

Nº 66
REV.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

AMPLIACION DE LA LAGUNA Y DEL
PUERTO DE PAJARITOS, VER.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

OSCAR JIMENEZ FRANCO

Ciudad Universitaria, D.F.

Abril de 1992

TESIS CON
FALDA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

| | pagina |
|---|--------|
| I.- Introducción. | 1 |
| II.- Justificación de la obra. | 4 |
| III.- Conceptos básicos. | 6 |
| III.1.- Un puerto se puede clasificar desde diversos puntos de vista. | 7 |
| III.2.- Nociones, sobre buques, Nomenclatura y definiciones elementales. | 8 |
| III.3.- Terminología. | 17 |
| IV.- Localización. | 20 |
| IV.1.- Reconocimiento y recopilación. | 20 |
| IV.2.- Evaluación de alternativas de locali- zación. | 20 |
| IV.3.- Estudios necesarios para la localiza- ción y construcción de un puerto. | 23 |
| IV.4.- Localización de la terminal marítima en pajaritos, Ver, | 26 |
| V.- Climatología | 31 |
| V.1.- Datos climatológicos del lugar. | 31 |
| VI.- Topografía | 33 |
| VI.1.- Brecheo. | 33 |
| VI.2.- Levantamiento aerofotografico. | 33 |
| VI.3.- Triangulación. | 34 |
| VI.4.- Medición de ángulos. | 37 |
| VI.4.1.- Método de repeticiones. | 37 |
| VI.4.2.- Método de reiteraciones. | 37 |
| VI.5.- Poligonales. | 38 |
| VI.6.- Nivelación. | 41 |
| VI.7.- Seccionamiento. | 44 |
| VI.8.- Delimitación de la zona federal mari- tima terrestre. | 45 |
| VI.9.- Batimetría. | 48 |

| | pagina |
|--|--------|
| VII.- Geotecnia (mecánica de suelos). | 53 |
| VII.1.- Introducción. | 53 |
| VII.2.- Proyecto. | 53 |
| VII.3.- Exploración del subsuelo. | 54 |
| VII.4.- Pruebas de laboratorio. | 54 |
| VII.5.- Reseña geologica y subsuelo. | 54 |
| VII.6.- Estabilidad de taludes | 55 |
| VII.7.- Determinación de carga que actuarán sobre el muelle. | 56 |
| VII.7.1.- Cargas verticales. | 57 |
| VII.7.2.- Cargas horizontales. | 57 |
| VII.8.- Estabilidad de la estructura propues- ta. | 58 |
| VIII.- Hidrología. | 65 |
| VIII.1.- Recolección y análisis de informa- ción. | 65 |
| VIII.2.- Topohidrografía. | 65 |
| VIII.3.- Vientos. | 66 |
| VIII.3.1.- Definición. | 69 |
| VIII.3.2.- Causas. | 69 |
| VIII.3.3.- Clasificación de los vientos. | 69 |
| VIII.3.4.- Características fundamentales en el análisis del viento. | 74 |
| VIII.3.5.- Duración y ciclo de la vida de los ciclones tropicales. | 79 |
| VIII.4.- Oleajes. | 80 |
| VIII.4.1.- Características de una ola. | 94 |
| VIII.4.2.- Una clasificación más amplia de las ondas. | 95 |
| VIII.5.- Corrientes | 105 |
| VIII.5.1.- Corrientes debidas al viento. | 105 |
| VIII.5.2.- Corrientes inducidas por el oleaje. | 106 |
| VIII.2.1.- Corrientes litorales. | 107 |
| VIII.2.2.- Corrientes en dientes de sierra. | 108 |
| VIII.2.3.- Corrientes por expansión. | 108 |
| VIII.2.4.- Corrientes por retorno. | 108 |
| VIII.5.3.- Corrientes por marea. | 108 |
| VIII.5.4.- Corrientes por densidad. | 108 |
| VIII.5.5.- Medición de la corriente. | 109 |
| VIII.5.5.1.- Corrientometro | 109 |
| VIII.5.5.2.- Método de flotadores. | 109 |

| | pagina |
|--|--------|
| VIII.5.5.3.- Corrientografo. | 110 |
| VIII.5.5.4.- Pintura a base de colorantes. | 110 |
| VIII.5.5.5.- Por medio de fotografias. | 110 |
| VIII.5.5.6.- Por medio de trazadores radiactivos. | 110 |
| VIII.6.- Mareas. | 113 |
| VIII.6.1.- Aspecto descriptivo de las mareas. | 113 |
| VIII.6.1.1.- Marea semidiurna. | 115 |
| VIII.6.1.2.- Marea diurna. | 115 |
| VIII.6.1.3.- Marea mixta. | 115 |
| VIII.6.2.- Las fuerzas generadoras de las mareas. | 117 |
| VIII.6.3.- Instrumentos destinados a la medicion. | 119 |
| VIII.6.3.1.- Mareómetros o reglas de marea. | 119 |
| VIII.6.3.2.- Mareografos. | 119 |
| VIII.6.4.- Mareas de vientos. | 119 |
| VIII.7.- Acarreos litorales. | 124 |
| IX.- Tipos de muelles. | 126 |
| IX.1.- Descripcion de los muelles. | 127 |
| IX.1.1.- Memoria descriptiva muelle N° 1. | 127 |
| IX.1.2.- Memoria descriptiva muelle N° 2. | 129 |
| IX.1.3.- Memoria descriptiva muelle N° 3. | 129 |
| IX.1.4.- Memoria descriptiva muelle N° 4. | 129 |
| IX.1.5.- Memoria descriptiva muelle N° 5. | 138 |
| IX.1.6.- Memoria descriptiva muelle N° 6. | 139 |
| IX.1.7.- Memoria descriptiva muelle N° 7. | 140 |
| IX.1.8.- Memoria descriptiva muelle N° 8. | 141 |
| IX.1.8.- Memoria descriptiva muelle N° 9. | 142 |
| IX.1.10.- Memoria descriptiva muelle N° 10. | 143 |
| IX.1.11.- Memoria descriptiva muelle N° 11. | 143 |
| IX.1.12.- Memoria descriptiva muelle N° 12. | 143 |
| IX.1.13.- Memoria descriptiva muelle N° 13. | 143 |
| IX.1.14.- Memoria descriptiva muelle N° 14. | 143 |
| X.- Cálculo de muelles. | 145 |
| X.1.- Empleo de pilotos. | 145 |
| X.1.1.- Capacidad del pilote por resistencia del terreno | 146 |

| | pagina |
|---|--------|
| X.2.- Plataforma de operaciones. | 168 |
| X.2.1.- Antecedentes. | 168 |
| X.2.2.- Introducción. | 168 |
| X.2.2.1.- Descripción. | 169 |
| X.2.2.2.- Cargas. | 169 |
| X.2.2.3.- Determinación de las cargas muertas. | 170 |
| X.2.3.- Rigideces. | 171 |
| X.2.3.1.- Rigidez del pilote. | 171 |
| X.2.3.2.- Rigidez de la losa. | 172 |
| X.2.4.- Factores de distribución. | 173 |
| X.2.4.1.- Columnas. | 173 |
| X.2.4.2.- Losas. | 173 |
| X.2.5.- Calculo de los elementos mecánicos. | 175 |
| X.2.6.- Momentos finales. | 175 |
| X.2.7.- Diseño de la losa. | 177 |
| X.2.8.- Revisión por flexión. | 177 |
| X.2.9.- Revisión por tensión diagonal. | 184 |
| X.2.10.- Análisis de pilotes. | 187 |
| X.3.- Plataforma de atraque. | 205 |
| X.3.1.- Descripción. | 205 |
| X.3.1.1.- Obtención de las condiciones de atraque. | 205 |
| X.3.2.- Energía de atraque. | 205 |
| X.4.- Duques de alba de amarre. | 241 |
| X.4.1.- Subíndice. | 241 |
| X.4.1.1.- Generalidades. | 241 |
| X.4.1.1.1.- Descripción. | 241 |
| X.4.1.1.2.- Cargas. | 242 |
| X.4.2.- Duques de alba de amarre N° 1. | 243 |
| X.4.3.- Duques de alba de amarre N° 2. | 261 |
| X.4.4.- Revisión de pilotes a flexo-compresión. | 272 |
| X.5.- Viaducto. | 276 |
| X.5.1.- Análisis de carga. | 277 |
| X.5.2.- Análisis por carga horizontal del marco criterio de Leontovich. | 281 |
| X.5.3.- Revisión de pilotes. | 284 |
| X.5.4.- Revisión de vigas. | 284 |
| X.5.5.- Análisis del caballete por computadora. | 286 |
| X.5.6.- Revisión de alternativa con pilotes ϕ 24" e = 13 mm. | 294 |
| X.5.7.- Flexocompresión en vigas. | 297 |

| | pagina |
|---|--------|
| X.5.8.- Alternativa pilotes ϕ 24" e = 19 mm. | 298 |
| X.5.9.- Revisión de la viga a flexocompresión. | 300 |
| X.6.- Pasarela. | 302 |
| X.6.1.- Descripción. | 302 |
| X.6.2.- Ejemplo N° 1 | 302 |
| X.6.3.- Ejemplo N° 2 | 308 |
| XI.- Procedimiento de construcción. | 322 |
| XI.1.- Programa de construcción. | 322 |
| XI.1.1.- Equipo empleado. | 322 |
| XI.1.2.- Revisión y estudio de proyecto. | 324 |
| XI.1.3.- Obras provisionales. | 324 |
| XI.2.- Colado de pilotes. | 325 |
| XI.2.1.- Observaciones que se deben de tomar antes de colar cada pilote. | 327 |
| XI.2.2.- Transporte de pilotes. | 327 |
| XI.2.3.- Trazo topografico. | 328 |
| XI.2.4.- Hincado de pilotes. | 329 |
| XI.2.5.- El procedimiento que se utilizo fue el siguiente. | 330 |
| XI.2.6.- Recorte de pilotes. | 330 |
| XI.3.- Obra falsa y cimbra de contacto infe- rior. | 331 |
| XI.3.1.- Armado de acero de refuerzo y colado de concreto. | 332 |
| XI.3.2.- Armado, cimbrado y colado de los muros interiores de la plataforma. | 334 |
| XI.3.3.- Material de relleno para la plataforma de operación. | 335 |
| XI.3.4.- Armado y colado de la losa de piso terminado. | 335 |
| XI.4.- Fabricación de traves postensadas para viaducto de tuberías y vehiculos. | 336 |
| XI.4.1.- Colocación y montaje de traves postensadas. | 339 |
| XI.4.2.- Armado y colado de diafragmas y losas de piso terminado en viaductos de vehiculos. | 339 |
| XI.5.- Colocación de defensas de borneo y de- fensas fijas verticales y horizontales. | 340 |

| | pagina |
|--|--------|
| XI.6.- Soldaduras y montaje de líneas de servicio y productos. | 341 |
| XI.7.- Montaje de garzas marinas. | 341 |
| XI.8.- Colocación y montaje de torres contra-incendio e hidrantes. | 342 |
| XI.9.- Instalación de fuerza y alumbrado. | 342 |
| XI.10.- Los muelles cuentan además con servicios auxiliares. | 345 |
| XI.11.- Pintura y acabados en tuberías estructurales de acero y obra civil. | 346 |
| XI.12.- Pintura para obra civil, paramentos de muelle, barandales, guarniciones y etc. | 347 |
| XII.- Especificaciones de dragado. | 349 |
| XII.1.- Consideraciones. | 349 |
| XII.1.1- Definición. | 349 |
| XII.1.2- Tipo de dragas. | 349 |
| XII.2.- Proyecto. | 351 |
| XII.2.1.- Localización de la obra. | 351 |
| XII.2.2.- Topohidrografía, trazos, niveles y taludes. | 351 |
| XII.2.3.- Áreas y volúmenes por dragar. | 352 |
| XII.2.4.- Sondeos geológicos, granulometría, pruebas y clasificación del material. | 353 |
| XII.2.5.- Utilización de los materiales dragados. | 353 |
| XII.2.6.- Zonas de rellenos y depósitos. | 354 |
| XII.3.- Ejecución de la obra. | 355 |
| XII.3.1.- Trabajos por ejecutar. | 355 |
| XII.3.2.- Programa de trabajo. | 355 |
| XII.3.3.- Equipo y personal requerido. | 356 |
| XII.3.4.- Informes. | 356 |
| XII.4.- Estimaciones técnicas. | 357 |
| XII.4.1.- Características de los materiales. | 357 |
| XII.4.2.- Manejo y disposición del producto del dragado. | 357 |
| XII.4.3.- Taludes, sobre-excavaciones y tolerancias. | 357 |
| XII.4.4.- Métodos de medición. | 358 |
| XII.4.4.1- Primer caso. | 358 |
| XII.4.4.2- Segundo caso. | 359 |

| | pagina |
|---|--------|
| XII.4.4.3.- Control para determinar los avances diarios aproximados en el dragado hidráulico. | 360 |
| XII.4.6.- Precios unitarios. | 364 |
| XIII.- Conclusiones. | 365 |
| Bibliografía. | 369 |

CAPITULO I .- Introducción.

En la industria petrolera, la exploración, la producción y la distribución del petróleo, son operaciones estrechamente vinculadas, en tal forma que el desarrollo de cada una de ellas requiere del transporte, el cual es un factor muy importante por los volúmenes tan grandes que se manejan.

En los últimos años, en México existe una red de oleoductos, gasoductos y otras líneas de conducción que permiten el transporte del crudo y gas natural obtenidos en los campos petroleros en explotación a las refinerías, complejos petroquímicos localizadas en las siguientes zonas:

En la zona del golfo de México se encuentran las refinerías de Minatitlán y Poza Rica, Ver.; Reynosa y Ciudad Madero, Tamps.; y los complejos petroquímicos de Reforma Chips.; La Venta, Tab.; La Cangrejera, Pajaritos, Cosoleacaque, y el Morelos, Ver.; cabe hacer mención que actualmente se contruye el complejo petroquímico de " Lombarda " en las cercanías de huamantla, tab.

En la zona Centro de la República, se encuentran las refinerías de Azcapotzalco, D.F.; Tula, Hgo.; Salamanca, Gto.; Cadereyta, N.L.; y un complejo petroquímico en San Martín Texmelucan, Pue.

En la zona del Pacífico: se localiza la refinería de Salina Cruz, Oax.

La contención de la totalidad de los campos productores de petróleo crudo y gas natural a lo largo de la costa oriental de México y la gran distancia que se debe transportar dichos productos a las zonas de refinamiento y centros de consumo en el país, plantean serios problemas más en el transporte y distribución del petróleo que se agravan por la topografía y por un incremento en la demanda en sus centros de consumo, que obligan a la industria petrolera a desarrollar una constante planeación y construcción de sistemas de transporte, así como nuevas instalaciones como son

refinerías, complejos petroquímicos, plantas de almacenamiento y distribución tanto terrestre como marítimas.

Uno de los más grandes e importantes aciertos en materia de instalaciones portuarias; fué la decisión de construir la werminal marítima de " Pajaritos " en el estado de Veracruz, hacia donde se ha desplazado el tráfico petrolero que antes se realizaba en su totalidad por el río de Coatzacoalcos hasta Minatitlán, ubicado aproximadamente 40 kilómetros río arriba; ya que en dicho trayecto se tenían limitantes, como la profundidad del río y meandros o curvas que restringen la navegación de embarcaciones de mayor envergadura, además de estos dos factores, se tenía uno muy importante que era el dragado continuo de mantenimiento.

Actualmente se hace en la terminal de Pajaritos el 98% de este tráfico y el de Minatitlán y de Nanchital se ha reducido al mínimo, eliminandose así el peligro que se tenía en la trabe elevadiza del puente de Coatzacoalcos al pasar los buques-tanque de considerable tamaño, que fué causa de costosos accidentes que a su vez ocasionaron el bloque en las comunicaciones terrestres con el suroeste del país; cabe mencionar el tráfico terrestre ha tenido un incremento considerable debido que a los últimos años, se han contruido y puesto en operación complejos petroquímicos en esta zona.

Siendo el transporte factor decisivo en el desenvolvimiento económico de cualquier industria y la gran variedad de materias primas existentes en lugares muy alejados de los centros industriales, así como el intercambio de manufacturas entre varios países, hacen en especial que el transporte marítimo sea un medio seguro, barato y manejo de grandes volúmenes.

En la historia de la navegación marítima, se demuestra que éste medio de transporte siempre se ha utilizado cuando se trata de movilizar grandes volúmenes en distancias interoceánicas; así mismo se demuestra la evolución que ha tenido la fabricación de grandes barcos.

Hasta el año de 1956 el mayor buque-tanque no superaba las 56,000 toneladas de peso muerto (T.P.M.). En este año se cierra el canal de Suez y teniendo las limitaciones en las dimensiones del canal de Panamá, hubo necesidad de establecer nuevos itinerarios por el cabo de Buena Esperanza y el Cabo de Hornos para transportar el petróleo cada día más importante, del Medio Oriente hacia Europa Occidental, Estados Unidos, Japón, Etc., estos itinerarios más largos de los buques-tanque, y una demanda creciente en el mercado de transporte, obligó a realizar un análisis entre costos de transporte contra el tonelaje de los buques-tanque dando como resultado que las tarifas se incrementarían. Es así como los grandes armadores y consorcios petroleros inician estudios para construir barcos de mayor calado, longitud y manga, de tal manera, que los fletes marítimos disminuyeran para hacer más costeable este medio de transporte, llegando paulatinamente a construir buques-tanque hasta de 100,000 T.P.M., creyéndose en esa época que el límite de dichos buques-tanque sería de 200,000 T.P.M., sin embargo, surgieron problemas técnicos propiciado que estas embarcaciones tuvieran accidentes de quebrantamiento, ocasionando derrames y contaminación, no solamente en el área del accidente, sino a grandes distancias, dañando con esto la ecología marina

Al intensificar los análisis en modelos y prototipos, se determinó que la relación entre las vibraciones que produce la máquina del barco y la eslora ocasionaban efectos que fatigaban el material estructural del barco y proporcionando su quebramiento.

Una vez que se le dio solución a este problema y teniendo como objetivo abatir los costos de los fletes, se inicia la construcción de buques-tanque de mayor porte, que a su vez obligan a tener puertos especiales, más grandes y mejor equipados para completar el ciclo de carga y descarga.

CAPITULO II .- Justificación de la obra.

Como justificación económica del aumento en el tamaño de los barcos petroleros expondremos los siguientes ejemplos:

La siguiente lista, ilustrará el crecimiento rápido de los barcos petroleros de las últimas cuatro décadas.

| Nombre | Tonelaje | Botadura |
|-------------------|----------|----------|
| SINCLAIR PETROLUM | 56,089 | 1956 |
| UNIVERSE LEADER | 85,515 | 1957 |
| UNIVERSE APOLLO | 104,520 | 1959 |
| NISAO MARU | 130,250 | 1962 |
| TOKYO MARU | 157,290 | 1966 |
| JURMTSU IRELAND | 326,000 | 1968 |
| NISSEKY MARU | 372,700 | 1971 |
| GLOBTIK TOKYO | 477,000 | 1973 |

Sin que esto sea normativo en las capacidades de los buques-tanque, ya que a fines del año de 1978 se pone en servicio un buque-tanque de 707,000 T.P.M., y actualmente se encuentra en proyecto uno de 1'000,000 de T.P.M.

Otro ejemplo:

En una ruta de Oriente Medio al Japón con buques-tanque de 48,000; 120,000; 153,000; 209,000 y 326,000 T.P.M., si consideramos como unidad el precio por barril transportado en el barco de 48,000 T.P.M., los demás buques-tanque tendrán el costo mostrado en el siguiente cuadro:

| T.P.M. | Costo por barril |
|---------|------------------|
| 48,000 | 1.000 |
| 120,000 | 0.672 |
| 153,000 | 0.562 |
| 209,000 | 0.486 |
| 326,000 | 0.457 |

Valores del porqué del incremento en el tamaño de los buques-tanque.

Ante esta situación los astilleros navales se vieron inundados por pedidos de barcos cada vez de mayor porte. Aproximándonos a la era de los petroleros gigantes de 1'000,000 T.P.M., sin embargo la proliferación de los grandes buques-tanque convertía en obsoletos muchos puertos radicionales, ya que un barco del porte mencionado se construye aproximadamente en 12 meses para su botadura, tiempo varias veces menor que se necesita para efectar los trabajos de construcción en las instalaciones portuarias y profundizar mediante dragas los canales de acceso y las darsenas de maniobras.

En vista de lo antes expuesto y obligando a la industria petrolera, a nuestro país, y las autoridades portuarias, se abocaron a la investigación de este problema desarrollando como anteriormente se dijo una constante actividad de planeación a las nuevas condiciones antes descritas.

CAPITULO III.- Conceptos básicos.

En una definición más sencilla, puerto, desde un punto de vista marítimo, es la unión o eslabón entre los transportes terrestres y marítimos .

Sin embargo, una definición más completa sería: puerto es un lugar dotado de instalaciones específicas, localizado en una costa o ribera, debidamente protegido contra la acción de los elementos naturales para brindar seguridad a las embarcaciones que a él ocurren.

Debe ser capaz de recibirlas en cualquier tiempo y efectuar la recepción, almacenaje y transbordo de mercancías y pasajeros .

Un puerto sirve a una o varias zonas de actividad económica, las cuales, en conjunto, forman su zona de " Influencia o Hinterland " .

Zona de Influencia o Hinterland; es la zona de la cual o hacia la cual se orienta el flujo de mercancías en forma económicamente sana; es decir, la distancia desde hasta la cual el producto manejado es rentable.

