}$ , armadas con 4 varillas de  $3/8$  y estribos de  $1/4$  a cada  $20 \text{ cm}$ , con concreto de  $f'c=150 \text{ Kg/cm}^2$ .

e)  $134 \text{ m}^3$  de grava cementada compactada con pisón de mano utilizada para relleno.

f) Relleno de arena para dar la configuración del desplante de la losa del modelo ( $90 \text{ m}^3$ ).

g) Construcción de la zona de mar de concreto de  $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$  y armada con varillas de  $3/8$  a cada  $20 \text{ cm}$  en ambos sen-



tidos (200 m<sup>2</sup>).

h) 20 m<sup>2</sup> de losa de configuración final del modelo con concreto de  $f'c=150\text{Kg/cm}^2$  de 3.5 cm de espesor y armada con tela de gallinero calibre 22, incluyendo arena, cemento y varillas, para dar la configuración de la zona de mar, madera para configurar el río, hilos para trazo de cuadrícula auxiliar y baquelita para reproducir azolves o fondos móviles del modelo.

i) Equipo de bombeo con motor de 7.5 HP y bomba centrífuga.

j) Red de tuberías de alimentación y descarga incluyendo tubos de PVC de 4 pulg de diámetro y tubo de fierro galvanizado de 4 y de 2.5 pulg de diámetro, tornillos, etc.

k) Mecanismo generador de oleaje, incluyendo batidores, motores de 5 HP, lámina galvanizada No.16, red de contactos, arrancadores, apagadores y accesorios.

l) Mecanismo generador de marea, incluyendo compuerta, motor, arrancador reversible, switch, motoreductores del motor y de la compuerta y disco programador.

m) Equipo de medición, incluyendo dos limnímetros, dos cronómetros y un ológrafo.

n) Equipo para limpieza y mantenimiento.

El costo estimado para los materiales utilizados en este modelo fué, en 1979, de \$ 765,000.00 pesos. Su construcción duraría tres meses y se estimó que su operación se realizaría durante 6 meses.

5.-Requerimientos de los buques.

Para fines de dimensionamiento de las áreas del Puerto, y en función de los productos y volúmenes que se transportarán en la Terminal, se consideraron las siguientes dimensiones de los barcos:

a) Barco de 40000 Ton de pesc muerto.

Eslora=206 m.

Manga= 29.7 m.

Puntal =15.5 m.

Calado =11.5 m.

b) Barco de 11000 Ton de peso muerto.

Eslora=135.2 m.

Manga= 19.55 m.

Puntal= 9.27 m.

Calado=7.30 m.

c) Barco remolcador de 210 Ton de peso bruto

Eslora=31.93 m.

Manga= 7.32 m.

Puntal= 4.13 m.

Calado= 2.13 m.

Habrá que definir el nivel de operaci3n del muelle, que es aquel en el cual se realizan las principales actividades relacionadas con las maniobras de amarre de los barcos. Este nivel deberá ser tal que sea operativo para el rango de las embarcaciones tipo que atracarán en los muelles, facilit nse las operaciones de carga y descarga. No obstante, este

nivel no necesariamente deberá ser el mismo a todo lo largo del muelle, viéndose aumentado o disminuido según el elemento que se trate. En caso de que se tenga un nivel diferente de operación, se instalará una rampa cuya pendiente no exeda del 10%.

Se hicieron también los análisis de los siguientes conceptos:

a) Velocidad de atraque.- Se refiere a la componente de la velocidad de la embarcación perpendicular al paramento de atraque del muelle cuando aquella se aproxima a éste. La velocidad de atraque varía grandemente de acuerdo al tamaño del barco, la facilidad de maniobra de éste, el tipo de muelle, las condiciones meteorológicas, la marea, etc. Cuando un barco de gran porte es auxiliado por remolcadores y puesto en posición paralela al paramento de atraque del muelle, la velocidad de atraque es relativamente baja. Los tonelajes de los barcos y sus velocidades promedio son los siguientes:

40000 TFM-----0.1 m/seg.

11000 TFM-----0.15 m/seg.

210 TFM-----0.20 m/seg.

b) Angulo de acercamiento al muelle.- Es el ángulo de incidencia que se forma entre el alineamiento del paramento de atraque del muelle y el eje longitudinal de la embarcación.

Este ángulo no deberá exeder de  $10^{\circ}$

c) Ángulo inicial de borneo.- Para el cálculo de los esfuerzos de compresión debido al borneo (ladeo) de la embarcación en su maniobra de desatraque durante la cual concentrará sus esfuerzos en las partes exteriores de los paramentos de atraque de las plataformas de amarre y atraque más alejadas de la plataforma de operación, se tomarán las mismas velocidades que las de atraque, con un ángulo de acercamiento de  $20^\circ$  formado por el alineamiento del paramento de atraque del muelle y el eje longitudinal del barco.

d) Cálculo del peso virtual de la embarcación.- Para calcular la energía cinética producida por la embarcación, se debe agregar un peso adicional al desplazamiento de la misma a plena carga, debido a las siguientes razones:

Cuando el barco en movimiento es detenido de repente, el volumen de agua en movimiento con el barco, el cual es llamado peso adicional ( $W''$ ), tendrá influencia en la energía de atraque. Este peso adicional se expresa como una columna cilíndrica de agua con una longitud igual a la eslora del barco y un diámetro equivalente al calado del barco a plena carga. El llamado peso virtual se obtiene agregando el peso adicional del agua ( $W''$ ) al desplazamiento a plena carga del barco ( $W'$ ) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$W = W' + W''$$

$$W'' = \frac{H D^2}{4} \rho w$$

donde:

$w$  = Peso virtual (Ton).

$w'$  = Tonelaje de desplazamiento (Ton).

$w''$  = Peso adicional (Ton).

$D$  = Calado. (m).

$l$  = Eslora (m).

$\rho_w$  = Densidad del agua de mar (1.03 Ton/m<sup>3</sup>).

e) Energía efectiva de atraque.-Para conocer los esfuerzos a que va a estar sometido el muelle y poder definir las defensas más adecuadas, es necesario calcular la energía efectiva de atraque de la embarcación de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E = \frac{w V^2}{2g} \quad , \text{ donde}$$

$E$  = Energía cinética (Ton-m ).

$w$  = Peso virtual de la embarcación (Ton).

$V$  = Velocidad de atraque de la embarcación (m/seg)

$g$  = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg<sup>2</sup> ).

Generalmente, cuando un barco hace su maniobra de atraque, no es frecuente que se aproxime paralelo al muelle ya que normalmente lo hace formando un ángulo con respecto a éste (ángulo de acercamiento al muelle ), haciendo contacto en un punto próximo a la popa o a la proa, por lo tanto cuando el barco hace contacto con el muelle, ocurre un cierto movimiento de

rotación sobre un eje vertical que pasa por el centro de gravedad del barco. En ese momento parte de la energía cinética del atraque es liberada. La energía efectiva del atraque es calculada por la siguiente fórmula:

$$E' = \frac{W V^2}{2g} \times \frac{1}{1 + (L/r^2)} \quad , \text{donde}$$

$E'$  = Energía efectiva de atraque de una embarcación  
(Ton-m).

$W$  = Peso virtual de la embarcación (Ton).

$L$  = Distancia del centro de gravedad del barco al punto de contacto medida a lo largo del paramento de atraque (m).

$r$  = Radio de giro con respecto al centro de gravedad del barco sobre un plano horizontal (m).

$g$  = Aceleración de la gravedad ( $m/seg^2$ ).

Suponiendo el área plana de un barco como un rectángulo alargado o una elipsoide, el radio de giro del buque es aproximadamente un cuarto de su eslora total, y el punto de contacto en el momento del atraque está también aproximadamente a un cuarto de la eslora, ya sea a partir de la proa o de la popa, llamándose punto de contacto a  $1/4$ . En este caso la energía efectiva de atraque estará representada como sigue:

$$E' = \frac{W V^2}{2g} \cdot \frac{1}{2} = \frac{W V^2}{4g}$$

E' = Energía efectiva de atraque (Ton-m).

V = Velocidad de atraque de la embarcación (m/seg).