De lo anterior se puede deducir que el puerto es un lugar tal que debe reunir las siguientes condiciones:

a) Dar abrigo a las embarcaciones y facilitar las maniobras de carga y descarga (abrigo principalmente del viento y el oleaje).

b) prestar las facilidades requeridas para:
Carga y descarga de mercancías (muelles, grúas, bodegas, etc.).
Aprovisionamiento (combustible, agua, etc.). seguridad (bomberos, sanidad, etc.).

c) Suficientemente profundo (calados máximos)..

d) Administración y servicios generales (aduanas, prácticos, etc.).

III.1.- Un puerto se puede clasificar según el punto de vista a saber:

III.1.1.-De acuerdo al servicio que prestan.

Petroleros
Mineraleros
Graneros
Pesqueros
Deportivos
Militares
Contenedores, etc.

III.1.2.-De acuerdo a su localización.

Marítimos
Fluviales (de estuarios fluvio-marítimos. desembocadura).
Lacustres

III.1.3.-De acuerdo al abrigo.

Naturales
Artificiales

III.1.4.-De acuerdo a su administración (en México)

Fiscales
Libres

III.1.5.-De acuerdo al origen y destino de la carga.

De las instalaciones de un buque se citan aquellas que sean de interés para el ingeniero con fines de aplicación al dimensionamiento de las instalaciones del puerto.

III.2.- Nociones sobre buques, nomenclatura y definiciones elementales.

Las partes constitutivas del buque son tantas y tan variadas de terminología, que no es posible tratarlas en forma completa dentro de las limitaciones de este capítulo, por lo que se verán de manera sucinta, con el sólo propósito de familiarizar al ingeniero con la terminología marítima.

III.2.1.-Descripción del buque y nomenclatura de sus elementos y características generales.

Buque, barco, embarcación o navío.- Es todo vaso flotante destinado a navegar, impermeable al agua y con o sin medios de locomoción. Dentro de las condiciones que han de satisfacer los buques que se citan las siguientes como más importantes:

A la longitud del buque se le llama eslora, que es la distancia entre las más salientes del barco (ver figura III.2.1.1).

A la anchura del buque se le designa como manga, o sea, en la sección mas amplia de buque y por fuera del forro.

Al peralte del buque se le denomina puntual (ver figura III.2.1.1), y es la altura medida en el centro de la eslora, desde el fondo hasta la cubierta principal.

Calado

Es la inmersión del buque bajo diferentes condiciones de carga y se define entre otros: el calado máximo y el calado en lastre, el calado máximo es la altura desde la línea de

flotación en máxima carga hasta el punto más bajo del buque. El calado en lastre es la altura medida desde la línea de flotación extraído de la embarcación sin carga, hasta el punto más bajo del buque. los calados se marcan en los costados de la embarcación al centro y en los extremos, generalmente la embarcación cala un poco más en su parte posterior

Proa

Es la parte anterior del casco, dispuesta en forma de cuña, para mejor resistencia al movimiento en el agua (ver figura III.2.1.1).

Estanqueidad o impermeabilidad.

Flotabilidad.- Sumergido el buque hasta la línea máxima de carga que le quede el costado suficiente para navegar en mal tiempo.

Estabilidad.- Tal que, separado el buque por cualquier causa de su posición de equilibrio, por si solo vuelva a ella.

Solidez.- Que en todas sus partes, sea lo suficientemente fuerte para resistir los esfuerzos a los que este sujeto.

Maniobrabilidad.- Que el barco reúna buenas condiciones de mando con el propósito de que al menor espacio posible pueda girar con facilidad.

Eficiencia.- Que aproveche el mejor modo de fuerza motriz que desarrollaran sus máquinas.

Velocidad.- Que esta sea máxima para cada tipo de embarcaciones.

Popa.- Es la parte posterior del casco, dispuesta en tal forma que facilite el paso de los filetes líquidos que van a llenar el vacío producido por el barco en su movimiento de traslación, evitando la formación de vertices y ofreciendo buen campo de acción a los elementos de gobierno y propulsión.

Estribor.- Es el costado derecho del buque, suponiendo al observador en popa y viendo hacia proa.

Babor.- Es el costado izquierdo de la embarcación, en igual condición el observador.

Amuras.- Son las partes curvas del casco próximas a proa denominándose respectivamente amura de babor y amura de estribor.

Aletas.- Son la parte en análoga situación próximas a popa.

Los buques están divididos en su plano vertical en pisos, o sea, en cubiertas, que son superficies horizontales que dividen el interior del barco en el surtido de la altura; la cubierta alta, o simplemente cubierta, es la primera de estas y se encuentra total o parcialmente al descubierto, la colocada inmediatamente abajo se llama habitable y la que sigue a esta es la protectora, llamada también sollado (ver figura III.2.1.1).

En el sentido de la altura, están dividida entre puentes enumerando de arriba hacia abajo, primero, segundo hasta el último, que es el fondo del buque.

Sobre la cubierta superior se levanta la super-estructura, formada por el castillo, que se encuentra en proa, por el alcazar o toldilla, que está en popa; en el centro o popa se tiene la ciudadela o saltillo y sobre está se localiza el puente.

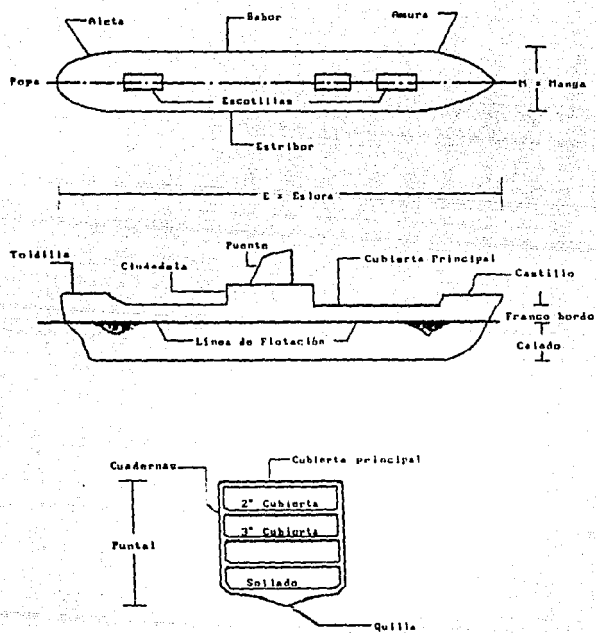


Fig. III.2.1.1

Escotillas.- son las aperturas practicadas en las cubiertas y sirven para comunicar las bodegas y locales interiores con el exterior, las dimensiones y formas de las escotillas dependen del tipo y especialidad del barco.

III.2.2.- Capacidad de las embarcaciones.

Línea y superficie de flotación: se le denomina " línea de flotación " a la línea muerta que se separa la parte seca (obra muerta y super-estructura), de la parte mojada (obra o de carena) y el plano de flotación, al determinado por dicha línea : esta se marca estando el barco flotando en aguas tranquilas, la línea de carga máxima es la de la inmersión máxima, considerando al buque en condiciones normales de navegabilidad.

Franco-Bordo: Se designa con este nombre a la reserva de flotación que es la distancia que hay entre la línea de máxima carga del buque y el canto superior de su cubierta principal, (indicado con f): ver figura III.2.2.1.

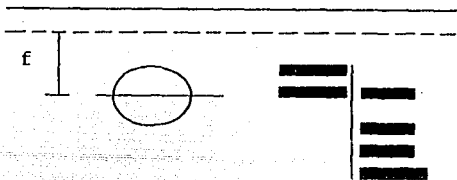


Fig. III.2.2.1

III.2.3.- La Importancia del Franco-Bordo.

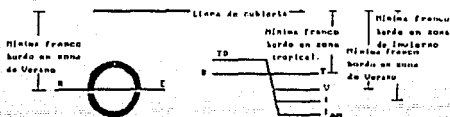
En todo buque existe una línea de máxima carga o línea de flotación ,que no debe rebasarse, del valor lineal del Franco-Bordo depende la seguridad del buque, pues es la parte del barco sobre la superficie del agua estar más o menos sujeta al embate del oleaje.

La obra muerta influye considerablemente con la seguridad del buque de manera que, por la reserva de flotabilidad de sus extremos, se evite que el buque se " cuele por ojo ", en una ola ante un mar de proa, o que se inunde al ser alcanzado por otra cuando se corre un temporal; con un Franco-Bordo adecuado, el buque tiene la propiedad de elevarse en el mar y a su vez de calbagar sobre las olas.

A igualdad de condiciones, un buque de mucha eslora precisa un Franco-Bordo mayor que otro de menor eslora.

III.2.4.- Discos del Franco-Bordo y líneas máximas de carga.

Los barcos tienen un límite de carga que no se puede sobrepasar que se marca en los costados del buque con un círculo (disco de Franco-Bordo o disco de Plimsoll), que se encuentra cruzando por una línea horizontal, si las condiciones fuesen iguales en todos los mares y estaciones sería suficiente la línea trazada por el centro del disco para indicar la línea máxima carga pero la realidad no es esta, sino que las aguas del mar tienen distinta densidad que varía según la estación y el lugar por el cual se pintan líneas que definen el límite de máxima carga para diferentes mares y en distintas estaciones del año como se muestra en la figura (III.2.4.1).



- TD = Línea de máxima carga para aguas dulces tropicales
- D = Línea de máxima carga para aguas dulces
- T = Línea de máxima carga para aguas tropicales
- U = Línea de máxima carga para aguas de Verano
- I = Línea de máxima carga para invierno
- Im = atención Norte en Invierno

Fig. III.2.4.1

Tonelada por cm de inmersión: Se denomina tonelada por cm de inmersión de un buque, el peso que hay que añadir para sumergir un cm al barco, paralelamente a su línea de flotación supongase (ver figura III.2.4.2) que un buque flota en la superficie AB y que debido a cierto peso se ha hundido paralelamente a una altura de T metros hasta A'B'.

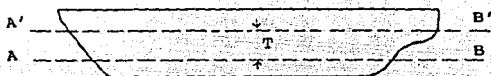


Fig. III.2.4.2

El volumen $ABB'A'$ en m^3 , será igual al área en metros cuadrados multiplicada por la altura, es decir:

$$\text{Volumen} = A \times T$$

$$= M^2 \times M$$

El desplazamiento del volumen $ABB'A'$ en agua salada será:

$$\text{Desplazamiento} = 1.026 \times A \times T \text{ (ton)}$$

ya que la densidad del agua del mar es de: 1.026

Para obtener el número de toneladas por centímetro de inmersión, bastará dividir el desplazamiento antes obtenido entre 100 ton.

Por lo tanto, el desplazamiento de un buque es el peso del volumen del agua que desaloja:

$$D = V \times d$$

En el cual,

D : es el desplazamiento expresado en toneladas
V : es el volumen sumergido del buque
d : es la densidad del agua

En general : $D = 1.026 V$

Todo buque que pasa de agua de mar a agua dulce aumenta su calado debido a que la densidad del agua disminuye.

III.2.5.- Diversos Desplazamientos de un Buque.

III.2.5.1.- Desplazamiento en rosca: es el peso de buque al ser botado al agua, libre de agua, combustible, carga, aceite y efectos de consumo; incluye el peso del casco completo con todos sus accesorios, instalaciones completas de maquinaria, calderas, maquinaria auxiliar, etc.

III.2.5.2.- Desplazamiento en lastre: es el correspondiente al buque, listo para navegar con dotaciones de combustible, agua, lastre, etc., pero sin carga.

III.2.5.3.- Desplazamiento de carga: es el peso del buque con todos los pertrechos y la máxima carga que puede transportar.

III.2.5.4.- Peso muerto: es el peso de la carga, incluyendo combustible, agua y accesorios. Cuando el buque esta en lastre, es únicamente el peso del combustible, agua y accesorios. El peso muerto se mide en toneladas metricas.

III.2.5.5.- Arqueo: En todo tiempo los pueblos marítimos han usado procedimientos diversos de evaluación de la capacidad de sus buques, así los griegos y romanos utilizaban " talentos " y anforas, en la edad media en las costas occidentales de Europa se usaban como medida el " tollequen " o " tonneau " o " tonnel ". En 1854 propuso Moorsen el sistema que lleva su nombre, en que el cálculo del volumen interno del buque se mide en toneladas de arqueo, equivalente a 100 pies³ ó 2.832 m³.

El arqueo de un buque es la medida de su capacidad, expresada en toneladas Moorsen o de Arqueo.

III.2.5.6.-Tonelaje bruto de Registro: es el arqueo bruto del buque, considerando todos los espacios que por su uso no pueden ser dedicados para alojar carga

III.2.5.7.-Tonelaje Neto de Resgistro: es el arqueo neto de las bodegas de las cargas del buque únicamente. Y se obtiene deduciendo del arqueo bruto el volumen de los espacios que por su uso no pueden ser dedicados para alojar carga.

III.2.5.8.- Capacidad de Carga: es la máxima carga que puede transportar un buque, medida en toneladas métricas.

El arqueo de los barcos sirve de base para la aplicación de los derechos fiscales y de numerosas disposiciones de las leyes y reglamentos marítimos o primas en la construcción y navegación, tárifas de practicaes y remolques, derechos periciales, etc., pero sobre todo para la aplicación de los derechos de puerto.

III.2.6.- Relaciones generales entre las diferentes dimensiones principales del barco.

a).- relación del desplazamiento respecto a la capacidad de carga:

$$\frac{D}{C_g} = 1.5$$

D: desplazamiento en carga.
C_g : en toneladas métricas.

b).- relación de capacidad de carga con tonelaje bruto:

$$\frac{C_g}{T_b} = 1.3 \text{ (exponente de carga)}$$

Tb : en toneladas de arqueo

c).-relación del tonelaje bruto al desplazamiento en carga:

$$\frac{Tb}{D} = 0.5$$

d).- relación de eslora a manga:

$$\frac{E}{M} = 7 \text{ a } 8$$

e).- relación de calado a manga:

$$\frac{C}{M} = 0.5$$

f).- relación de calado a eslora:

$$\frac{C}{E} = 0.06$$

III.3.- Terminología.

Península: Porción de tierra de forma alargada rodeada de agua y unida por una parte angosta.

Istmo: Angosta faja de tierra bordeada de agua, que enlaza dos partes mayores de tierra.

Golfo: Porción de mar relativamente grande, encerrada parcialmente por tierra.

Bahía: Un entrante en la costa de las aguas de un mar no tan extensa como un Golfo. De tener muy pequeñas dimensiones recibe el nombre de Ensenada, Caleta o Rada.

Playa: Faja de tierra que bordea una masa de agua.

Línea de Playa: Intersección de un plano determinado (normalmente NMM o NBHJ).

Batimetría: Representación gráfica de la topografía del fondo del mar, río, etc., referida a un nivel (NBMI, NMN).

Tomolo: Acumulación de material, motivada por una zona de calma, generada por un obstáculo natural.

Barra: Acumulación de material enfrente de una boca, encontrándose sumergida esta formación, de estar emergida recibe el nombre de flecha.

Pantano, ciénega, marisma: Extensión de tierra esponjosa y húmeda, inundada de agua salada o dulce.

Bajo: Notable elevación del fondo del mar, normalmente peligroso para la navegación.

Atolon: Arrecife de coral que encierra una laguna.

Estrecho: Corta y angosta vía de agua que enlaza dos masas de agua.

Fiordo: Largo y angosto brazo de mar entre altos encarpados.

Cañon: Profunda depresión marina.

Cabo: Área de tierra relativamente extensa que penetra en el mar desde un continente o isla grande y que señala un cambio notable de la costa.

Estuario: Formación costera en la cual la marea juega un

papel preponderante. Históricamente se le ha definido como la parte baja de los ríos sujetos a efectos de marea.

Laguna: Depresión que contiene agua dulce y salada localizada en el borde litoral. Con frecuencia se utiliza indistintamente con el término de "albufera" ya que esta última denominación se emplea para lagunas y litorales con comunicación con el mar.

Espigón: Estructura que se coloca generalmente en forma paralela a la playa y cuya función es detener el material que es acarreado a lo largo de ella; es decir, sirve para estabilizar una playa.

Escollera o Rompeolas : Ambas son estructuras construidas con elementos artificiales o naturales; la primera teóricamente tiene su función en el encausamiento de los buques hacia un canal de navegación y por consecuencia al puerto; la segunda, también en teoría trabaja disipando la energía del oleaje al romper este sobre ella.

Ahora bien, se puede emplear tanto escollera como rompeolas indistintamente, ya que la escollera también disipa oleaje y el rompeolas también encausa. Ambas de tienen material playero.

CAPITULO IV.- Localización.

IV.1.-Reconocimiento y recopilación.

El objetivo del reconocimiento es obtener información preliminar, que servirá para determinar el control terrestre de los trabajos topográficos por ejecutar y para localizar las obras portuarias. Cuando el área por levantar sea demasiado grande, más de 1 km² el reconocimiento se hará por vía aérea y al sobrevolar la zona, se tomarán fotografías de puntos y lugares relevantes para definir los vértices del control terrestre.

El reconocimiento se complementará con un recorrido vía marítima y terrestre, durante el cual se fijarán los vértices de control, verificando su visibilidad y la necesidad de brecheo y desmonte.

Al hacer el reconocimiento y observar el área de estudio se recopilarán todos los datos posibles, relacionados con los factores físicos y socioeconómicos, que deban considerarse al generar las alternativas de la localización de la obras, para su posterior evaluación.

Se procurará dentro de lo posible, cuantificar en forma aproximada o precisa, el grado de influencia de esos factores.

Antes del reconocimiento, se estudiará el material cartográfico recopilado de las siguientes Secretarías: S.D.N., INEGI., S.C.T. y Secretaría de Marina, así como monografías, memorias e información que proporcionará la Secretaría de Pesca, para facilitar la generación de las posibles alternativas, apoyándose en el conocimiento de la topografía de la región, la ubicación de los centros de población, vialidad, condiciones de abrigo, profundidades y otros datos que se puedan deducir de las observaciones cartográficas.

IV.2.- Evaluación de alternativas de localización.

IV.2.1-Metodología.

La Metodología que se sigue para determinar la mejor alternativa de localización, se basa en la ponderación numérica de los factores que influyen en la localización, asignándole mayor puntuación a la alternativa que presenta mayores ventajas, respecto al factor considerado.

Por una parte, estos factores son de dos ordenes: físicos y socioeconómicos.

Los factores físicos determinan la factibilidad física de construir un puerto, en tal forma que si estos son adversos, la alternativa de localización considerada puede perder ventaja respecto a otras en que son favorables. En grado extremo, si sólo existiera una alternativa de localización, y los factores físicos son adversos, el producir artificialmente las condiciones necesarias sería demasiado costoso a tal grado que resulte recomendable no construir el puerto. Los factores socioeconómicos son desde el punto de vista de localización menos importantes que los físicos en general, bajo el supuesto de que el recurso petrolero es abundante y que la región ya cuenta con una infraestructura primaria o elemental. En grado extremo, los factores socioeconómicos también pueden invalidar una buena localización física como sería el caso de una región remota y aislada que no tiene ningún tipo de infraestructura. Por otra parte, algunos de estos factores, dependiendo de su carácter; pueden medirse durante etapas de reconocimiento y de estudios preliminares y otros, requieren un largo período de observación para obtener resultados válidos. Esto indica que existen factores cuantitativos y otros cualitativos en la localización, dependiendo de si pueden medirse o estimarse en base a datos recopilados en el sitio, o en base a evidencias físicas que se observen.

Los factores físicos más importantes y su ponderación, basada en la experiencia del personal técnico de la Secretaría de Pesca, son los siguientes:

FACTORES DEL MEDIO FISICO

| FACTOR | CALIFICACION |
|-----------------------------|--------------|
| OLEAJE | 100 |
| VIENTOS | 100 |
| ACARREO LITORAL | 90 |
| OBRAS EXTERIORES | 90 |
| OBRAS DE DRAGADO | 90 |
| PROFUNDIDAD | 80 |
| BANCOS DE MATERIAL | 80 |
| PROTECCION CICLONICA | 70 |
| CARACTERISTICAS DEL TERRENO | 70 |
| CORRIENTES | 60 |
| MAREAS | 50 |

La Secretaría de pesca propone el peso de los factores socioeconómicos y biológicos que se aplicará al evaluar la alternativa de localización:

FACTORES SOCIOECONOMICOS Y BIOLÓGICOS

| FACTOR | CALIFICACION |
|-----------------------|--------------|
| ACTIVIDAD | 200 |
| AREA | 100 |
| INFRAESTRUCTURA | |
| CAMINO DE ACCESO | 100 |
| VIALIDAD | 100 |
| AGUA POTABLE | 80 |
| ENERGIA ELECTRICA | 50 |
| SEÑALAMIENTO MARITIMO | 30 |
| TIPO DE TENDENCIA | 100 |
| CENTROS DE CONSUMO | 40 |
| COMBUSTIBLES | 40 |
| TELECOMUNICACIONES | 20 |
| SERVICIOS MEDICOS | 10 |
| EDUCACION | 10 |

IV.3.-Estudios necesarios para la localización y construcción de un puerto.

Dentro de los estudios principales y básicos que se necesitan para la localización y construcción de un puerto se encuentran los siguientes:

IV.3.1.-Económicos.

Con la finalidad de tener una correcta planeación a un futuro inmediato y a largo plazo del puerto, es indispensable determinar mediante análisis socioeconómicos el Hinterland del puerto.

Cabe añadir que este estudio, además de complejo, reviste una importancia enorme, ya que de él se desprenderá la rentabilidad del puerto, punto que atrae aparejado un sinnúmero de situaciones.

IV.3.2.- Fotogramétricos.

Este resulta ser también, un aspecto importante que ayuda a localizar desde el inicio del estudio una macrozona para la localización del proyecto hasta, por medio de una selección lógica, llegar a determinar el sitio ideal para la construcción. Por medio de las fotografías aéreas, como complemento cuando no se tienen estudios de campo al respecto, es posible observar la evolución durante años de la zona donde se construirá el puerto, y mediante esto deducir la estabilidad de playa en base a los cambios sufridos.

IV.3.3.- Climatológicos.

De los elementos principales que se deben estudiar en este renglón son: viento, temperatura, precipitación, humedad, presión, evaporación, etc.

Resulta obvio destacar la importancia de estos parámetros.

IV.3.4.- Hidrográficos.

Respecto a este estudio, se puede decir, que los aspectos más importantes son: el oleaje, las mareas, las corrientes, y el acarreo eólico, con sus correspondientes derivaciones e implicaciones.

IV.3.5.- Topohidrográficos.

Es fundamental llevar a cabo los trabajos de esta naturaleza, tales como poligonales, nivelaciones, seccionamientos playeros, batimetría, etc.

IV.3.6.- Geológicos y mecánica de suelos.

Para la correcta planeación de las obras Marítimas es necesario conocer las características físicas y mecánicas (granulometría, estratigrafía, resistencia a la compresión, etc.), del suelo y del lecho marino, para determinar las estructuras y materiales adecuados para la construcción de los muelles, diques y demás obras necesarias. Este tipo de estudio se requieren, a su vez, para la localización de los bancos de materiales.

IV.3.7.- Hidrológicos.

Con respecto a este punto o estudio, es preciso obtener los datos correspondientes a escurrimientos, niveles, gastos sólidos, etc., de los ríos que tuvieran influencia en la zona de proyecto.

IV.3.8.-De Similitud.

Una vez que se tienen los datos obtenidos en campo, es posible realizar una serie de anteproyectos tomando en consideración, desde luego, el costo de las obras.

Una forma de definir la viabilidad de estos anteproyectos, es por medio de un modelo a escala implantado en un laboratorio de hidráulica, en donde es posible estudiar la mejor disposición y orientación de las obras: Es decir, se estudiará la agitación, resonancia, estabilidad de taludes, materiales y sus pesos, espesores, erosión y azolve, etc.

IV.4.-Localización de la terminal marítima en Pajaritos, Ver.

La terminal Marítima y Terrestre de Petróleos Mexicanos en Pajaritos, Ver., se encuentra localizada en la costa del Golfo de México, al sureste de la República Mexicana, en el Estado de Veracruz. En las cercanías de la Ciudad y Puerto de Coatzacoalcos. Su posición geográfica es la siguiente:

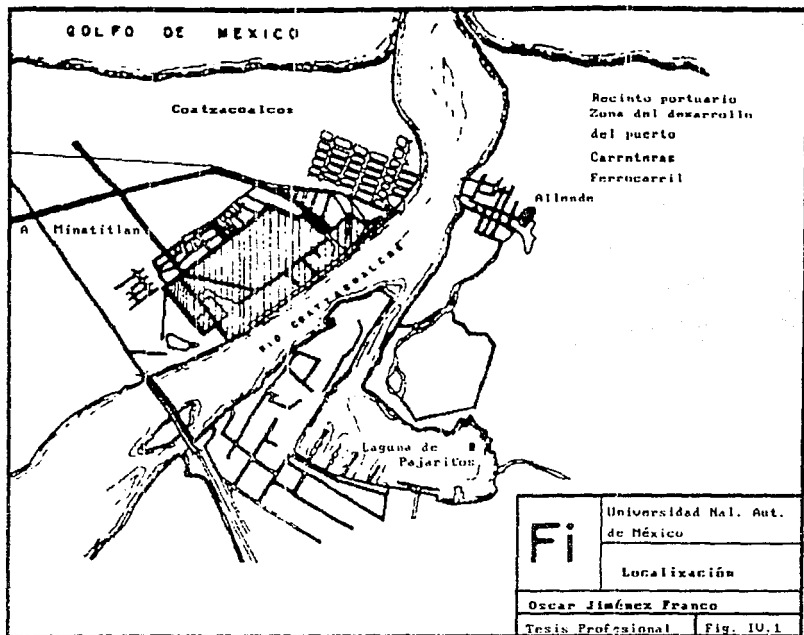
| | | |
|----------|-------------|-------|
| Latitud | 18° 09' 30" | Norte |
| Longitud | 94° 24' 30" | Oeste |

En la margen derecha del río Coatzacoalcos existe la Laguna de Pajaritos, con amplias zonas bajas desocupadas circundándola, que se estima podría ser el lugar ideal, no obstante, que la Laguna tenía en promedio un espejo de agua de 0.50 m., sus dimensiones cubrían en exceso los requerimientos de Petróleos Mexicanos (ver fig. IV.1).

El área de lo que propiamente podría considerarse como Laguna, es decir, que estuviera permanentemente bajo el agua, era del orden de 200 ha., y de terrenos bajos con cotas escasamente de 0.50 m. a un metro de elevación, eran aproximadamente de 700 ha., esto sin incluir además, el lomerío aledaño que era útil para diferentes propósitos.

Sin embargo, las condiciones naturales de la Laguna con una boca de 300 metros, hacia el río, obligaría si se utiliza éste como entrada a que los barcos se atravesarán completamente a la corriente, situación que fue juzgada por los prácticos del puerto como peligrosas y sólo factible a realizarse en condiciones óptimas de tiempo.

El orden de los muelles van en relación a las manecillas del reloj, la Terminal inicio su período de construcción en marzo de 1972, ocupando la Laguna natural que originalmente tenía 3 pies de profundidad. Con el fin de posibilitar la operación de buques-tanque se construyó un canal artificial con un a longitud de 1,200 metros y se dragó la Laguna que



actualmente cuenta con un calado de 45 pies, en donde operan buques-tanque para un calado de 39 pies.

El programa de expansión de esta terminal incluye: por un lado, el proyecto para la construcción de un muelle tipo espigón en la zona norte de la Laguna y dos muelles marginales al lado oriente, por el otro, el completo dragado de la Laguna para que en un futuro próximo se realice la construcción de muelles que den salida a productos petroquímicos del complejo petroquímico "Morelos".

El área total disponible en la porción terrestre de esta terminal es de 135 hectáreas en la que se encuentran: área de tanques, edificios administrativos, servicios auxiliares y el área de ventas terrestres.

Actualmente Petróleos Mexicanos, a través de la Terminal Pajaritos, exporta crudo, productos petrolíferos, petroquímicos (amoniaco y gas licuado).

Para abastecer a la terminal se cuenta actualmente con instalaciones que incluyen las siguientes líneas:

Oleoductos de crudo:

Nuevo Teapa-Pajaritos (2 líneas) de 20" y 30"

Cangrejera-Pajaritos (2 líneas) de 30"

Nanchital-Pajaritos (1 línea) de 18"

Poliductos Destilados:

Minatitlán-Pajaritos (1 línea) de 12"

Líneas para productos Petroquímicos:

Cosoleacaque (1 línea) de 4" Acrilonibulo.

| | | |
|------------|-------------------|------------|
| | (1 línea) de 6" | Paraxileno |
| Minatitlán | (1 línea) de 6" | Etibenceno |
| | (1 línea) de 6" | Benceno |

Equipo de bombeo:

Crudo: 35 bombas capacidad total operacional de 166,666 Bls/hora

Gasolina: 2 bombas capacidad total operacional de 9,000 Bls/hora

Diesel: 2 bombas capacidad operacional de 9,000 Bls/hora

Combustibles: 3 bombas capacidad operacional de 15,000 Bls/hora

NH₃: 3 bombas capacidad operacional de 750 Ton/hora

Sistema Mono-Boya: 6 bombas con: Gastos 60,000 Bls/hora

Oleoductos de Crudo:

Líneas de Crudo de 18", 20" y 30", procedentes de los campos de Crudo Cretácico/terciano. Líneas de Crudo de 36", para recibir Crudo de los pozos marinos nominados " Cantarell ".

En la primera etapa este crudo Cantarell será recibido en los tanques instalados a 7 kilómetros de distancia (complejo Petroquímico Cangrejera) y en la segunda etapa este crudo será recibido en la Terminal de Pajaritos.

Poliductos Destilados:

Destilados procedentes de la refinería de Minatitlán, Ver. la línea por la cual se reciben los destilados de la refinería de Minatitlán tienen una longitud de 27 kilómetros con un diámetro de 12", cuyo gasto es: 60,000 Bls/día.

Líneas para productos Petroquímicos:

La línea para recibir amoniaco del complejo Petroquímico Cosoleacaque es de una longitud de 23 kilómetros y tiene un diámetro de 12".

Las líneas de recibo de acrilonitrilo/paraxileno procedentes del complejo La Cangrejera, son de una longitud de 23 kilómetros y sus diámetros de 4" y 6" respectivamente.

Equipo de bombeo de la terminal:

La terminal actualmente cuenta con el siguiente equipo de bombeo para crudo, hacia muelles en operación 10 bombas con una capacidad operacional de: 5,000 Bls/hora, tipo horizontal y en construcción para finalizar en Septiembre del presente año, 16 bombas de capacidad operacional de 5,000 Bls/hora, para hacer un total de 26 bombas.

Sistema Mono-Boya: se cuenta con 6 bombas de capacidad operacional de 10,000 Bls. cada uno con una presión de descarga de: 6 kg/cm².

CAPITULO V.- Climatología.

La imperioso necesidad de contar en la zona con un terminal adecuada para las embarcaciones de esta institución (PEMEX), y embarcaciones extrajeras, y de acuerdo con lo antes expuesto y localizada además en un sitio próximo a los centros petroleros e industriales de esta región, en la que florece la industria petroquímica y petrolera, se elaboran varios estudios decidiéndose localizar dicha terminal en la margen Sur y Oeste de la Laguna de Pajaritos. Por lo cual se dragó un canal de acceso que comunica al río Coatzacoalcos con dicha Laguna en una longitud de 2,200 metros, con una plantilla de canal de 100 metros, con taludes de 4 a 1 metro, con una profundidad de 14 metros. De este punto llamado " Punta Pichos " y sobre el río hasta la bocana (escolleras) se tuvo la necesidad de dragar un canal de las características que anteriormente describieron con una longitud de 2,000 metros.

Esto quiere decir, en conclusión, que la terminal se encuentra a escasos 4,200 metros de la desembocadura del río Coatzacoalcos al mar (bocana).

V.1.- Datos climatológicos del lugar.

V.1.1.-Elevación: 4.5 metros sobre el nivel del mar

V.1.2.-Zona sísmica: Zona No. 3

V.1.3.-Condiciones de viento: Predominante: del Norte
Velocidad : 200 Km/hr.,
máxima

V.1.4.-Precipitación pluvial: 762 mm/hr., máximo

V.1.5.-Temperatura ambiente: Promedio: 27.5 °C

Mínimo: 10.0 °C

Bulbo humedo: 28.0 °C

Humedad relativa: 90% máxima

V.1.6.-Presión barométrica: 760 mm Hg.

V.1.7.-Amplitud de marea: Pleamar máxima registrada 0.813 m.

Bajamar mínima registrada 0.772 m.

Variación de marcas 1.585 m.

Dichos valores estan referidos al nivel medio del mar. Estando este en el caso de la terminal marítima y terrestre de Pajaritos a 0.27 metros arriba de la bajamar media.

Debido a la nueva planeación de la terminal marítima de Pajaritos, y ante la creciente demanda de productos petroleros y por consiguiente el arribo de buques-tanque de mayor porte, se vio la necesidad de ampliar el canal de acceso en 50 metros en su plantilla quedando por la tanto, en 150 metros de plantilla dicho canal, con sus taludes 4 a 1 y una profundidad de 14 metros.

El abrigo natural del vaso lacustre, el área tan considerable de agua de más de 2'662,500 m².; su proximidad al mar y a las industrias tales los complejos petroquímicos " La Cangrejera ", " Pajaritos ", " Cosoleacaque " y el " Morelos ", así como a futuro el " Cuauhtemoc ", la refinería " Lazaro Cardenas " en Mimatitlán y además campos productores de crudo, tales como la Sonda de Campeche, " Reforma " y " Cactus " Chiapas.

Debido a lo anterior Petróleos Mexicanos esta efectuando inversiones muy considerables para que esta terminal cuente con todas las instalaciones de servicio, seguridad, señalamiento, etc.

CAPITULO VI.- Topografía.

VI.1.- Brecheo.

Es el desmante de una franja de terreno, necesario para obtener visibilidad completa de vértice a vértice de control terrestre.

Este trabajo repercute en el costo y tiempo de un estudio, generalmente los estudios que realizó la institución (PEMEX) son en costas, donde existen lagunas y esteros rodeados de vegetación muy densa, principalmente mangles.

Después del reconocimiento, se evaluará y se decidirá si es más conveniente abrir brechas o construir torres de observación, o bien plataformas a la orilla de los esteros y lagunas, para los vértices del control horizontal; o una combinación de ellos.

Las dimensiones de la brecha serán de acuerdo al tipo de vértice y del equipo de medición. Para una triangulación, es conveniente realizar un desmante alrededor del vértice, que lo descubra y lo haga visible desde los otros, en caso de una poligonal, que se levante con cinta y tránsito, se hará un desmante cuidadoso, pero si la medición se hace con distanciómetro, bastará lograr la visibilidad de vértice a vértice, talando o derribando los obstáculos que impidan esa visibilidad.

VI.2.- Levantamiento aerofotográfico.

Generalmente este tipo de trabajo se especifica para los grandes estudios a realizar en terrenos que colindan con aguas costeras, ribereñas y con lagunas litorales; la finalidad es determinar por este medio, el control terrestre a la escala que se especifique, que sirva de apoyo a los trabajos subsecuentes a realizar en la zona y obtener un mosaico rectificado en ella, a la escala que se especifique.

En base a estas condiciones, el área que deberá cubrir el levantamiento será el siguiente:

- El área total de las lagunas y esteros
- El cordón literal entre las lagunas y el mar
- Un área terrestre, en todo el frente de las lagunas y el mar de ancho aproximado de 1 Km.

En todos los casos, el área por fotografiar, será definida por el representante de la institución (PEMEX), sobre una carta náutica, una carta del INEGI, un mapa o cualquier otro material cartográfico disponible y luego, sobre las fotografías obtenidas, se delimitará el área que deberá restituirse.

VI.3.- Triangulación.

Se hará triangulación en los casos siguientes:

a).- Para ligar un control topográfico existente con otro, en donde se realizarán estudios, siempre y cuando los dos sitios se localicen dentro de un área de 4 a 20 Kms., de diámetro medio.

b).-En áreas de estudios, con un diámetro medio superior los 4 kms.

c).- Si la distancia entre dos áreas de estudio es mayor que 20 Kms el control de cada área será independiente.

d).- Si el sitio por estudiar se encuentra de 4 Kms o menos de una triangulación existente, se llevará una poligonal de liga

La triangulación se deberá sujetar a las especificaciones

siguientes:

VI.1.- Se procurarán figuras sencillas, que podran variar desde un sólo triángulo o cuadrilátero hasta una cadena de ellos.

VI.3.2.- los angulos interiores de cada triángulo variarán de 30° y 150°.

VI.3.3.- La distancia máxima entre vértices será de 4 Kms.

VI.3.4.- Si existe la posibilidad de contar con equipo electrónico para la medición de las distancias, será más sencillo hacer trilateraciones y evitar la medición de una o dos bases.

VI.3.5.- Los ángulos se calcularán en función de los medidos (trilateraciones) y la tolerancia en el cierre de cada triángulo, será de 15 segundos como máximo.

VI.3.6.- Conocido el error de cierre angular, si esta comprendido dentro de la tolerancia, se compensará proporcionalmente a los ángulos obtenidos y se recalculará la medida de los lados.

VI.3.7.- Se medirán ángulos verticales para reducir las distancias al horizonte.

VI.3.8.- Se calcularán las coordenadas de los vértices fijando un origen arbitrario y conveniente, o bien, si se liga a otro control terrestre existente, se partirá de las coordenadas de los del lado tomado como apoyo.

VI.3.9.- Los vértices se señalaran con mojoneras de concreto y placa de identificación de acuerdo con las especificaciones (de PEMEX).

VI.3.10.- Si la triangulación se liga a otra existente, a partir del azimut del lado de liga se calcularán los azimutes de la triangulación de la zona de estudio.

VI.3.11.- Si no hay control topográfico de liga, se orientará astronómicamente uno de los lados.

VI.3.12.- Las observaciones angulares de cada estación de la triangulación, se hará centrando el aparato en tierra o bien mediante el empleo de torres, construidas para mejorar la visibilidad de vértice a vértice.

VI.3.13.- Para medir la base de la triangulación, deberá seleccionarse el sitio más adecuado. El lado base tendrá una longitud mínima mayor que:

$$\frac{\Sigma L}{n}$$

Siendo:

ΣL : La suma de todos los lados de la triangulación

n: El número de lados

Si la triangulación es grande, cada 20 Kms., se medirá otra base para tener un medio de comprobación, al hacer el cálculo de los lados de precisión de la medición de la base, será: 1:5000, debiendo corregirse por temperatura, catenaria, reducción al horizonte y tensión. Se medirá con cinta de 50 mts. (mínima) comparada.

VI.3.14.- La tolerancia lineal o diferencia entre la longitud de la base de comprobación, medida con cinta o telurómetro y la calculada por triángulos después de compensados los ángulos, será de : 1:5000

VI.3.15.- El número de observaciones angulares a efectuar para cada ángulo será función del aparato empleado.

VI.4.- Medición de ángulos.

VI.4.1.- Método de repeticiones.

VI.4.1.1.- Para aparatos de 20" de aproximación directa, se requiere cuatro repeticiones en posición directa e inversa alternada, cambiando el origen de la lectura en cada ocasión en la forma siguiente:

$$\frac{360^{\circ}}{4} = 90^{\circ}$$

| | |
|----------------|------|
| Primer origen | 0° |
| Segundo origen | 90° |
| Tercero | 180° |
| Cuarto | 270° |

Adoptando el promedio como medida del ángulo.

VI.4.1.2.- Para aparatos de 10" de aproximación directa, se requieren dos repeticiones en posición directa e inversa respectivamente, variando el origen como se mencionó antes y adoptando el promedio como medida del ángulo.

VI.4.1.3.- Para aparatos de 1" de aproximación se requiere una medición solamente, en posición directa.

VI.4.1.4.- Para aparatos de 1' de aproximación directa, en principio se considerarán inadecuados, pero sino se tiene otro equipo deberá efectuarse un mínimo de 12 repeticiones de cada ángulo, en posición directa e inversa y con los orígenes de lectura señalados en VI.4.1.1 y adoptar el promedio como medidas del ángulo.

VI.4.2.- Método de reiteraciones.

Es el método recomendado para la medición de dos o más ángulos con el aparato centrado en un sólo vértice.

VI.4.2.1.- Centrado y nivelado el aparato, se visa al norte en ceros, o al vértice que determine la primera alineación.

VI.4.2.2.- Medir todos los ángulos desde esa estación dando la vuelta completa al horizonte, anotando las lecturas para cada vértice visado.

VI.4.2.3.- Se repite la operación, cambiando de punto de visado en la lectura inicial.

VI.4.2.4.- Se repiten las lecturas de los ángulos, tantas veces como vértices sean visados desde esa estación.

VI.4.2.5.- En gabinete se obtienen los ángulos, restando del siguiente el anterior, obteniendo cada ángulo, calcular los promedios para conocer la medida de los ángulos medidos.

VI.5.- Poligonales.

Se harán poligonales en los casos siguientes:

VI.5.1.- Para ligar un control topográfico existente, con una zona de estudio que este a 4 kms., como máximo de dicho control.

VI.5.2.- Para hacer estudios en una zona que cubra un frente de 4 kms., máximo.

VI.5.3.- Para cubrir áreas de estudio, entre vértices de triangulación. Las especificaciones a que deberán sujetarse, son las siguientes:

VI.5.3.1.- Todas las poligonales serán cerradas, ya se regresando al punto de partida o entre vértice de triangulación.

VI.5.3.2.- Para poligonales aisladas menores o iguales a 4 kms., su tolerancia angular será de:

$$T = a \sqrt{N}$$

Siendo:

a: aproximación del aparato

N: el número de lados

Su tolerancia lineal será de 1:5000.

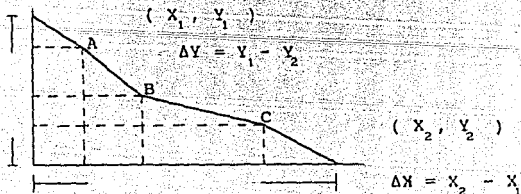
VI.5.3.3.- Para las poligonales cerradas en vértices de triangulación, continua vigente la tolerancia angular y lineal, con la circunstancia que partiendo de un vértice de coordenadas conocidas, deberá llegar a otro, también de coordenadas conocidas haciendo las correcciones necesarias angulares y lineales para tal fin; siempre que estén dentro de la tolerancia permitida.

El método a seguir en este caso es el siguiente:

VI.5.3.3.1.- Calcular el Δy y Δx en función de las coordenadas de vértices de triangulación.

$$(\Delta y = Y_1 - Y_2) \text{ y } (\Delta x = X_2 - X_1)$$

ΔY y ΔX son las proyecciones del lado 1-2 de la triangulación.