La mitad de la energía cinética es tomada por las defensas del muelle y su estructura y la otra mitad por el barco.

f) Fuerzas de viento de diseño.-Se considerarán dos fuerzas de viento:

f.1) Una de 150 Km/hr incidiendo sobre el área máxima longitudinal de deriva debida al viento de la embarcación de mayor porte, tratando de enconcharla o separarla del muelle.

f.2) Una de 200 Km/hr sin barco atracado, incidiendo sobre la estructura del muelle y los equipos instalados.

La primera velocidad mencionada servirá para cuando el barco se aconche sobre el muelle, calcular las fuerzas horizontales de compresión a las que estará sometida la estructura debido al empuje del barco animado por el viento. Con la misma velocidad, pero tratando de separarlo del muelle, se calcularán las fuerzas que obrarán sobre los elementos de amarré y sus anclajes.

g) Zona sísmica.-Para fines de diseño por sismo, deberá tomarse el coeficiente correspondiente a la zona 1 de la carta sísmica de la República Mexicana.

h) Cargas vivas horizontales.- Son las fuerzas debidas a las siguientes condiciones:

h.1) A la energía generada por el barco a plena carga en su maniobra de atraque animado por las velocidades de atraque.

h.2) La fuerza del viento, bien sea aconchando o separando del muelle a la embarcación de mayor porte, exponiendo ésta su mayor área longitudinal de deriva debida al viento

h.3) Al sismo.

i) Cargas vivas verticales.-Para presisar la magnitud de las cargas en cada uno de los elementos que constituyen los muelles se seguirán los siguientes valores :

Calle vehículos ----- 1500Kg/m<sup>2</sup>.

Banquetas-----750 Kg/m<sup>2</sup>.

Plataforma de operación ---1500 kg/m<sup>2</sup>.

Plataformas de atraque y de amarre --- 1500 kg/m<sup>2</sup>.

Pasarelas para peatones ----750 Kg/m<sup>2</sup>.

Soportes de tubería--- Una tubería de 16 pul. de diámetro  
llena de agua.



Conclusiones y recomendaciones.

Después de todo lo anteriormente expuesto, se puede decir que la construcción de un puerto en la Barra Norte vale la pena, ya que permitirá acercar los productos petroquímicos a sus destinos a un costo de transporte muy bajo. El hecho de que no puedan pasar barcos de gran tonelaje por el canal de navegación en su estado actual, si bien limita la funcionalidad de los muelles, no quiere decir por esto que sean inoperantes, ya que los barcos con 3000 Ton de peso muerto pueden navegar ahí. Por lo tanto, puede concluirse que la construcción de un primer muelle e instalaciones de almacenamiento modestas para productos petroquímicos, con la profundidad actual del canal, es una solución a corto plazo del problema de la transportación de productos por vía marítima, y presenta un beneficio al transporte de hidrocarburos. Además, las instalaciones de esta dimensión son suficientes para la cantidad inicial de productos que se enviarán desde La Cangrejera.

El aumento de la profundidad del canal de navegación y la consecuente prolongación de la longitud de las escolleras es una obra de magnitud considerable, donde intervienen muchos factores tales como la utilización óptima de la maquinaria necesaria, los procedimientos constructivos, la mejor ubicación del lugar para depositar el material dragado, etc., por lo que debe considerarse esta obra como una solución a largo plazo,

que deberá llevarse a cabo cuando la demanda de productos y la necesidad de su transportación por vía marítima se vaya incrementado.

Una consideración que debe hacerse al pensar en la futura profundidad del canal, es la relación existente entre ésta y la anchura que tiene la desembocadura en la zona de las escolleras, que como se dijo en el Capítulo IV, es de 400m. Al hacer el dragado en el acceso, se necesitará mantener el ángulo de reposo requerido por los materiales que forman el talud donde se apoyan las corazas de las escolleras, lo que se logra prolongando los terraplenes hacia el centro del canal. Si el ángulo de reposo lleva una pendiente en razón de 1:3 y se quiere una profundidad de 12 m, entonces el talud de caja escollera tendrá 36 m de base cada uno, sumando ambos 72 m, lo cual haría un ancho efectivo del canal de 328 m. Así, a medida que se aumente la profundidad, disminuirá el ancho del canal, reduciendo las posibilidades de maniobra de los barcos.