Se calculan las proyecciones de los lados de la poligonal y el error se obtiene como sigue:

$$E_y = \Delta Y - \Sigma \text{ proy } (Y) ; E_x = \Delta X - \Sigma \text{ proy } (X)$$

E_y : Error en Y

E_x : Error en X

VI.5.3.3.2.- Conocidas E_y y E_x , se cálcula el error líneal

$$E_L = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

VI.5.3.3.3.- Se compará E_L con la presición especificada de 1:5000, y si es menor , se compensa en las proyecciones: Y si es mayor se repite el trabajo hasta lograrlo.

VI.5.3.3.4.- Se compensa el error (E_y) y (E_x) en las proyecciones hasta lograr que:

$$\Delta y = \Sigma \text{ Proy } (Y) \quad \text{y} \quad \Delta x = \Sigma \text{ Proy } (X)$$

VI.5.3.3.5.- Se calculan las coordenadas de la poligonal sumando a las del vértice de triangulación de partida, las proyecciones corregidas de los lados.

VI.5.3.3.6.- Se calculan finalmente las longitudes de los lados y sus rumbos en función de las coordenadas finales.

VI.5.4.- Las poligonales se medirán como sigue:

VI.5.4.1.- Los ángulos en posición directa o inversa del aparato, adoptando el promedio como medida del ángulo; o bien midiendo el doble ángulo en posición directa en una estación y en inversa en la siguiente, adoptando el promedio como medida del ángulo.

VI.5.4.2.- Si los lados se miden con cinta, se medirá un mínimo de dos veces (ida y vuelta) empleando plomadas apoyadas en tripies provisionales y más veces si es necesario, hasta lograr una diferencia entre dos medidas de 2 cms. por cada 100 metros, que corresponde a una precisión de 1:5000, se adoptara finalmente, el promedio de las dos medidas, como la medida del lado en cuestión.

VI.5.4.3.- Si se emplea distanciómetro para medir los lados es evidente que se estará dentro de la tolerancia.

VI.5.4.4.- Los lados tendrán una longitud de 150 a 300 metros.

VI.5.4.5.- Si la poligonal no esta apoyada en una triangulación se orientará uno de sus lados respecto al norte astronómico, para calcular la poligonal a partir del azimut de ese lado.

VI.5.4.6.- Si la poligonal esta ligada a un control existente, el cálculo se apoyará en el azimut del lado de liga.

VI.5.4.7.- En el caso de requerir vértices o estaciones en la playa y los vértices de la poligonal queden muy alejados de esta. Se localizarán las estaciones auxiliares, agregando las radiaciones o poligonales auxiliares necesarias.

VI.5.4.8.- Todos los vértices de la poligonal se señalaran con mojoneras de concreto y placa de identificación.

VI.6.- Nivelación.

Se nivelarán todos los vértices de las poligonales y las de triangulación cuando estos vértices se aprovechen para cerrar poligonales o se considere que podrán emplearse como bancos de nivel.

VI.6.1.- Las nivelaciones se podrán llevar hasta distancia de 20 kms., máximo a partir de los bancos fijos de nivel, definidos por estudios mareográficos.

VI.6.2.- En caso de ejecutar estudios a mayor distancia, se determinarán nuevos bancos de nivel por observación directa, ya sea una regla de marea o un limnigrafo, mediante un período de observación de por lo menos un mes lunar efectivo, previo análisis por parte del supervisor.

VI.6.3.- En todas las nivelaciones serán diferenciales, ya sea de ida y vuelta o con un sólo aparato cambiándolo de sitio o cualquier otro procedimiento similar.

VI.6.4.- Se establecerán bancos de nivel a cada 2 kms., y la tolerancia (T) medida en metros, será:

$$T = 0.01 \sqrt{k}$$

Siendo:

k: la longitud en kilómetros de la nivelación recorrida ida y vuelta. Al nivelar se atenderán las siguientes recomendaciones:

VI.6.4.1.- La distancia del aparato a las miras de adelante y atrás debe ser aproximadamente igual y no mayor de 60 metros.

VI.6.4.2.- Las miras deben estar en buen estado y apoyarse en puntos fijos (grapas, varillas, etc.).

VI.6.4.3.- La compensación de los niveles de mojoneras intermedias entre banco y banco, se harán adoptando el promedio de los niveles de ida y vuelta, siempre y cuando la diferencia del nivel obtenido en cada banco este dentro de la tolerancia.

VI.6.4.4.- El desnivel entre un banco de cota conocida y otro banco que se desee establecer, se calculará promediando los desniveles encontrados, en la ida y en el regreso, siempre y cuando la diferencia entre dichos desniveles se mantenga dentro de la tolerancia.

VI.6.4.5.- Si la diferencia encontrada en un vértice es mayor que la tolerancia, deberá desecharse la nivelación y repetirla.

VI.6.5.- Se pondrán estacas intermedias entre vértice y vértice de la poligonal a equidistancias que se especifiquen, mismas que serán tambien niveladas a partir de la mojonera que quede más cerca, tomandola como banco de nivel, aprovechando la nivelación diferencial.

VI.6.6.- Se emplearán un nivel fijo, que este en buen estado, con su línea de colinación, debidamente corregida.

VI.6.7.- La tolerancia para la nivelación es que partan de un banco de nivel con cota establecida y que lleguen a otro en las mismas condiciones se realizarán haciendo solamente el recorrido de ida y la tolerancia en metros se calculará con:

$$T = 0.02 \sqrt{k}$$

Siendo:

k: la distancia recorrida entre bancos medida en kilometros.

VI.6.8.- El plano de comparación a emplear, será el N.B.M.I. (nivel de bajamar medio inferior) para las costas del Oceano Pacifico y el Golfo de Cortés, en las costas del Golfo de México y mar Caribe será de N.B.M. (nivel de bajamar media).

Cuando se requiera levantar la topografía de un terreno, limitado por los margenes de lagunas costeras, esteros y playas marítimas el supervisor representante por Petróleos Mexicanos, Secretaría de Marina o la Secretaría de Pesca,

deberá de limitar el área y frente acuático que se requiera en cada caso.

En función de estos datos el levantamiento podrá efectuarse aplicando alguno de los métodos siguientes:

- Por seccionamientos apoyados en la poligonal base.
- Por radiaciones, a partir de los vértices de la misma poligonal o apoyando el levantamiento en puntos auxiliares.
- Mediante un trazo de una poligonal auxiliar cerrada apoyada en la poligonal principal, combinando seccionamientos y radiaciones.

Al realizar poligonales auxiliares se deberán observar las especificaciones expresadas en páginas anteriores.

VI.7.- En caso de optar por seccionamientos se procederá como sigue:

VI.7.1.- A partir del nivel encontrado para cada vértice de poligonal y estacas intermedias se trazarán ejes transversales; normales a los lados de la poligonal o con un rumbo prefijado.

VI.7.2.- Todas las secciones se harán con nivel fijo, sin excepción.

VI.7.3.- La equidistancia máxima entre secciones, será de 100 metros o menos, a criterio del topógrafo, según la configuración del terreno.

VI.7.4.- Se pueden medir secciones como parte de un levantamiento topohidrográfico o bien para determinar el límite de la pleamar máxima registrada para efectos de deslinde de la Z.F.M.T. (Zona Federal Marítima Terrestre).

En el primer caso, las secciones se llevarán hacia el mar o estero hasta encontrar la cota -1.0 metros, para ligar con la batimetría o para garantizar que se llega a la cota -1.0, en el mar, se calcularán inmediatamente las cotas de los puntos levantados hasta lograr que el último rebase esa cota.

VI.8.-Delimitación de la Zona Federal Marítima Terrestre.

El método que se describe a continuación es aplicable a:

- Playas marítimas de oleaje menor
- Estuarios de ríos
- Áreas de esteros y lagunas costeras cercanas a la desembocadura.

Las especificaciones a seguir serán las siguientes:

VI.8.1.- La delimitaciones de la Z.F.M.T. se hará a partir de los vértices de la poligonal y estacas intermedias, equidistantes 100 metros, (o menos cuando la forma del litoral así lo requiera) mediante un seccionamiento transversal; en cada uno de esos puntos.

VI.8.2.- El seccionamiento se hará a partir de la cota de cada vértice o estaca intermedia, empleando un nivel fijo.

VI.8.2.1.- El procedimiento es el siguiente:

Una vez que el aparato se ha colocado y nivelado, se determina su altura con respecto a la cota del vértice o estaca, posteriormente se visa el estadal, en un punto que corresponda a la cota del nivel de la pleamar máxima registrada; esto se logra, moviendo el estadal sobre la playa, hasta encontrar el punto deseado.

VI.8.3.- Es simple el cálculo necesario en cada sección para conocer la lectura del estatal, necesaria en cada punto, ejemplo:

la cota de la mojonera es la +2.00 y la altura del aparato sobre la misma es de 1.25 metros; se tendrá una cota del aparato de $2.00 + 1.25 = 3.25$

Si la cota de la pleamar registrada es +1.50 se moverá el estatal sobre la playa hasta tener una lectura igual a:
 $3.25 - 1.50 = 1.75$ metros.

A partir de ese punto, se miden 20.00 metros, hacia la tierra y se pone una estaca, que posteriormente se substituirá por una mojonera, según especificaciones, siendo esa franja de 20.00 metros de Z.F.M.T., en esa sección.

Se repite la secuela para todas las secciones.

Finalmente las estacas o mojoneras que delimitan la Z.F.M.T., se localizan mediante radiaciones desde la poligonal de apoyo, o se levanta una poligonal pasando por esas estacas o mojoneras, poligonal que es límite de la Z.F.M.T. y que deberá ligarse a la poligonal de apoyo.

VI.8.4.- Si el levantamiento topohidrográfico y el deslinde de la Z.F.M.T. corresponden a la misma área y las condiciones de visibilidad y topográficas lo permiten, podrán hacerse una sola poligonal; fijando primero, a partir de un banco de nivel conocido, los vértices que definen el límite de la Z.F.M.T., continuando con la poligonal usando esos vértices, luego nivelación y en seguida el seccionamiento, para levantar la topohidrografía del terreno.

VI.8.5.- La temporada para hacer el deslinde de la Z.f.M.T. será después de las erosiones playeras estacionales en cada sitio, a fin de estar seguros que el deslinde se ejecuta en las peores condiciones de retroceso de la playa. No deben confundirse las erosiones playeras estacionales con el

proceso de erosión sistemático que sufren las playas, pues en el primer caso, la playa se recupera y en el segundo caso es una tendencia permanente a la erosión.

Para deslindar la Z.F.M.T. en áreas próximas a la desembocadura de lagunas y esteros, se harán las siguientes observaciones:

VI.8.5.1.- Observar si no hay amortiguamiento de la marea en el tramo donde se pretende deslindar la Z.F.M.T. lo cual se logra, colocando una regla de mareas en la bocana y otra en el límite del tramo, y se observarán simultáneamente durante un período o ciclo de mareas, estas reglas deberán ligarse con una nivelación para referir sus ceros al mismo plano de comparación.

VI.8.5.2.- Si no hay amortiguamiento; o sea que la marea se propaga con sus mismas características, entonces se podrá hacer el deslinde de la Z.F.M.T. con base al mismo nivel de la pleamar máxima determinada para la playa marítima.

VI.8.5.3.- Si hay amortiguamiento de la onda de marea el deslinde de la Z.F.M.T. deberá seguir procedimientos especiales, que se especificarán en cada caso.

VI.8.5.4.- El plano de comparación que se usará para la delimitación de la Z.F.M.T. será el N.B.M.I. para el Pacífico y el Golfo de Cortés y el N.B.M. para el Golfo de México y Mar Caribe.

VI.8.5.5.- El plano de deslinde de la Z.F.M.T. debe ser autorizado por la residencia de las obras del puerto de la S.C.T. y la Secretaría de Marina, a las cuales se les entregarán un informe de la metodología seguida y copia del plano para su expediente.

VI.8.5.6.- En las calles que desemboquen a la playa en estudio, o en el área de los linderos de terrenos afectados, se colocarán mojeneras señalando el límite de la Z.F.M.T. y

se obtendrán referencias que permitan construir planos que representen las áreas afectadas de terrenos por el deslinde de la Z.F.M.T.

VI.9.- Batimetría.

VI.9.1.-Las profundidades se medirán con ecosonda.

VI.9.2.- La equidistancia entre enfilaciones, será igual a los seccionamientos playeros a cada 100 metros. En algunos casos se harán a menor distancia, para obtener la configuración correcta.

VI.9.3.- En cada enfilación se localizarán " fijas " a cada 30 segundos preferentemente, o como máximo a cada minuto, intersectando una señal convenida en la lancha (bandera), con dos aparatos colocados en tierra, en tal forma que la distancia entre aparatos corresponda aproximadamente con el ancho de la franja por sondear, para no tener ángulos muy agudos, ni obtusos.

VI.9.4.- En cada enfilación, el recorrido de la lancha se guiará con un tránsito e instrucciones dadas por radio, con el objeto, de mantener a la lancha, durante su recorrido en la trayectoria de la enfilación.

En caso de distancias cortas, la lancha se guiará por medio de banderas colocadas en la playa, a manera de balizas de enfilación.

VI.9.5.- La velocidad de la lancha deberá ser uniforme y adecuada, de acuerdo al trabajo a realizar, siendo aconsejable velocidades pequeñas del orden de 10 kms/hora.

VI.9.6.- En las aproximidades de obras y bocas de esteros, la equidistancia entre enfilaciones se reducirá a 50 metros, hasta cubrir un frente igual al determinado por las escolleras o ancho de la bocana, más 100 metros a cada lado.

VI.9.7.- En los cauces de esteros angostos, la equidistancia entre enfilaciones será, también de 100 metros, o menos, según se requiera en función de la variación de la sección del cauce, dando una " fija " antes de iniciar la enfilación otra de la mitad y otra al final.

VI.9.8.- En esteros someros, donde no se puede operar una lancha, se harán seccionamientos, con estadaleros a " pie ".

VI.9.9.- En batimetrías realizadas con el ecosonda se interpretará el ecograma para obtener distancias, conforme a lo siguiente:

VI.9.9.1.- La distancia entre dos fijas, determinada por las intersecciones y representada a escala sobre el plano, es igual a la distancia en el ecograma, de las mismas "fijas".

VI.9.9.2.- Por lo tanto, es posible conocer las distancias de las variaciones del perfil del fondo, entre cada dos fijas de una enfilación y pasarlas al plano, mediante una simple proporción, conforme se ilustra en la figura (VI.9.9.2.a. y b.).

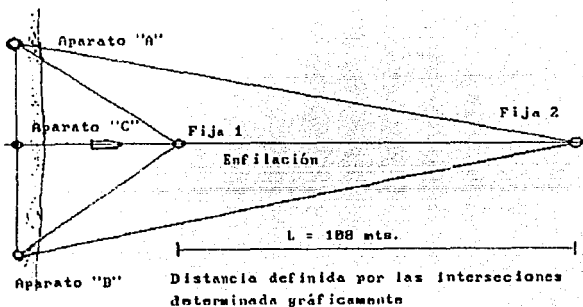
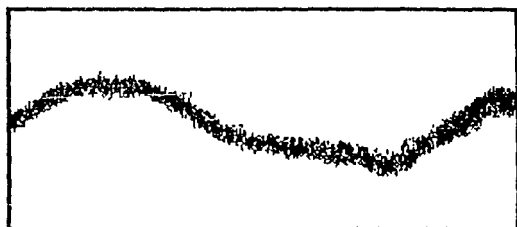


Fig UI.9.9.2.a

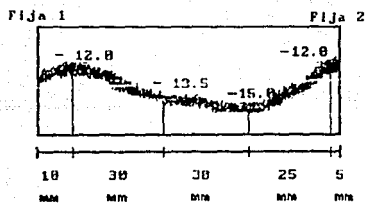
FiJa 1 L = 100 mts. FiJa 2



Registro de ia ecosonda

Fig. VI.9.9.2.b.

Luego 100 metros equivalen a 100 mm (ver Fig VI.9.9.2.e)



Registro con ecosonda

Fig VI.9.9.2.c

VI.9.10.- Los levantamientos batimétricos deberán corregirse por mareas y por la profundidad del transductor bajo el nivel del mar. Se instalará una regla para medir niveles del mar y hacer lecturas cada media hora mientras dure el sondeo, haciendo las correcciones en la forma siguiente (ver figura VI.9.10.a.).

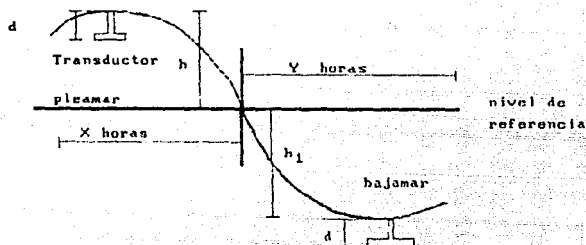


Fig. VI.9.10.a

VI.9.11.- Se registrarán la hora inicial y final de cada enfilación que se ejecute, así como las fijas de la misma antes de pasar a la enfilación siguiente; para así tener base para corregir por marea y tener un control de las fijas.

VI.9.12.- Se deberá disponer de un equipo de cuatro radios portátiles para estar en constante comunicación repartidos como sigue:

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| - 1 Aparato (A) | Intersección de fijas |
| - 1 Aparato (B) | Intersección de fijas |
| - 1 Aparato (C) | Guía de enfilación |
| - 1 Aparato (D) | Registro de profundidades |

VI.9.13.- Batimetrías de reconocimiento; se utilizarán en grandes áreas marítimas o para estudios preliminares, durante la etapa de reconocimiento, en estudio de alternativas de localización.

En el primer caso, se recorrerán enfilaciones de vértice a vértice de triangulación, hasta cubrir el área total, siguiendo las mismas especificaciones de la batimetría de detalle.

En estudios preliminares de localización se construirá un control terrestre provisional, que cubra el área más protegida del sitio y se recorrerán las enfilaciones, que a juicio del jefe de brigada, cubran el acceso marítimo y las áreas protegidas, las especificaciones, a seguir en cuanto al recorrido de las enfilaciones, serán las mismas que para la batimetría de detalle.

IV.9.14.- En todos los casos se construirá el plano batimétrico que corresponda.

CAPITULO VII.- Geotecnia (Mecánica de suelos).

VII.1.- El Departamento de Administración de proyectos de Obras Marítimas solicitó el estudio de la mecánica de suelos para las zonas donde Petróleos Mexicanos proyecta la construcción de muelles marginales y de espigón para productos petroquímicos envasados en la terminal petroquímica de Pajaritos, Veracruz.

A continuación se describe un breve resumen de los resultados obtenidos en la ejecución de dicho estudio.

VII.2.- Proyecto:

La plataforma de operación tendrá a todo lo largo de su parámetro de atraque, bitas dobles esparcidas a cada 20 mts. para el amarré de los cables del barco, contará con una guarnición de 0.20 mts. de altura en toda la longitud del parámetro de ataque, así como en sus extremos de los muelles.

En el caso de muelles marginales contarán con una pantalla de atraque a todo lo largo del muelle, misma que servirá para las instalaciones de las zapatas en las cuales se colocarán las defensas de absorción de la energía de choque.

En el caso de muelles tipo de espigón con dos parámetros de atraque para operar buques-tanque simultaneamente hasta de 80,000 T.P.M., para cada uno de ellos.

La elevación de operación será la + 3.80 mts., y la de dragado la - 14.00 mts., que coincide con el fondo existente (El cero de referencia de elevaciones es el nivel de marea de bajamar).

Los buques que operarán en estos tipos de muelles son de características diversas, marcandose en las bases de diseño como calado máximo requerido para buques-tanque desde 55,000 a 80,000 T.P.M.

VII.3.- Exploración del subsuelo

Para conocer el subsuelo del área en estudio, se efectuarán sondeos con equipos de percusión y rotación, llevados a una profundidad de 29 mts., de dichos sondeos. Se recuperarán muestras alteradas por medio del tubo partido media caña con zapata tipo terzaghi (penetrometro estandar), al verificar la resistencia a la penetración estandar: En los suelos blandos o rígidos cohesivos se obtuvieron muestras inalteradas por medio del tubo de pared delgada " Shelby ".

VII.4.- Pruebas de laboratorio.

La clasificación de los suelos explorados se realizó en base a las especificaciones marcadas por el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) efectuado a estas muestras recuperadas, las siguientes pruebas indice.

- Limite de Attemberg.
- Granulometría
- Densidad de sólidos.
- Contenido de agua.
- Etc.

Los resultados de dichas pruebas se incluyen en los perfiles estatográficos correspondientes a cada sondeo.

A las muestras inalteradas se les determino su resistencia al esfuerzo cortante tanto en pruebas a la compresión no confinada como en pruebas triaxiales rápidas, las cuales se considerarán representativas de las condiciones de esfuerzo más críticas a que puede estar sometido el suelo, ya sea bajos estados de carga estática o debido a cargas accidentales como viento o sismo, los resultados de los ensayos se graficarán formando círculos de mohr y curvas esfuerzo-deformación; la compresibilidad de los estratos blandos se estimó en base a pruebas de consolidación unidimensional, las cuales se llevaron a cabo en un

consolidometro de anillo fijo, los resultados de los ensayos se graficarón en curvas de esfuerzo-deformación, presión-relación de vacíos y tiempo-deformación unitaria.

Los parametros obtenidos en los ensayos, así como algunas características de los suelos probados, se presentan en las tablas " B " y " C " .

VII.5.- Reseña geologica y subsuelo.

La península y Laguna de Pajaritos son accidentes geográficos típicos del avance de la desembocadura de un río sobre mares de poco fondo en este caso, el río Coatzacoalcos depositó un cordón litoral que coincide aproximadamente con el límite de afloramientos terciarios que marcaban la antigua orrilla del mar.

La corriente costera es, en este lugar, de Este a Oeste, lo cual ha contribuido a que los arresres del Coatzacoalcos hayan sido desplazados en esa dirección, encerrando grandes extensiones de aguas someras que se han transformado en Lagunas.

Por el fenomeno indicado, las Lagunas de la margen derecha del río Coatzacoalcos, entre Minatitlán y la desembocadura son escasas y de pequeñas dimensiones. La mayor de ellas es la de Pajaritos, encerrada por la península del mismo nombre que en un tiempo fue orrilla del mar y que, por la acumulación de las arenas de medano a ambos lados de la desembocadura y al avance gradual de la bocana, ha quedado abandonada a una distancia considerable del mar.

La secuencia estratigráfica del subsuelo en estudio hasta la profundidad explorada, es como se indica a continuación:

VII.5.1.- Del nivel de terreno a 10.00 ó 15.00 mts., de profundidad

Serie reciente de depósitos fluviales de suelos blandos o de

consistencia media con una capa superficial de relleno hidráulico producto de dragado en la Laguna. Los suelos con mezcla de arenas de medias a finas con arcillas que varían su clasificación de SC, CL a CH.

VII.5.2.- De la profundidad anterior hasta 18.00 ó 21.00 mts.

Depositos de formación de barra del río Coatzacoalcos con la Laguna Pajaritos, arenas de medias a finas, de medianamente compactadas a densas Sp o Sn; esta desaparece, lo que indica la proyección de la barra sepultada en una antigua boca de la Laguna.

VII.5.3.- Subyace a la secuencia anterior y hasta la máxima profundidad muestreada

La formación de base del terciario, con intemperización en los primeros 5.00 ó 10.00 mts., (de consistencia variable de rígida a dura). Depósitos de arcillas o arenas arcillosas preconsolidadas muy duras (lutitas o arcillas arenosas de la formación aqueguexquite).

VII.6.- Estabilidad de taludes.

En base a los análisis de estabilidad de taludes realizados en la zona de la Laguna en los que se consideraron las características y las condiciones del subsuelo se llegó a la conclusión que el talud más adecuado es 4:1.

Los análisis efectuados se realizaron utilizando el método sueco en el cual se consideró un factor sísmico de 0.15 y un factor de seguridad de 1.5 para condiciones finales sin sismo y 1.25 para condiciones finales con sismo.

VII.7.- Determinación de las cargas que actuarán sobre el muelle.

La estructura de muelle deberá estar capacitada para soportar las solicitaciones de carga vertical y horizontal, ejercidas por los equipos, peso propio y empujes del barco, los cuales se describen a continuación :

VII.7.1.- Cargas verticales.

- a) Una carga uniforme repartida de 1.8 ton/m^2 .
- b) La carga debida a la grúa de contenedores, que circula sobre rieles con un peso de 520 tons.
- c) Cargas debidas al equipo rodante para transporte de contenedores (monta-cargas) cuyo peso por cada una de sus ruedas es de 10 tons.
- d) Cargas muertas.

en la zona de los muelles se consideró una carga uniforme repartida de 3.0 Ton/m^2 . y la carga de la grúa se repartió en 8 cargas concentradas sobre cada riel de 46 tons. separadas una distancia de 2.27 mts.

VII.7.2.- Cargas Horizontales.

Las cargas horizontales son las originadas por las fuerzas de impacto:

- a) Por el barco al atracar.
- b) Por la fuerza horizontal sobre el muelle al actuar el viento sobre la estructura del barco.

Para el diseño de la sub-estructura estas cargas no se deberán considerar superpuestas.

Para el cálculo de la fuerza de impacto se considerarán las siguientes hipótesis, señaladas en la base de diseño:

- a) La componente de la velocidad de atraque perpendicular al

parametro del muelle es de 10 cm/seg.

b) El peso virtual considerado total es de 80,000 tons., que corresponde al peso propio del barco y además un peso adicional que estará formado por un cilindro de agua con una longitud igual a la eslora entre perpendiculares del barco y un diámetro equivalente al calado máximo de la embarcación analizada.

c) Se supuso que la deformación máxima del sistema defensa-estructura para que la velocidad del barco sea cero, es de 0.15 mts.

d) el barco hace contacto con el muelle en un punto de su costado localizado a un cuarto de su eslora debiendo absorber la mitad de la energía la estructura del muelle y la otra mitad la estructura del propio barco y el colchon formado por el agua entre el barco y el muelle.

La fuerza de impacto que se obtiene, se reduce un 15% por la amortización de la defensa y se tendrá una fuerza de impacto sobre la estructura.

La fuerza de empuje debida al viento se obtuvo suponiendo una velocidad de 120 Km/Hr., actuando sobre el área máxima longitudinal con la siguiente expresión:

$$F_v = HSV^2$$

Donde:

Fv = Fuerza de empuje debida al viento en Kg.

K = Coeficiente igual a 0.08.

S = área máxima Longitudinal de deriva.

V = Velocidad del viento en m/seg.

VII.8.- Estabilidad de la sub-estructura propuesta.

Para analizar la estabilidad de la sub-estructura propuesta,

inicialmente se encontró una distribución de pilotes para soportar exclusivamente las fuerzas verticales en base a la capacidad de carga útil de un pilote de tubo de acero de 76.2 cm (30 ") de diámetro, la carga útil de este pilote se cuantificó con el criterio expresado a continuación :

La capacidad de carga vertical de los pilotes se estimó de acuerdo al criterio de Meyerhoff considerando a los pilotes trabajando únicamente de punta, garantizando que queden empotrados en el estrato más resistente.

$$Q_u = Q_c - Q_f$$

Donde:

Q_u = Capacidad de carga última total.

Q_c = Capacidad de carga última por punta.

Q_f = Capacidad de carga última por fricción

Capacidad de punta

$$Q_c = cN'_c + \gamma D_r N'_q$$

Donde:

C = Cohesión del suelo en la punta del pilote 2 ton./m².

N'_c y N'_q = factores de capacidad de carga.

γ = Peso volumétrico del material 0.7 ton/m³.

D_r = Profundidad del pilote hincado.

D_r = 30 mts.

Coefficiente de capacidad de carga que depende del ángulo de fricción.

$$\phi = 25^\circ$$

de la grafica VII.1 tenemos que:

$$N'c = 150$$

$$N'q = 28$$

$$Qc = 2 (150) + 0.7 (30) (28)$$

$$= 300 + 588$$

$$Qc = 888$$

Utilizando un $Fs = 2.5$ se tiene que

$$\frac{888}{2.5} = 355.2$$

$$q_c = 355.2 \text{ ton./m}^2.$$

| CUADRO A | | | | |
|--------------------|------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| TUBO DE ACERO A-36 | | | SECCION DE CONCRETO | |
| ϕ Pulg. | cm. | CAP. DE CARGA UTIL-TONS. | SECCION cm. | CAP. DE CARGA UTIL-TONS. |
| 20 | 50.3 | 74 | 40 X 40 | 59 |
| 24 | 61.0 | 107 | 45 X 45 | 74 |
| 30 | 76.2 | 166 | 50 X 50 | 92 |

El número de pilotes así obtenido se revisó para un equilibrio de fuerzas horizontales de acuerdo a las siguientes consideraciones:

a) La fuerza de impacto por atraque será resistida por los pilotes que se encuentran en una distancia igual a la mitad de la eslora del barco.

b) El empuje por el viento será resistido por el número de pilotes que se encuentran en una longitud igual a la eslora del barco.

Encontrándose la proposición de distribución de pilotes anterior insuficiente, dada la magnitud de la fuerza de horizontal asignada a cada pilote en el área de influencia de dicho empuje y el desplazamiento que tendría el elemento estructural al provocarse el momento ocasionado por las cargas horizontales actuantes, se amplió el número propuesto.

De acuerdo a la distribución anterior, la fuerza de impacto producida por el atraque será resistida por 288 pilotes, cada uno de los cuales tomará una carga horizontal de 1.00 ton., el empuje del viento será por 456 pilotes, correspondiendo a cada uno, una carga horizontal de 0.72 tons., se considera que las dos fuerzas mencionadas no se presentarán simultáneamente.

La longitud de empotramiento en el estrato resistente será de 4 metros, donde se localiza dicho estrato (ver fig VII.1.).

$$N\phi = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) = \tan^2\left(45^\circ + \frac{35}{2}\right)$$

$$N\phi = 3.69$$

$$D = 4 \sqrt{3.69} (0.45)$$

$$D = 3.45 < D$$

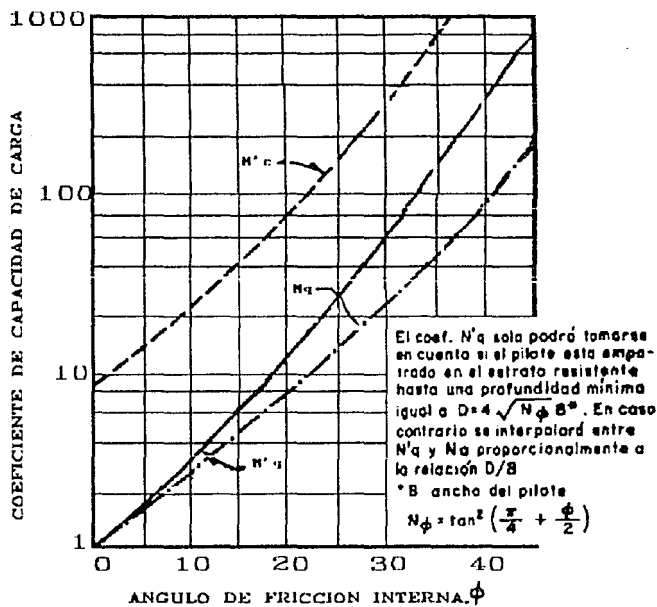


FIG.VII.1 COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE CARGA

CUADRO B

| SONDEO | PROFUNDIDAD MUESTRA | TIPO PRUEBA | w % | e % | G | γ T/m | qu T/m ² | C T/m ² | ϕ |
|--------|------------------------|----------------|--------|--------|-----|-----------------|------------------------|-----------------------|--------|
| 2743 | 5.00- 5.67 | q | 35.00 | 1.00 | 98 | 1.80 | 1.5 | - | - |
| | 5.00- 5.67 | Q | 41.10 | 1.10 | 100 | 1.80 | - | 1.5 | 7° |
| | 5.00- 5.67 | R | 41.80 | 1.08 | 100 | 1.82 | - | 4.5 | 9° |
| | 13.00-13.55 | Q | 75.60 | 1.91 | 100 | 1.60 | - | 2.5 | 1° |
| | 13.00-13.55 | q | 71.60 | 1.90 | 100 | 1.57 | 3.1 | - | - |
| 2744 | 5.00- 5.67 | R | 35.00 | 1.08 | 97 | 1.76 | - | 5.0 | 10° |
| | 5.00- 5.67 | q | 53.30 | 1.39 | 99 | 1.65 | 3.5 | - | - |
| | 5.00- 5.67 | Q | 46.50 | 1.38 | 100 | 1.70 | - | 2.0 | 3° |
| 2745 | 5.00- 5.60 | q | 35.40 | 0.93 | 100 | 1.85 | 1.2 | - | - |
| | 5.00- 5.60 | R | 37.20 | 0.96 | 100 | 1.85 | - | 6.0 | 21° |
| | 5.00- 5.60 | Q | 37.80 | 0.95 | 100 | 1.86 | - | 9.0 | 6° |
| 2747 | 7.00-7.60 | Q | 34.00 | 1.00 | 88 | 1.74 | - | 3.0 | 12° |

Donde:

- R = prueba triaxial consolidada rápida.
- Q = prueba triaxial rápida.
- q = prueba de compresión no confinada.
- w = contenido de agua.
- e = relación de vacíos.
- G = grado de saturación.
- γ = peso volumétrico.
- C = cohesión aparente.
- ϕ = ángulo de fricción.
- qu = resistencia a la compresión simple.

CUADRO C

| SONDEO | PROFUNDIDAD MUESTRA | w % | e | G % | a_v cm ² /kg. | m_v cm ² /kg. |
|--------|------------------------|--------|-------|--------|-------------------------------|-------------------------------|
| 2743 | 5.00- 5.67 | 38.00 | 0.994 | 100.00 | 0.040 | 0.021 |
| 2743 | 13.00-13.55 | 90.67 | 1.837 | 99.00 | 0.256 | 0.097 |
| 2744 | 5.00- 5.67 | 40.63 | 1.112 | 98.00 | 0.050 | 0.025 |
| 2745 | 5.00- 5.67 | 39.82 | 1.154 | 92.00 | 0.049 | 0.023 |
| 2747 | 7.00- 7.70 | 46.55 | 1.284 | 95.00 | 0.100 | 0.047 |

w = contenido de humedad.

e = relación de vacíos.

G = grado de saturación.

a_v = coeficiente de compresibilidad.

m_v = coeficiente de variación volumétrica.

VIII.- Hidrología.

VIII.1.- Recolección y análisis de información.

Como parte fundamental del estudio se procedió a realizar una recolección de la información de tipo físico, meteorológico y oceanográfico que existe para la zona.

La investigación se hizo en diferentes dependencias de gobierno así también en instituciones y empresas de consultoría que realizan estudios en la zona.

VIII.2.- Topohidrografía

Como base fundamental para el estudio en cuestión fué necesario realizar una recolección de planos topohidrológicos de la zona. Entre los planos seleccionados tenemos:

Costa Este Coatzacoalcos: Plano SM - 837 de la Dirección General de faros e hidrografía de la Secretaría de Marina.

Batimetría para la localización de la boya en Rabón Grande, Veracruz: Plano M - 152 - 77 - 01 de la Gerencia de Proyectos y Construcción ahora (S.P.C.O.) Petróleos Mexicanos.

Batimetría General: Plano Escala 1:125,000 Dirección General de Obras Marítimas de la S.C.T.

De la observación de los planos anteriores y en particular de la zona del estudio podemos mencionar lo siguiente:

En las proximidades de la desembocadura del río Coatzacoalcos, la costa presenta una orientación general Este - Oeste, Constituida por un cordón litoral arenoso que se extiende uniformemente a ambos lados de dicha

desembocadura. Sobre este cordón se localiza un sistema de dunas con alturas importantes indicativa de un proceso eólico.

Hacia el Oeste, la playa empieza a tener una curvatura hacia el norte y se presentan cambios importantes de topografía provocados por la presencia de la sierra de los tuxtlas.

En relación con la batimetría, se puede mencionar que las profundidades frente a la zona de la desembocadura presentan un patrón bastante uniforme, con pendientes generales del orden de 1:300 hasta la curva de - 10 metros, y de ahí a - 20 metros, 1:200, teniéndose después a pendientes del orden 1:1000.

VIII.3.- Vientos.

Otro fenómeno muy importante para el comportamiento de la zona del estudio corresponde a los vientos que inciden en la zona, ya que estos ocasionan transportes eólicos, inducen corrientes en el mar y provocan elevaciones anormales del nivel del mar, como es el caso de de las mareas de tormenta.

La información de los vientos fué obtenida de la estación metereológica en Coatzacoalcos, Ver., de la S.A.R.H. la cual cubre observaciones entre los años de 1962 a 1978.

Los valores resumidos de esta información se muestran en la siguientes tablas, se han ordenado los valores de porcentajes medios de ocurrencia anual, por direcciones de incidencias y por rangos de velocidad (Ver fig. VIII.3.1 y 2).

De la observación de esta tabla, podemos concluir que los vientos dominantes y reinantes provienen de la dirección Norte.

Por otra parte, podemos mencionar que el 64 % del tiempo, los vientos vienen del primer cuadrante, dando como resultado una dirección aproximada NNE.

T A B L A VIII. 3. 1

PORCENTAJE MEDIO DE OCURRENCIA DEL VIENTO

CALMA 8.9 %

| Velocidad m/s Direc- ción kph | 0 4 | 4 8 | 8 12 | 12 16 | 16 20 | 20 24 | 24 30 | > 30 | TOTAL |
|--|--------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|----------|-------|-------|
| | 0 14.4 | 14.4 28.8 | 28.8 43.2 | 43.2 57.6 | 57.6 72 | 72 86.4 | 86.4 108 | > 108 | |
| N | 22.20 | 16.00 | 2.30 | 0.30 | 0.028 | 0.006 | 0.0 | 0.003 | 41.10 |
| NE | 12.70 | 5.60 | 0.153 | 0.03 | 0.006 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 18.55 |
| E | 3.50 | 0.90 | 0.009 | 0.006 | 0.003 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.40 |
| SE | 1.80 | 0.165 | 0.006 | 0.006 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 |
| S | 6.55 | 0.485 | 0.035 | 0.006 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.05 |
| SW | 2.00 | 0.495 | 0.025 | 0.006 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.40 |
| W | 1.40 | 0.245 | 0.060 | 0.009 | 0.005 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.70 |
| NW | 5.05 | 5.70 | 1.55 | 0.453 | 0.00 | 0.053 | 0.01 | 0.033 | 12.60 |
| TOTAL | 56.50 | 29.00 | 4.10 | 0.90 | 0.10 | 0.06 | 0.01 | 0.04 | 98.00 |

TABLE No. 2
 MONTHLY MEAN ANNUAL WIND VELOCITY.

| Direction | Velocity | 0 to | 14.4 to | 28.8 to | 43.2 to | 57.6 to | 72 to | 86.4 to | 100 |
|-----------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|
| | Rph. | 14.4 | 28.8 | 43.2 | 57.6 | 72 | 86.4 | 100 | |
| N | 40.917 | 18.717 | 2.717 | 0.417 | 0.037 | 0.019 | 0.003 | 0.003 | 0.003 |
| NE | 18.489 | 5.789 | 0.189 | 0.036 | 0.006 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | 4.418 | 0.918 | 0.018 | 0.009 | 0.003 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SE | 1.977 | 0.177 | 0.012 | 0.006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S | 7.076 | 0.526 | 0.041 | 0.006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SW | 3.426 | 0.526 | 0.021 | 0.006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| W | 1.719 | 0.319 | 0.024 | 0.014 | 0.005 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NW | 12.929 | 7.879 | 2.179 | 0.529 | 0.176 | 0.016 | 0.043 | 0.033 | 0.033 |
| TOTAL | 90.951 | 34.851 | 5.261 | 1.123 | 0.227 | 0.106 | 0.066 | 0.036 | 0.036 |

Con los datos de las tablas se ha procesado la información a fin de dibujarla en papel probabilístico y obtener para cada una de las direcciones analizadas, la probabilidad de ocurrencia, de exceder los valores indicados, en las figuras VIII.3.4 y 5 se muestran los resultados obtenidos.

Es de primordial importancia el conocimiento de las características del viento, tanto por ser el elemento principal generador del oleaje cuya influencia sobre el régimen de costas es definitivo, como por su función como agente generador de marea de vientos y además por las fuerzas horizontales y verticales que produce sobre una estructura en general.

VIII.3.1.- Definición.

El viento tal y como lo observamos es el resultado del desplazamiento de masas de aire; cuando este movimiento es en sentido vertical se denomina simplemente corriente de aire, dándole también este nombre a los movimientos horizontales de las capas superiores de la atmósfera. En general el término "viento" es el que se aplica a los fenómenos anteriores.

VIII.3.2.- Causas.

Este fenómeno se atribuye a las desigualdades de la densidad del aire, o sea, a las presiones bajas y altas; el excesivo calentamiento del aire hace que este se dilate y se anime de un movimiento ascendente dejando un lugar vacío en el lugar donde se dilato, o centro de baja presión barométrica; ese vacío se llena con aire más denso que procede de otras regiones o lugares de alta presión.

VIII.3.3.- Clasificación de los vientos.