En lo referente al dragado del canal, ya que la mayor parte de los materiales son arenas limosas y arcillas de consistencia muy blanda, es recomendable utilizar una o varias dragas hidráulicas, debido a las condiciones que ofrece el lugar.

Dado que la Terminal de Barra Norte va a funcionar como punto de convergencia de los transportes marítimo y terrestre, es recomendable que se realicen, en la medida de los requeri-

mientos propios de la Terminal en el transcurso del tiempo, obras que permitan el acceso del ferrocarril a la Barra Norte, para poder transportar los hidrocarburos por tierra a través de un medio más económico que las pipas (autos-tanque).

En cuanto al transporte carretero, vale la pena mencionar que el camino que llega a Tuxpan más transitado es la carretera México-Tulancingo-Poza Rica-Tuxpan, debido a que une a los polos industriales del Valle de México y sus cercanías con el Puerto mencionado. Es necesario vigilar con constancia la conservación de este camino, ya que su mal estado perjudicaría la efectividad del transporte.

Considerando que el único acceso a la Barra es el puente sobre el Estero de Tampamachoco, resulta fundamental para el desarrollo de la Terminal el que se encuentre en óptimas condiciones. Pemex piensa construir otro puente de mayores dimensiones que permita el paso a la Barra en forma más eficiente, pero aun no se realizan los estudios donde se analicen todas las consideraciones al respecto.

Es necesario tener muy en cuenta la conservación del medio ambiente. En todas las zonas donde hay industrias se corre el riesgo de alterar la ecología debido principalmente a la falta de tratamiento adecuado de los desperdicios. En el caso específico de la Barra Norte, los daños lo sufrirían principalmente el agua, debido al derrame accidental de los productos en

alguna operación de descarga, y el aire, al ser cremados los hidrocarburos en los quemadores. En este último caso la solución puede ser que las máquinas trabajaran en lapsos programados para racionalizar la producción de gases. Para el caso del agua, se deben tomar todas las precauciones posibles en las operaciones de manejo de productos para evitar en lo posible los derrames. También se debe tener un sistema de mantenimiento de las instalaciones, chequeando paulatinamente las partes del equipo donde hubiera posibles fugas. En caso de que a pesar de las medidas tomadas se presentara algún derrame, se deberá contar con un sistema que aisle el agua contaminada y que la lleve a algún lugar específico de tratamiento, donde pueda ser purificada o desechada en una zona que no sea afectable.

En cuanto a la cimentación de los muelles, la mejor solución sería la utilización de pilotes que trabajaran por fricción, debido al suelo arcilloso existente que no tiene estratos resistentes en los primeros 20 m de profundidad. El material de los pilotes, ya sea concreto o acero, deberá tener un tratamiento que defienda a las estructuras del medio corrosivo imperante en Tuxpan.

Bibliografía.

- Archivo de la Dirección de Proyectos de Petróleos Mexicanos.
- La Economía del Estado de Veracruz. (Investigación del Sistema Bancos de Comercio, 1975 ).
- IX Censo General de Población y Vivienda, 1970.
- Diseño y construcción de obras marítimas. México, C.E.C.F., U.N.A.M., 1972.
- Ingeniería Marítima.-R Bustamante y otros autores. Ediciones Temas Marítimos. 1976.
- Estudios físicos para proyectar el acceso a las instalaciones portuarias en Tuxpan, Ver.- C.I.F.S.A.
- Puertos. Ing. Fernando Hernández de Labra. 1980.
- Estructuras marítimas. Ing. Luis Herrejón de la Torre. Ed. LIMUSA. 1979.
- Química. G.R. Choppin y otros autores. Publicaciones Cultural S.A. 1974.
- Anteproyecto de las obras exteriores para el Puerto de Tuxpan, Ver. Luis Manuel Farah de Anda. Tesis Profesional. I.P.N. E.S.I.A.
- Boletín informativo #31, I.M.P.

M-0028676