VIII.3.3.1.- Atendiendo a su dirección se clasifican en:

VIII.3.3.1.1.- Constantes o regulares.- Son los vientos que

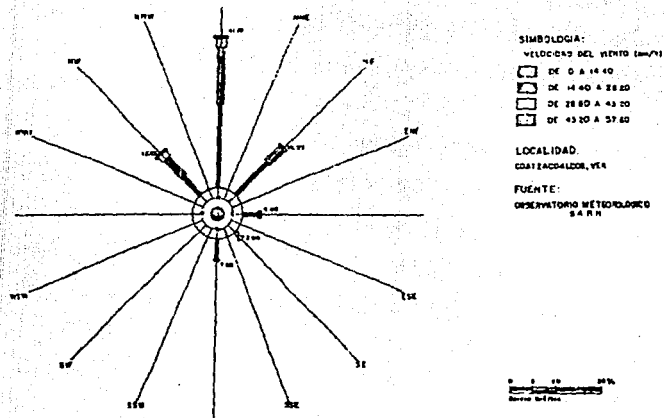


FIG. 4.- PORCENTAJE MEDIO DE OCURRENCIA DEL VIENTO
 LAGUNA DEL ORIZON

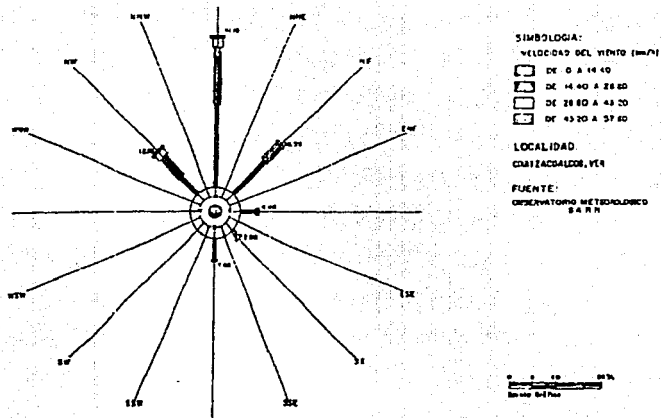
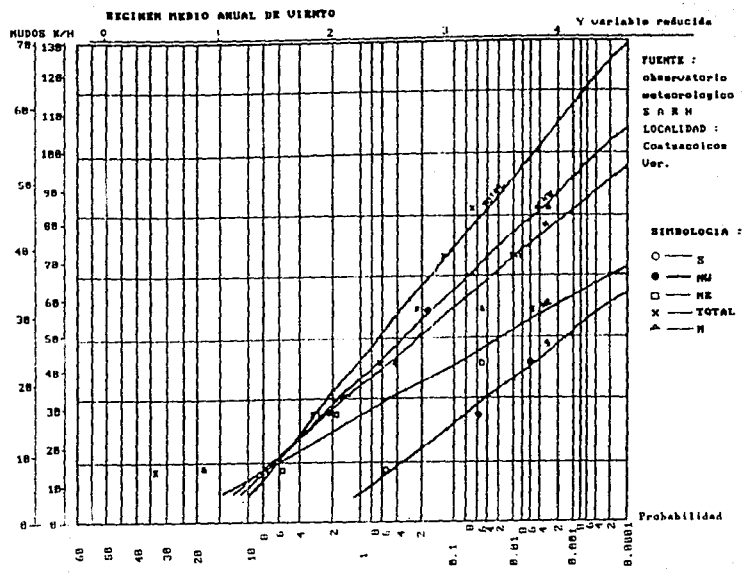


FIG. 4.- PORCENTAJE MEDIO DE OCURRENCIA DEL VIENTO
 LAGUNA DEL OBIPO



soplan en una misma dirección todo el año.

VIII.3.3.1.2.- Periódicos.- Estos vientos invierten su dirección con las estaciones del año o con los días y las noches.

VIII.3.3.1.3.- Irregulares.- Son los que carecen de periodicidad y soplan en una y otra dirección indiferente.

VIII.3.3.2.- Atendiendo a su extensión los vientos se clasifican en:

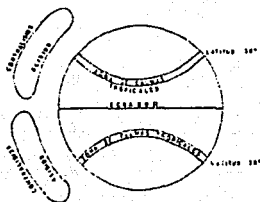
VIII.3.3.2.1.- Generales o Planetarios.

Como ejemplo de vientos constantes y a su vez generales se encuentran los vientos ALISIOS y CONTRALISIOS y los POLARES o VIENTOS DEL OESTE.

El origen de estos vientos se encuentra en la región ecuatorial de la tierra, en donde existen los mayores motivos de calentamiento y humedad; a consecuencia de esto el aire se vuelve más ligero y se establece una corriente ascensional de aire caliente y húmedo; este se enfria a medida que sube y gran parte del vapor que lleva en suspensión se condensa y se precipita en forma de copiosas lluvias. Luego el aire más seco y pesado se derrama por las capas superiores de la atmósfera en dirección de los polos; a este flujo de vientos se les denomina vientos contralisios, y llegan a tener una velocidad media en el Océano Atlántico a la altura del paralelo 50, de 50 K.P.H. (mientras que los alisios tienen velocidades del orden de 10 K.P.H.). Para llenar el vacío que dicha corriente ascensional deja en extensa zona ecuatorial (de 300 a 1000 Km), acuden por debajo los llamados vientos alisios que llegan del Norte y del Sur y vuelven a elevarse formando, por lo tanto, un cinturón carente de vientos horizontales en el Ecuador teórico de la tierra que recibe el nombre de CALMAS ECUATORIALES; nombre dado por los marinos debido a la frecuencia con que los veleros se quedan ahí estacionados por la falta de viento. (fig. VIII.3.3.2)

Ahora bien, si la tierra no estuviese dotada de movimiento de rotación y no existiesen perturbaciones en la superficie

de la misma, la trayectoria de estos vientos (alisios y contralisios), Coincidiría con los meridianos, pero en virtud de este movimiento de rotación las moléculas atmosféricas al trasladarse de los polos al ecuador, que es el caso de los vientos alisios, van encontrando regiones dotadas de creciente velocidad lineal (la velocidad lineal de la tierra va en aumento a medida que uno se va acercando de los polos al ecuador), lo que da por resultado que en vez de seguir las trayectorias de los polos al ecuador se desvíen hacia el Este en el hemisferio Norte y hacia el Oeste en el hemisferio Sur, lo que da en la zona ecuatorial vientos del Noreste al Norte del ecuador y Vientos del Sureste al Sur de él.



VIII.3.3.2.2.- Vientos locales.

Pueden ser a su vez vientos locales periódicos o de régimen irregular. Como por ejemplo de los primeros están los monzones y las brisas; estas pueden ser brisas de mar o de montaña.

Las primeras (mar) soplan en las costas de mar a tierra en el curso del día, y entonces se llaman " vientos mareas ", y de tierra a mar durante la noche y se llaman " vientos terrenales ".

En el curso del día se calientan más que las aguas y disminuye la presión en aquellas, con la consecuente elevación de la temperatura, el viento sopla, entonces, del mar a la tierra originándose la brisa propiamente dicha; en las noches el fenómeno es inverso pues la tierra se enfría más pronto que el agua, en las cuales se forman centros de baja presión y se originan las brisas terrenales.

VIII.3.4.- Características fundamentales en el análisis del viento.

VIII.3.4.1.- Velocidad del viento.

El valor representativo de la intensidad del viento es su velocidad (V), el viento que tiene mayor intensidad se llama DOMINANTE.

VIII.3.4.2.- Dirección del Viento.

Está definida por la dirección de presentación de éste; así se tiene, que un viento soplando de Norte a Sur se le llama viento del Norte.

VIII.3.4.3.- Frecuencia del Viento.

Es el número de veces (n) que el viento sopla en determinada dirección; al viento más frecuente se le llama viento REINANTE.

Los instrumentos que indican, miden y registran la dirección y velocidad del viento son:

| | |
|------------|----------------------------------|
| Veleta | dirección |
| Anemómetro | velocidad y dirección |
| Aneógrafo | grafica 24 horas las velocidades |

Con las mediciones anteriores se puede deducir la frecuencia; generalmente los datos se tabulan de la siguiente manera:

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| V | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| n | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| nV | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| V ² | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

La justificación del estudio de los vientos en la planeación portuaria es eminente, pues dicho estudio aporta datos fundamentales para:

Orientar los muelles

Orientar la bocana

Predecir el oleaje y las mareas de viento

Valorar el transporte eólico

Diseño de bodegas, muelles duques de alba, etc.

Debido a la gran influencia que el viento tiene en la formación del oleaje, actuando como agente generador del mismo, y además de los defectos que produce sobre las estructuras, se hace necesario llevar a cabo un procedimiento estadístico de las observaciones sistemáticas realizadas.

Los resultados se presentan usualmente en un plano llamado DIAGRAMAS DE LENZ en el cual tenemos 4 gráficas que son:

a).- Gráfica de Frecuencia (n)

Representa el número de veces que ha soplado el viento en cada dirección. Esta gráfica de la dirección del viento reinante en la zona estudiada, estando representada por el valor máximo encontrado.

Se construye la gráfica, llevando sobre las direcciones de la rosa de los vientos, las longitudes proporcionales a los números obtenidos y uniéndose con trazo continuo los

extremos de estas longitudes. Este diagrama se llama RESULTANTE DE LAMBER.

b).- Gráfica de velocidades (V)

Representa el valor de las velocidades que ocurren en cada dirección, se construye llevando sobre las direcciones de la rosa de los vientos, y a una cierta escala, los valores representativos de ésta. Esta gráfica generalmente se conoce con el nombre de la gráfica de V y nos determina el viento DOMINANTE.

c).- Gráfica de frecuencia-velocidad (nV)

Para considerar conjuntamente la frecuencia y la velocidad se representa en esta gráfica el producto nV que se llama DIAGRAMA DE AGITACION O DE LENZ, y que muestra, en forma objetiva, la dirección en que se presentan las velocidades y ocurrencias máximas; tiene particular aplicación en los estudios de transporte eólico.

d).- Gráfica de V^2

Toma en consideración los cuadrados de la velocidad del viento que se ha presentado en cada dirección ser estas las medias o las máximas; La construcción de estas gráficas es similar a las anteriores.

La utilidad fundamental de esta gráfica es la evaluación de la presión ejercida por el viento sobre las estructuras.

La presión esta dada por la siguiente fórmula:

$$P = KV^2$$

K = Constante $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{8}$ que depende del tipo de instrumento de medición.

V = velocidad (m/seg)

P = presión (kg/m²)

La presión total del viento sobre la estructura varía con la forma de ésta y por lo tanto P se multiplica por un factor que varía de 1.3 a 1.6.

Ejemplo de Diagrama de Lenz.

Números de observaciones = 863

Números de calmas = 1407

Se tomaron de 2 a 15 lecturas diarias en promedio del servicio metereológico del aeropuerto, a una altura aproximada de 18 pies.

Resumen de datos de vientos en los años de 1963 y parte 1964

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|-------|
| n(R) | 64 | 70 | 7 | 10 | 58 | 563 | 83 | 8 |
| nV | 197.12 | 215.6 | 21.56 | 61.72 | 98.12 | 3473.71 | 426.62 | 24.64 |
| V _{max} (D) | 3.08 | 3.08 | 3.08 | 6.17 | 5.14 | 6.17 | 5.14 | 3.08 |
| V ² (P) | 9.48 | 9.48 | 9.48 | 38.07 | 26.42 | 26.42 | 26.42 | 9.48 |

* V puede ser la media o la máxima

(R) Reinante

(D) Dominante

(P) Presión

$$V = \frac{nV}{n}$$

TABLA DE BEAUFORT

| Nombre de los Vientos | velocidad media | | Presión en kg/m ² | | Características |
|--------------------------------|-----------------|---------|------------------------------|------|---|
| | m/seg | km/hora | mín | máx | |
| Calma | 0.0 a 0.5 | 0 a 1 | 0 | 2 | El humo sube vertical |
| Ventolina o brisa suave | 0.6 a 1.7 | 2 a 6 | 1.54 | 4.12 | El humo se inclina |
| Viento suave | 1.8 a 3.3 | 7 a 12 | 4 | 8 | Se siente en el rostro. Ligeros movimientos en las hojas de los árboles. |
| Viento flojo o leve | 3.4 a 5.2 | 13 a 18 | 8 | 12 | Agita las hojas de los árboles y extiende las banderas ligeras. |
| Vientos moderados | 5.3 a 7.4 | 19 a 26 | 12 | 16 | Se mueve las ramitas y se levanta polvo y papeles ligeros |
| Vientos Fresquitos (regular) | 7.5 a 9.8 | 27 a 35 | 16 | 22 | Mueve los árboles y forma ondas en los estanques. |
| Vientos Frescos | 9.9 a 12.4 | 36 a 44 | 22 | 30 | Mueve las ramas grandes, hace silbar los hilos telefónicos. |
| Viento Frescachón | 12.5 a 15.4 | 45 a 54 | 30 | 39 | Se mueven todos los árboles y se dificulta el andar en contra del viento. |

| Nombre de los Vientos | velocidad media | | Presión ₂ | | Características |
|-----------------------------|-----------------|------------|----------------------|---------|--|
| | m/seg | km/hora | en kg/m ² | min máx | |
| Viento duro o cascarrón | 15.5 a 18.2 | 55 a 65 | 39 | 58 | Rompe ramas delgadas, e impide andar. |
| Viento muy duro o ventarrón | 18.3 a 21.5 | 66 a 77 | 58 | 78 | Destrozos en edificios, caen tejas y chimeneas. |
| Temporal | 21.6 a 25.1 | 78 a 90 | 78 | 105 | Arboles arrancados de cuajo y desperfectos en edificios. |
| Tormenta | 25.2 a 29 | 91 a 104 | 105 | 140 | Desperfectos graves y muy generalizados. |
| Huracán | más de 29 | más de 104 | 140 a más | | Catástrofe. |

1 nudo = 0.515 m/seg

El número de nudos expresa también la velocidad horaria en millas marinas de 1852 mts.

Así 10 nudos equivalen a una velocidad de 10 millas por hora.

VIII.3.5.- Duración y ciclo de la vida de los ciclones tropicales.

Hasta donde ha sido posible obtener datos de observaciones, se concluye que la vida de las tormentas tropicales del Atlántico, Golfo de México y del mar del Caribe, es de aproximadamente de 9.5 días.

Las tormentas de Agosto tienen una vida mayor que aquellas que se han formado en cualquier otro mes, siendo en promedio de 12 días. Las tormentas de julio y noviembre son de más corta vida, aproximadamente de 3 días.

Excepcionalmente algunas tormentas tropicales del Atlántico Norte han tenido recorridos con duración de 3 a 4 semanas. Muchas de ellas se originaron al Sur de las islas de Cabo Verde, moviéndose hacia el Oeste sobre el Atlántico y después cambiaron su dirección hacia el Noreste y Este

VIII.4.- Oleajes.

Otro fenómeno igualmente importante corresponde al oleaje que incide en la zona de estudios.

Por lo anterior, y para obtener una información más completa, se obtuvieron datos relativos a predicciones de oleaje, elaborados por A. H. Glenn y Asociados, cuyos resultados provienen de analizar observaciones estadísticas realizadas por barcos oceanográficos combinándolas con predicciones a de vientos observados.

Estos datos tienen una buena confiabilidad y serán los que nos sirven de base para todos los análisis en los que participe el oleaje.

En las tablas VIII.4.3, 4, 5, 6 y 7 se consignan los valores de porcentaje medio de ocurrencia, por rangos de altura y por direcciones de incidencia.

Además se a establecido estos datos en forma estacional (Primavera, verano, Otoño e invierno) así como también anual.

Con dichas tablas anteriores se han realizado las figuras VIII.4.6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, y 13, en donde se muestran para las diferentes direcciones de incidencia, los porcentajes de ocurrencia y el régimen medio del oleaje para cada estación.

TABLA No 3
 PORCENTAJE MEDIO DE OCURRENCIA DE OLFAJE (GRUPO DE DIRECCION) EN PRIMAVERA.
 SITIO 18°17'N 94°35'W

| DIRECCION | ALTURAS DE OLAS EN PIES | | | | | | | | | | | | | | TOTAL |
|-----------|-------------------------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|------|---------|------|------|------|--------|
| | 0 - 1.9 | | 2 - 3.9 | | 4 - 5.9 | | 6 - 7.9 | | 8 - 9.9 | | 10 - 15 | | 15 | | |
| | I | E | I | E | I | E | I | E | I | E | I | E | I | E | |
| N | 3.33 | 22.37 | 9.37 | 19.04 | 5.03 | 9.67 | 2.60 | 4.64 | 1.27 | 2.04 | 0.67 | 0.77 | 0.10 | 0.10 | 22.37 |
| NE | 5.80 | 33.27 | 14.07 | 27.47 | 7.50 | 13.40 | 3.63 | 5.90 | 1.57 | 2.27 | 0.70 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 33.27 |
| E | 6.70 | 29.00 | 12.63 | 22.30 | 6.40 | 9.67 | 2.60 | 3.27 | 0.50 | 0.67 | 0.07 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 29.00 |
| SE | 2.40 | 4.80 | 1.60 | 3.40 | 0.70 | 0.80 | 0.10 | 0.10 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.80 |
| S | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| SW | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| W | 0.30 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 |
| NW | 1.63 | 9.92 | 4.13 | 8.39 | 2.23 | 4.16 | 1.20 | 1.93 | 0.50 | 0.73 | 0.23 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 9.92 |
| TOTAL | 20.57 | 100.07 | 41.80 | 79.43 | 21.87 | 37.70 | 10.13 | 15.83 | 3.93 | 5.70 | 1.67 | 1.70 | 0.10 | 0.10 | 100.00 |

FUENTE: ESTUDIO A. H. GLENN AND ASSOCIATES.

TABLA No. 4
 PORCENTAJE DE OCURRENCIA DE OLAJE (GRUPO DE DIRECCION) EN VERANO
 SITIO 18°17'N 94°35'W

| DIRECCION | ALTURAS DE OLAS EN PEE | | | | | | | | | | | | | | TOTAL |
|-----------|------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | 0 | 1.9 | 2 | 3.9 | 4 | 5.9 | 6 | 7.9 | 8 | 9.9 | 10 | 15 | 15 | | |
| N | 4.63 | 22.59 | 10.13 | 17.96 | 4.80 | 7.83 | 1.83 | 3.03 | 0.77 | 1.20 | 0.40 | 0.43 | 0.03 | 0.03 | 22.60 |
| NE | 7.17 | 33.61 | 15.30 | 26.44 | 7.07 | 11.14 | 2.57 | 4.07 | 1.60 | 1.50 | 0.47 | 0.50 | 0.03 | 0.03 | 33.60 |
| E | 8.03 | 29.20 | 13.27 | 21.17 | 5.73 | 7.90 | 1.73 | 2.17 | 0.37 | 0.44 | 0.07 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 29.20 |
| SE | 2.03 | 3.60 | 1.17 | 1.57 | 0.40 | 0.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.60 |
| S | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| SW | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| W | 0.30 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 |
| NW | 2.23 | 10.31 | 4.47 | 8.08 | 2.20 | 3.61 | 0.87 | 1.41 | 0.37 | 0.54 | 0.17 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 10.30 |
| TOTAL | 24.80 | 100.00 | 44.30 | 75.20 | 20.20 | 30.90 | 7.00 | 10.70 | 2.50 | 3.70 | 1.13 | 1.20 | 0.07 | 0.07 | 100.00 |

FUENTE: ESTUDIO A. H. GLENN AND ASSOCIATES.

TABLA No. 5
 PORCENTAJE MEDIO DE OCURENCIA DE OLAJE (GRUPOS DE DIRECCION) EN OTOÑO
 SITIO 18°17'N 94°55'W

| DIRECCION | ALTURAS DE OLAS EN PIES | | | | | | | | | | | | | | TOTAL |
|-----------|-------------------------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|------|------|------|--------|
| | 0 - 1.9 | | 2 - 3.9 | | 4 - 5.9 | | 6 - 7.9 | | 8 - 9.9 | | 10 - 15 | | 15 | | |
| | I | E | I | E | I | E | I | E | I | E | I | E | I | E | |
| N | 3.77 | 31.14 | 10.57 | 27.31 | 7.20 | 16.80 | 4.30 | 9.60 | 2.63 | 5.30 | 2.30 | 2.67 | 0.37 | 0.37 | 31.13 |
| NE | 3.17 | 22.66 | 7.73 | 19.49 | 5.17 | 11.76 | 3.13 | 6.59 | 1.83 | 3.46 | 1.50 | 1.63 | 0.13 | 0.13 | 22.67 |
| E | 3.70 | 19.47 | 7.17 | 15.77 | 4.63 | 8.60 | 2.50 | 3.97 | 1.10 | 1.47 | 0.37 | 0.37 | 0.00 | 0.00 | 19.47 |
| SE | 1.30 | 2.50 | 0.83 | 1.21 | 0.37 | 0.37 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.50 |
| S | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| SW | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| W | 0.30 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 |
| NW | 0.90 | 23.54 | 7.97 | 20.61 | 5.40 | 12.64 | 3.27 | 7.24 | 2.00 | 3.97 | 1.70 | 1.67 | 0.27 | 0.27 | 23.53 |
| TOTAL | 15.57 | 100.02 | 34.27 | 84.45 | 22.77 | 50.18 | 13.26 | 27.41 | 7.57 | 14.21 | 5.87 | 6.64 | 0.77 | 0.77 | 100.00 |

FUENTE: ESTUDIO A. H. GLENN AND ASSOCIATES.

TABLA No. 6
 PORCENTAJE MEDIO DE OCURRENCIA DE OLAJE (GRUPOS DE DIRECCION) EN RIVERA
 SITIO 18°17'N 94°35'W

| DIRECCION | ALTURAS DE OLAS EN PIES | | | | | | | | | | | | | | TOTAL |
|-----------|-------------------------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|------|------|------|--------|
| | 0 - 1.9 | | 2 - 3.9 | | 4 - 5.9 | | 6 - 7.9 | | 8 - 9.9 | | 10 - 15 | | 15 | | |
| | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | |
| N | 3.00 | 29.25 | 9.50 | 26.25 | 6.47 | 16.75 | 4.47 | 10.28 | 2.87 | 5.81 | 2.57 | 2.94 | 0.37 | 0.37 | 29.23 |
| NE | 2.63 | 22.86 | 7.43 | 20.23 | 5.03 | 12.80 | 3.47 | 7.77 | 2.20 | 4.30 | 1.93 | 2.10 | 0.17 | 0.17 | 28.87 |
| E | 3.60 | 20.14 | 7.23 | 16.54 | 4.80 | 9.31 | 2.77 | 4.51 | 1.27 | 1.74 | 0.47 | 0.47 | 0.00 | 0.00 | 20.13 |
| SE | 1.97 | 4.17 | 1.40 | 2.20 | 0.70 | 0.80 | 0.10 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.17 |
| S | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| SW | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| W | 0.30 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 |
| NW | 2.43 | 22.90 | 7.33 | 10.47 | 5.07 | 13.14 | 3.47 | 8.07 | 2.23 | 4.60 | 2.00 | 2.37 | 0.37 | 0.37 | 22.90 |
| TOTAL | 14.33 | 100.00 | 32.89 | 15.69 | 22.07 | 52.80 | 14.27 | 30.73 | 8.57 | 16.45 | 6.97 | 7.88 | 0.90 | 0.90 | 100.00 |

FUENTE: ESTUDIO A. H. GLENN AND ASSOCIATES.

TABLA No. 7
 PORCENTAJE MEDIO DE OCURRENCIA DE OLEAJE (GRUPOS DE DIRECCION) ANUAL
 SITIO 18°17'N 94°35'W

| DIRECCION | ALTURAS DE OLAS EN PIES | | | | | | | | | | | | | | TOTAL |
|-----------|-------------------------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|------|------|------|--------|
| | 0 - 1.9 | | 2 - 3.9 | | 4 - 5.9 | | 6 - 7.9 | | 8 - 9.9 | | 10 - 15 | | 15 | | |
| | I | % | I | % | I | % | I | % | I | % | I | % | I | % | |
| N | 3.70 | 26.30 | 9.90 | 22.60 | 5.90 | 12.70 | 3.20 | 6.80 | 1.90 | 3.96 | 1.50 | 1.70 | 0.20 | 0.20 | 26.30 |
| NE | 4.70 | 28.10 | 11.00 | 23.40 | 6.20 | 12.40 | 3.20 | 6.20 | 1.70 | 3.00 | 1.20 | 1.30 | 0.10 | 0.10 | 28.10 |
| E | 5.50 | 24.50 | 10.10 | 19.00 | 5.50 | 8.90 | 2.40 | 3.40 | 0.80 | 1.00 | 0.70 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 24.50 |
| SE | 1.90 | 3.80 | 1.30 | 1.90 | 0.50 | 0.60 | 0.10 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.80 |
| S | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| SW | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| W | 0.30 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 |
| NW | 2.30 | 16.60 | 6.00 | 14.30 | 3.70 | 8.30 | 2.20 | 4.60 | 1.30 | 1.40 | 1.00 | 1.10 | 0.10 | 0.10 | 16.60 |
| TOTAL | 18.80 | 100.00 | 38.30 | 81.20 | 21.80 | 42.90 | 11.10 | 21.10 | 5.70 | 10.00 | 3.90 | 4.30 | 0.40 | 0.40 | 100.00 |

FUENTE: ESTUDIO A. H. GLENN AND ASSOCIATES.

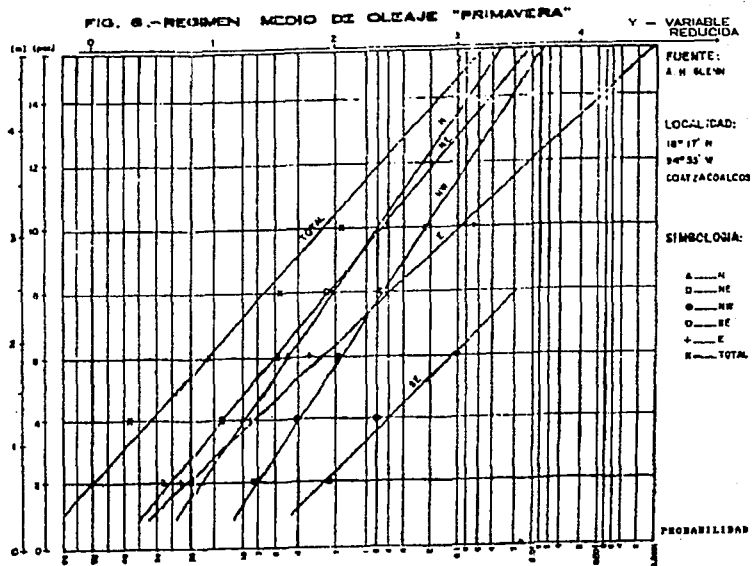
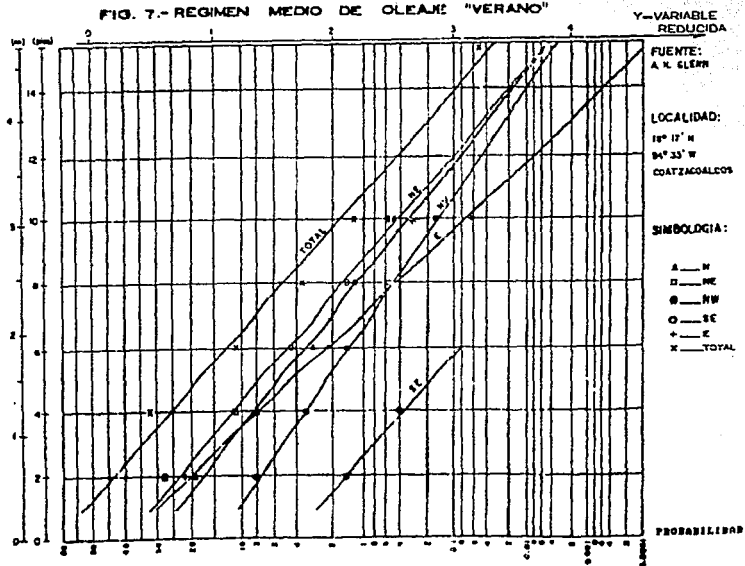


FIG. 7.- REGIMEN MEDIO DE OLAJE "VERANO"



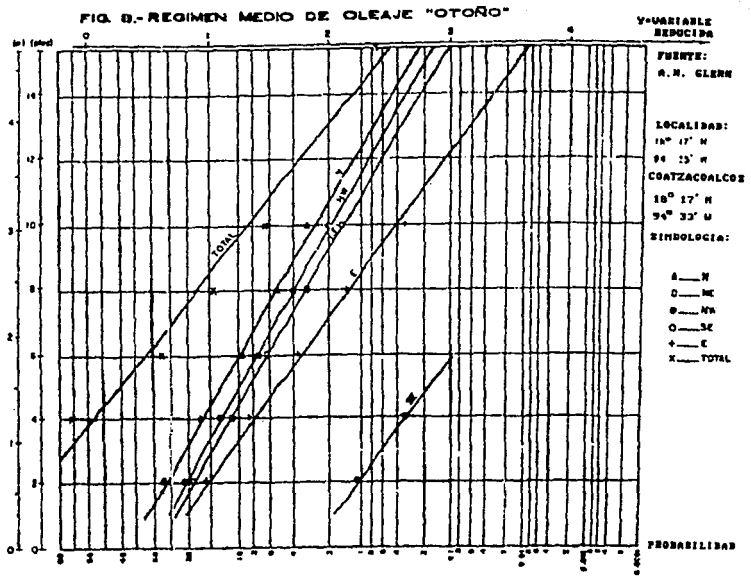
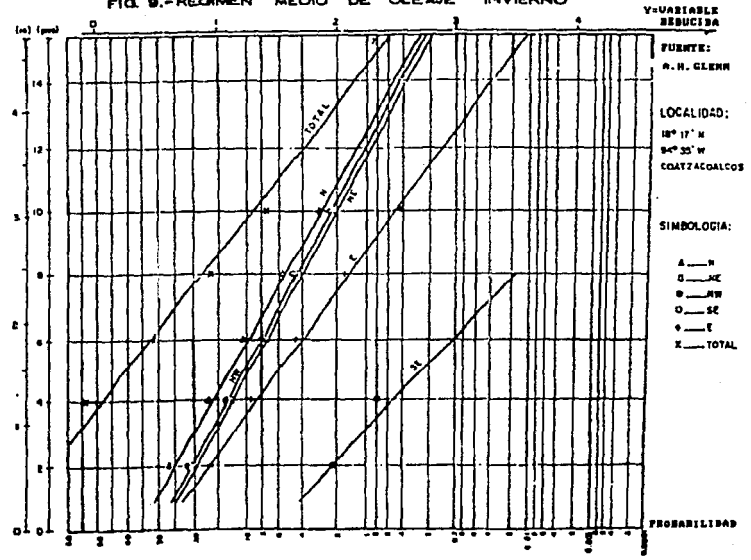
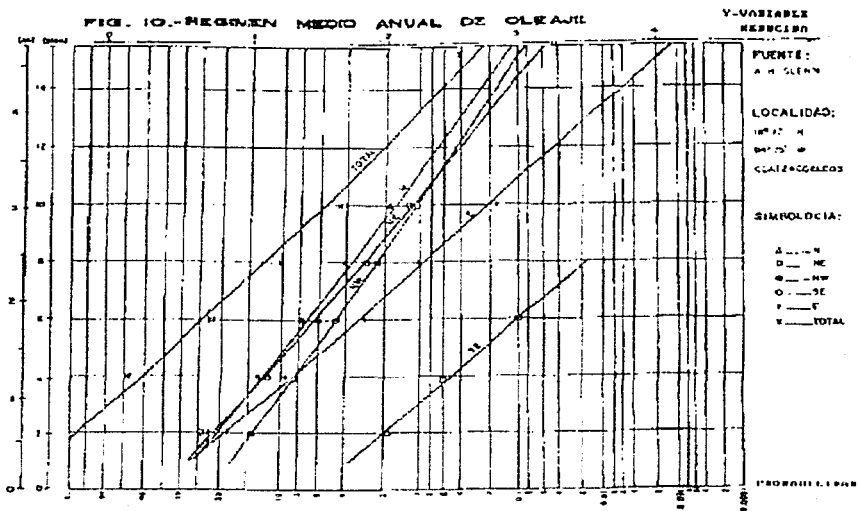


FIG. 9.-REQUEN MEDIO DE OLAJE "INVIERNO"





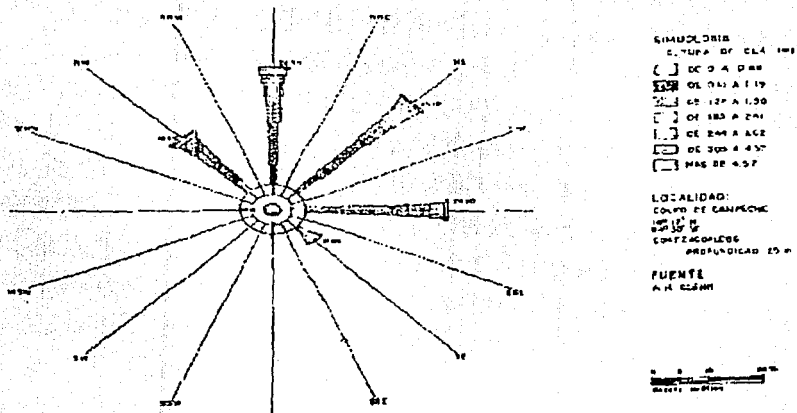
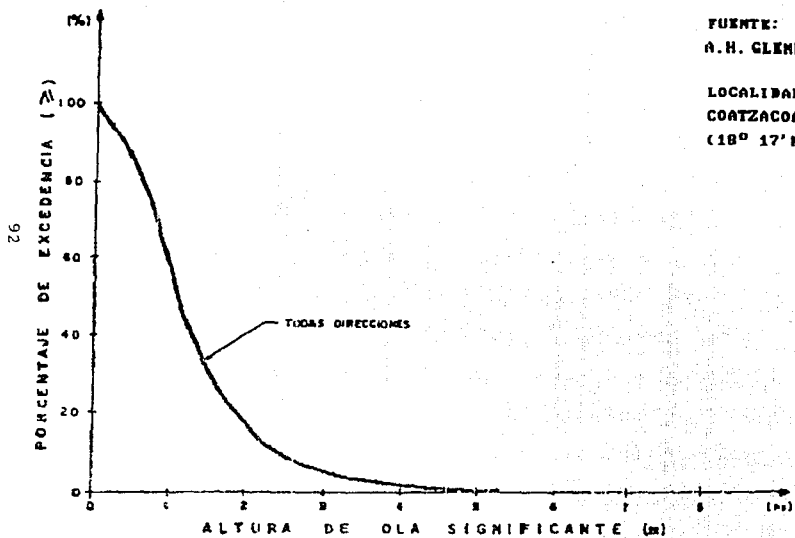


FIG. II. -- PORCENTAJE MEDIO DE OCURRENCIA DEL VIENTO EN LA LAGUNA DEL OSTION

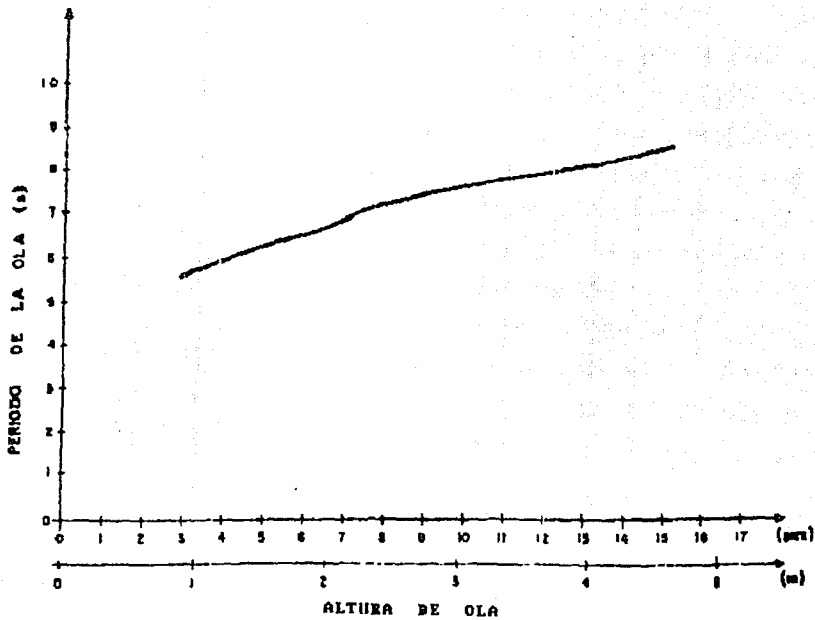
FIG. 12 PORCENTAJE ANUAL DE EXCEDENCIA DE HORAS



FUENTE:
A.H. GLENN

LOCALIDAD:
COATZACOALCOS
(18° 17' N, 94° 34' W)

FIG. 13.- PERIODOS ASOCIADOS A ALTURAS DE OLA



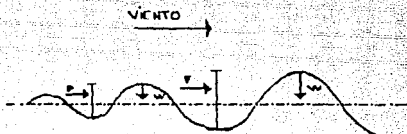
Del análisis de esta información se puede concluir que en un 78.9 % del tiempo inciden oleajes entre el N y el E y que en un 16.9 % del NW y W.

Esto necesariamente producirá componentes netos de E - W en un ciclo anual.

Los oleajes dominantes son del N y NE y el reinante del NE.

Los períodos del oleaje son relativamente cortos, variando entre los 6 y 9 segundos.

El oleaje es producido fundamentalmente por la acción del viento sobre la superficie del agua. (ver fig.VIII.4.14.).



El oleaje a su vez también puede ser producido ya sea por un terremoto o por el paso de un navío.

VIII.4.1.- Características de una ola.

L = Longitud de ola en mts.

T = Período (seg), tiempo que tarda en pasar dos crestas o dos valles consecutivos por un mismo punto determinado. Es la única característica que no cambia con la profundidad.

H = Altura de la ola (m), distancia vertical entre una cresta y un valle.

c = Celeridad (m/seg), es la velocidad de la ola; la longitud que pasa en un cierto periodo, velocidad de propagación de onda.

$$c = \frac{L}{T}$$

F = Frecuencia, número de olas en determinado tiempo.

$$F = \frac{1}{T}$$

VIII.4.2.- Una clasificación más amplia de las ondas.

VIII.4.2.1.- Por las fuerzas que las rigen.

a).- De gravedad

b).- Capilares

VIII.4.2.2.- Causas directas que la engendran.

a).- Viento

b).- Sismo

c).- De navío

d).- Derrumbes

VIII.4.2.3.- Duración de las acción de las fuerzas.

a).- Oscilaciones forzadas

b).- Oscilaciones libres

VIII.4.2.4.- Por su desplazamiento.

a).- Estacionarias (ejem: Clatopis)

- b).- De traslación (desplazamiento de masas)
- c).- Progresivas (sin desplazamiento de masas)

VIII.4.2.5.- Por la naturaleza de la propagación de los movimientos oscilatorios

- a).- Bidimensionales
- b).- Tridimensionales

VIII.4.2.6.- De acuerdo con la altura de la zona agitada con relación a la masa del agua.

- a).- Superficiales
- b).- Internas

VIII.4.2.7.- De acuerdo con las dimensiones geométricas de las ondas y en particular de la relación de esbeltez (H/L)

- a).- Muy largas
- b).- Largas
- c).- Cortas o comunes

VIII.4.2.8.- Por su frecuencia.

- a).- Periódicas
- b).- Solitarias

VIII.4.2.9.- Por su periodo.

Capilares 0.1 a 3 seg.

| | | | |
|------------------|----------|---|----------|
| Cortas o comunes | 3 | a | 20 seg. |
| Largas | 20 seg | a | 15 min. |
| Muy largas | 15 min | a | 1 hora |
| Marea | 1 hora | a | 12 horas |
| Tsunami | 12 horas | a | 24 horas |

Las ondas capilares es cuando el viento comienza a soplar sobre una superficie tranquila de agua, forma primeramente rizaduras (ripples) u olas pequeñas, generalmente de menos de 1 cm. de altura y donde el periodo es inferior de 1/10 seg. en este tipo de ondas las fuerzas capilares de tensión superficial son las predominantes, y son provocadas por el viento según un fenómeno aún no estudiado, su longitud de onda es de algunos centímetros y se propagan con una velocidad de aproximadamente 20 cm/seg., las rizaduras son muy numerosas; se mueven con el viento y duran solamente un corto tiempo. Muchos científicos creen que las rizaduras proporcionan en gran parte el " agarre " del viento sobre el agua y permiten la formación de olas mayores y corrientes.

Las ondas ordinarias o de gravedad a medida que aumenta la intensidad del viento se forman pequeñas olas; las cuales se les llama olas de gravedad; el tamaño de ellas depende de la velocidad del viento, el tiempo que persiste en la misma dirección y de la distancia recorrida por el viento sobre el agua (Fetch), el período varía de 1 a 20 seg., van acompañados por trenes de ondas de diversos segundos pero cuya amplitud es muy pequeña con respecto al movimiento principal. Estas ondas, se propagan más rápidamente pueden servir de anuncio de tempestades, y su estudio es útil para la predicción del oleaje.

Las ondas de largos periodos son olas de pequeña amplitud y el periodo de algunos minutos, su formación puede ser debida a una especie de oscilación de la rompiente de la ola. Estas ondas forman un papel importante en la formación de ondas de largos periodos que se observan en el interior de los puertos y que son llamados Seiches, resacos o resonancia.

Las olas de más largos períodos, algunas de las mayores olas oceánicas son producidas por movimientos subitos del fondo del mar. Los movimientos de la corteza terrestre causados por terremotos o por corrientes de sedimentos, pueden originar la formación de grandes olas marinas sísmicas o maremotos (tsunamis), como las denominan los japoneses, tienen longitudes de ola hasta de 200 kms., períodos de 10 a 20 minutos y alturas hasta de 35 mts., en aguas profundas.

En las costas, la altura de la ola rompiente puede ser gigantesca. Así, el Tsunami provocado por la erupción del volcán Krakatoa, alcanzo una altura de 35 mts., penetró en las poblaciones del litoral y causó la muerte de 360,000 personas. El terremoto de Lisboa en 1775, produjo una ola de 12 mts., que causó más de 60 víctimas. Inadvertidas por los buques en mar abierto, las olas sísmicas pueden formar enormes rompientes cuando llegan a aguas reducidas. Un gran terremoto distante tiene por consecuencia la pérdida de un enorme número de vidas y grandes daños materiales. Las islas del Japón y de Hawai son muy propensas a estas olas catastróficas.

Las ondas largas, son del tipo de las ondas de marea en donde las velocidades y las aceleraciones verticales de las moléculas suelen ser despreciables, es decir que la presión que actúa en un punto es la hidrostática producida por el peso de la columna de agua situada sobre ese punto.

Las cartas del Sea and Swell (Atlas of Sea and Swell Charts), resumen las observaciones de embarcaciones, de más de 11 años en diferentes zonas perfectamente localizadas, representadas en rosas de vientos en ocho direcciones, indicando los porcentajes de frecuencia para diferentes alturas dadas, así como también para los diferentes meses del año.

Sea: Oleaje local: es producido por el viento en la misma zona de generación.

Swell: oleaje distante: es el conjunto de olas que viajan fuera de la zona de generación.

La diferencia entre uno y otro es que el primero es un oleaje irregular e impredecible, mientras que el segundo presenta crestas redondeadas, o sea que es un oleaje regular y predecible.

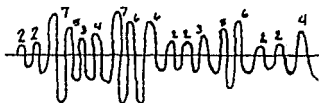
Estas tablas del Sea and Swell, clasifican a las olas en bajas (B), medias (M) y altas (A), además de las calmas.

| Denominación | OLEAJE LOCAL | | OLEAJE DISTANTE | |
|--------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Altura en pies | Altura en metros | Altura en pies | Altura en metros |
| Baja (B) | 1 - 3 | 0.30 - 0.90 | 1 - 6 | 0.30 - 1.80 |
| Media (M) | 3 - 8 | 0.90 - 2.40 | 6 - 12 | 1.80 - 3.65 |
| Alta (A) | 8 ó mayor | 2.40 ó mayor | mayor de 12 | mayor de 3.65 |
| Calma | 0 | 0 | 0 | 0 |

La ola significativa (H_s o $H/3$) es el promedio del tercio medio de las olas más altas de un grupo o tren de olas dadas; es decir, un conjunto de olas se divide en tres partes, uno de olas bajas, otro de olas medias y el otro de olas altas. La altura promedio de este último grupo, constituye lo que se denomina ola significativa. De igual forma se obtiene el Período SIGNIFICANTE (T_s o $T/3$).

Ejemplo de ola significativa.

si se tiene el siguiente tren de olas. (imaginario)



los valores anotados son las alturas de ola.

Son 18 las mediciones, por lo tanto, se tomarán las 6 más grandes:

$$7, 7, 6, 6, 6 \text{ y } 5 \quad \text{la suma} = \frac{37}{6} = 6.16$$

$$H/3 \text{ ó } H_s = 6.16$$

otro:

| | | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| $H_1 = 3 \text{ m}$ | $H_2 = 4 \text{ m}$ | $H_3 = 1 \text{ m}$ | $H_4 = 1 \text{ m}$ |
| $H_5 = 2 \text{ m}$ | $H_6 = 3 \text{ m}$ | $H_7 = 4 \text{ m}$ | $H_8 = 2 \text{ m}$ |
| $H_9 = 2 \text{ m}$ | $H_{10} = 4 \text{ m}$ | $H_{11} = 2 \text{ m}$ | $H_{12} = 1 \text{ m}$ |

$$H_s = \frac{4 + 4 + 4 + 3}{4} = \frac{15}{4} = 3.75 \text{ m.}$$

De igual manera se obtiene el periodo siguiente T_s .

Otra forma de encontrar la altura de ola significativa es por medio de las frecuencias que da el Sea and Swell, ejemplo:

Oleaje distante

Dirección: SW

Porcentaje: 9.3 %

Denominación

Frecuencia

| | | | |
|-----------------------|----------------|----|------------|
| Baja (0.30 - 1.80) | 86.0 % | de | 9.3 = 8 |
| Media (1.80 - 3.65) | 10.8 % | de | 9.3 = 1 |
| Alta (3.65 - más) | 3.2 % | de | 9.3 = 0.3 |
| | <u>100.0 %</u> | | <u>9.3</u> |

$$86.0 * \frac{(0.3 + 1.80)}{2} = 90.30$$

$$10.8 * \frac{(1.8 + 3.65)}{2} = 29.43$$

$$3.2 * 3.65 = \frac{11.68}{131.41}$$

$$H_s = H/3 = \frac{131.41}{33.33} = 3.94 \text{ metros.}$$

De la forma antes descrita podemos obtener el oleaje significativo y el período significativo ya sea para el oleaje local (Sea) o el oleaje distante (Swell), cada mes, cada trimestre, o bien, si se desea anual.

En el procesamiento de los datos del Sea and Swell, se obtiene un resumen de los tiempos de acción de los diferentes tipos y rangos de oleaje como se muestra en el siguiente ejemplo:

Ejemplo de Coatzacoalcos, Ver.

Cálculo de los tiempos de acción y número de observaciones por rango.

Oleaje Distante:

| Dirección | % | obs. | Rangos | | Tiempos de acción | |
|-------------------|-----|-------|--------|----|-------------------|-------|
| | | | B | M | | |
| Este | 20 | 7.2 | B | 67 | 4.824 | 42.36 |
| | | | M | 33 | 2.376 | 20.86 |
| | | | A | 0 | 0.000 | 0.00 |
| Noreste | 25 | 9.0 | B | 67 | 6.030 | 52.95 |
| | | | M | 33 | 2.970 | 26.08 |
| | | | A | 0 | 0.000 | 0.00 |
| Calmas | 33 | 11.88 | | | 104.31 | |
| Otras direcciones | 22 | 7.92 | | | 69.54 | |
| | 100 | 36.00 | | | 316.10 | |

donde el tiempo de acción en horas para cada rango se determina de la siguiente manera:

$$t = \frac{\text{No. de observaciones} * \text{horas de un mes}}{\text{Observación local} + \text{observación distante}}$$

Oleaje local:

| Dirección | % | obs. | Rangos | | obs. | Tiempos de acción |
|-------------------|-----|-------|--------|----|-------|-------------------|
| Norte | 17 | 7.82 | B | 50 | 3.910 | 34.33 |
| | | | M | 33 | 2.580 | 22.65 |
| | | | A | 17 | 1.330 | 11.69 |
| Este | 20 | 9.20 | B | 67 | 6.160 | 54.08 |
| | | | M | 33 | 3.04 | 26.69 |
| | | | A | 0 | 0.000 | 0.00 |
| Noreste | 17 | 7.82 | B | 36 | 2.820 | 24.76 |
| | | | M | 33 | 2.580 | 22.65 |
| | | | A | 31 | 2.420 | 21.25 |
| Calmas | 17 | 7.82 | | | | 68.66 |
| Otras direcciones | 29 | 13.34 | | | | 117.13 |
| | 100 | 46.00 | | | | 403.89 |

Total de Tiempo de acción = Oleaje local + oleaje Distante
 = 316.10 + 403.89 = 719.99

Cálculo de la ola significante.

Oleaje distante:

No. de observaciones efectivas de acción del oleaje = Total de observación distante - calmas distantes.

No. de obs. Efectivas = 36 - 11.88 = 24.12

Dirección Este.

| Intervalo de clase | Anchura de clase (d _i) | Punto medio de clase | Frecuencia de clase | Frecuencia acumulada | Frecuencia relativa (F _i) |
|--------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--|
| 0.30 - 1.82 | 1.52 | 1.060 | 4.824 | 4.824 | 0.2000 |
| 1.82 - 3.65 | 1.83 | 2.735 | 2.376 | 7.200 | 0.1134 |
| 3.65 - 4.86 | 1.21 | 4.255 | 0.000 | 7.200 | 0.0000 |

$$\text{Area Total} = A_1 + A_2 + A_3 = d_1F_1 + d_2F_2 + d_3F_3$$

$$= 1.52 * 0.20 + 1.83 * 0.1134 + 1.21 * 0.00$$

$$A_T = 0.511522$$

$$A_{1/3} = \frac{A}{3} = \frac{0.511522}{3} = 0.17050733$$

o sea, que el área del tercio superior abarca toda el A_3 y parte de A_2 hasta una distancia " d ".

$$A_3 < A_{1/3} < A_2 + A_3$$

$$d = \frac{A_{1/3} - A_3}{F_2} = \frac{0.17050 - 0}{0.1134} = 1.5036$$

Tomando suma de momentos, de las áreas parciales que comprenden el tercio superior, con respecto al eje vertical tenemos:

$$0.30 + 1.52 + 1.83 + 1.21/2 = 4.255$$

$$M_0 = A_3 * 4.255 + (A_{1/3} - A_3) (3.65 - d/2)$$

la cual debe ser igual al momento del área del tercio superior

$$M_{1/3} = A_{1/3} \cdot H_{1/3}$$

igualando estas dos expresiones, despejando $H_{1/3}$ y sustituyendo valores:

$$M_0 = M_{1/3}$$

$$A_{1/3} H_{1/3} = A_3 \cdot 4.255 + (A_{1/3} - A_3) (3.65 - d/2)$$

$$H_{1/3} = \frac{A_3 \cdot 4.255 + (A_{1/3} - A_3) (3.65 - d/2)}{A_{1/3}}$$

$$H_{1/3} = \frac{0 \cdot 4.255 + (0.170507 - 0) (3.65 - 1.56036/2)}{0.170507}$$

$$H_{1/3} = \frac{0 \cdot 0.494163}{0.170507} = 2.8982$$

$$H_{1/3} = 2.8982 \text{ mts.}$$

y por definición

$$H_s = H_{1/3}$$

Oleaje local:

$$\text{No. de obs. Efectivas} = 46 - 17 = 29$$

| Intervalo de clase | Anchura de clase (d_i) | Punto medio de clase | Frecuencia de clase | Frecuencia acumulada | Frecuencia relativa (F_i) |
|--------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| 0.30 - 0.90 | 0.60 | 0.60 | 6.16 | 6.16 | 0.2124 |
| 0.90 - 2.40 | 1.50 | 1.65 | 3.04 | 9.20 | 0.1048 |
| 2.24 - 3.60 | 1.20 | 3.00 | 0.00 | 9.20 | 0.0000 |

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_T = 0.6 \cdot 0.2124 + 1.5 \cdot 0.1048 + 0$$

$$A_T = 0.2846$$

$$A_{1/3} = \frac{A_3}{3} = \frac{0.2846}{3} = 0.0949$$

$$d = \frac{A_{1/3}}{F_2} = \frac{0.0949}{0.1048} = 0.9055$$

$$H_{1/3} = \frac{A_{1/3} (2.40 - d/2)}{A_{1/3}}$$

$$H_{1/3} = 2.40 - d/2 = 2.40 - \frac{0.9055}{2} = 1.9472$$

$$H_s = H_{1/3} = 1.9472$$

VIII.5.- Corrientes

El conocimiento de corrientes es de suma importancia, ya que son ellas principalmente, las que producen el acarreo de sólidos en las playas, su clasificación es la siguiente:

VIII.5.1.- Corrientes debidas al viento.

Cuando el viento sopla sobre la superficie del mar, existe un esfuerzo de corte en la superficie de contacto, teniéndose como resultado que el aire arrastrara el agua en toda la extensión donde este actuando. Debido al mezclado turbulento entre el agua y el aire; esta corriente gradualmente se tiende a propagarse hacia el fondo, cuando la superficie donde actúa el viento es grande y la acción de este es de larga duración; una idea de este tipo de corrientes puede ser vista en un tanque con agua, cerrado y con pared de vidrio sobre el cuál se produce una corriente de aire, en donde al momento de hacerse sentir la acción del viento sobre la superficie, el agua es arrastrada a lo largo del tanque formando la corriente superficial, así como también un cierto oleaje.

Si se introducen unos cuantos gramos de material no diluible, además colorante de la misma densidad del agua, se tiene que estos seguirán aproximadamente los mismos movimientos que siguen las partículas del agua; sus movimientos pueden ser seguidos por la vista y se notará que su movimiento neto es en dirección del viento.

De no ser por el efecto de la viscosidad, así como del proceso del mezclado del aire-agua, la acción de las corrientes superficiales debidas al aire, no se dejarían sentir más allá de la superficie de contacto, teniéndose que en realidad, se dejan en profundidades relativamente grandes.

VIII.5.2.- Corrientes inducidas por el oleaje.

Estas corrientes son generadas por el viento al soplar sobre la superficie del agua; parte de la energía transmitida en esta acción se transforma en corriente y parte da origen al oleaje, a la zona donde se generan ambas se denomina zona del " Sea " y el movimiento de las partículas del agua es sumamente complicado; después en las proximidades de la playa, y libre del efecto del viento, se denomina como " Swell " tanto el oleaje como las corrientes son libres y su transmisión se realiza por inercia.

El estudio de las corrientes debidas al oleaje en aguas profundas no son tan importantes y solo estudios teóricos se han realizado (teoría de Stokes), sin embargo de ellas se han determinado la formación de corrientes playeras.

Al llegar el oleaje a la costa da origen a la llamada corriente litoral, al romper dicho oleaje, la gran turbulencia formada por la pérdida de la energía de la ola se transforma en una corriente a lo largo de la zona de rompientes originando un transporte bastante considerable. La ola después de pasar la zona de rompiente se transforma en una onda de traslación, la cual, al incidir sobre la playa origina las llamadas corrientes playeras, cuyo transporte de material es bastante considerable. La masa de agua transportada por el oleaje es a su vez evacuada en gran parte por las corrientes de retorno (rip currents), localizadas normalmente en la playa con una cierta uniformidad a lo largo de ellas. Estas corrientes de retorno, forman zonas de gran acumulación de materiales, que más tarde serán zonas de alimentación del transporte a lo largo de la playa, de aquí pues, la conveniencia de su localización en la naturaleza.

De lo anterior, las corrientes por influencia del oleaje se pueden resumir a lo siguiente:

VIII.5.2.1.- Corrientes litorales.

Este tipo de corrientes se debe a la fuerza del desplazamiento de la componente paralela a la costa en la zona de rompientes de oleaje; su importancia reside en el transporte de material que la rompiente pone en movimiento, dando lugar, al perder intensidad, a la formación de bajos y depósitos.

Para calcular la velocidad de la corriente litoral normalmente se usa la siguiente expresión (INMAN Y QUINN).

$$V = \left(\frac{1}{4x^2} + \xi \right)^{1/2} \frac{1}{2x}$$

V = velocidad de la corriente; (pies/seg)

$$x = \frac{108.3 H_b i \cos \psi}{T}$$

H_b = altura de la ola rompiente (pies)

i = pendiente de la playa

ψ = ángulo de la rompiente y la batimétrica (grados)

T = período de la ola (seg)

ξ = C_b sen ψ

C_b = 2.28 H_b g

C_b = velocidad de la ola (pies/seg)

g = aceleración de la gravedad (pies/seg²)

VIII.5.2.2.- Corrientes en dientes de sierra.

Esta corriente se origina por el avance y retorcimiento del oleaje, en donde la componente de avance se desarrolla en la misma dirección del oleaje, mientras que las del retroceso lo hacen siguiendo la línea de máxima pendiente de la playa. Es por medio de este tipo de corrientes que se determina el régimen de una playa, de ahí su importancia ya que por el efecto de intensidad y distribución depende la forma y el estado de una playa.

VIII.5.2.3.- Corrientes por expansión.

Estas corrientes son producto únicamente del gradiente originado durante la expansión lateral del oleaje, la que tienen causas locales muy relativas.

VIII.5.2.4.- Corrientes de retorno.

Estas corrientes son originadas por la contracción de vectores de energía del oleaje en la zona del estrán. Estas corrientes difieren de las de diente de sierra por su intensidad ya que estas cruzan la línea de rompiente y llegan en ocasiones a formar cañones o fosas marinas, sirviendo también para localizar puntos nodales en la playa.

VIII.5.3.- Corrientes por marea.

Existen también las corrientes generadas por marea, las que varían de localidad en localidad, dependiendo desde luego, del tipo de marea, del tirante del agua, así como de la configuración de la costa. Estas corrientes se repiten regularmente, tal y como lo hacen las mareas que las generan.

VIII.5.4.-Corrientes por densidad.

Estas corrientes son específicamente debidas a la diferencia

de densidades de dos masas de agua que se presentan principalmente a la salida de un río, formandose lo que se conoce como cuña, tienen también una gran importancia ya que facilitan la suspensión de elementos, lo que hacen que originen depósitos de cierta consideración; además, estas corrientes pueden ser de salinidad o temperatura, siendo la primera cuando existe una gran diferencia de concentración salina en diferentes zonas del mar, en cambio las segundas tienen su origen por efecto de temperaturas que existen en las diferentes capas de agua y su importancia es mínima cuando su generación es local.

VIII.5.5.- Medición de la corriente.

La medición de la corriente puede efectuarse mediante el uso de:

VIII.5.5.1.- Corrientometro.

Por medio de este aparato se puede obtener la medición de la corriente, tanto de la velocidad como de la dirección. Pero la diferencia del corrientometro es que no proporciona un registro de sus magnitudes sino que se tiene en él solamente un indicador el cual eventualmente se introduce al agua (cuando se desee efectuar la medición), unido a la lancha por medio de un cable conductor. Dentro de una embarcación permanece el operario encargado de la medición, el cual realiza las fases necesarias para el correcto funcionamiento del aparato, y anota los datos correspondientes. Que consta de dos partes esenciales que son:

a).- Un elemento que se sumerge, formada por un molinete y un dispositivo de medición y dirección.

b).- Un elemento abordo de la embarcación que permite recibir las indicaciones de velocidad y dirección transmitidas para el aparato sumergido y mandarle los impulsos eléctricos.

VIII.5.5.2- Método de flotadores.

Para medir las características de la corriente por est

método se emplean 6 flotadores cada uno de los cuales se complementa con una pantalla, una brújula, un cronómetro y un tramo de cuerda de aproximadamente 20 mts. de largo, que sirve para sujetar los flotadores.

La dirección se determina con la brújula desde la embarcación fondeada y la velocidad se obtiene registrando el tiempo que tarda en ponerse tenso la cuerda de 20 mts., de largo el que se encuentra atado a un flotador.

VIII.5.5.3.- Corrientografo.

Es un aparato destinado especialmente a ejecutar el estudio de las corrientes marinas en su dirección e intensidad teniendo como ventaja la de registrar y poseer una autonomía de 8 días.

VIII.5.5.4.- Pintura a base de colorantes o confetti.

VIII.5.5.5.- Por medio de fotografías aéreas.

VIII.5.5.6.- Por medio de trazadores radiactivos.

La información disponible obtenida con relación a este fenómeno, es la relativa a los " Pilot charts ", que son las cartas que poseen información con un cierto valor estadístico.

En términos generales, de la observación de estas corrientes se puede concluir que su magnitud no excede de 0.7 de nudo y los sentidos se alternan de Este a Oeste en los primeros meses del año y en sentido contrario en el resto del año.
(ver fig. VIII.5.14 y 15).

Sin embargo conviene aclarar que estas corresponden, como ya se dijo a corrientes oceánicas que permiten cuando menos tener una idea de los movimientos generales de las masas de agua.

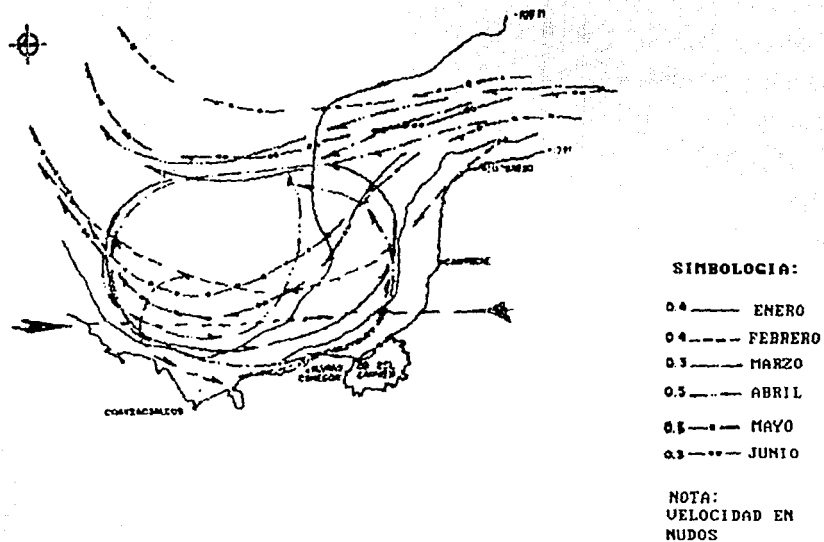


FIG. 14.— CORRIENTES AL SURESTE DEL GOLFO DE MEXICO.

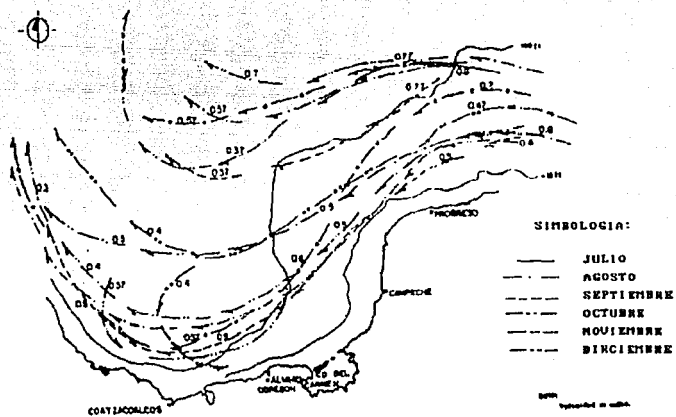


FIG. 15.- CORRIENTES AL SURESTE DEL GOLFO DE MEXICO.

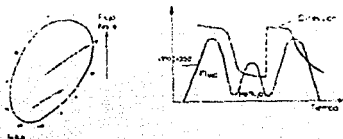
VIII.6.- Mareas.

VIII.6.1.- Aspecto descriptivo de las mareas.

Las mareas son ondas de largos períodos. Llamemos mareas al movimiento periódico que afecta al nivel general del océano; es una oscilación de amplitud muy variable y de un periodo del orden de magnitud de medio día o día entero.

Este fenómeno es la base de la vida de las poblaciones marinas, puesto que limita el acceso al puerto; se ha estado observando en la antigüedad pero fue necesario esperar a Poincaré para que diera una explicación teórica completa, al final del siglo pasado. La solución no es explícita más que en algunos casos particulares, y actualmente sabemos predecir mareas con precisión gracias a un excelente conocimiento de su periodicidad, pero aún es difícil de calcular la marea de un lugar nuevo.

El vocabulario relativo a las mareas es extenso desde el punto de vista de su importancia en la vida del hombre. Se llama amplitud a la variación total del plano de agua entre la bajamar y la pleamar siguiente, el periodo en el curso del cual la marea asciende es la montante, y el nivel baja durante la descendente. La variación del nivel del agua es acompañada de corrientes del mismo período llamadas "Corrientes de marea" y que transportan las enormes masas de agua desplazadas por la marea. Se llama en general "flujo" a la corriente correspondiente a la marea ascendente y "reflujo" a la corriente descendente. Esta denominación no es en general y se encuentra a veces en contradicción. La denominación precisa de flujo corresponde al período durante el cual la corriente de marea fluye en el mismo sentido que la dirección de propagación de la onda de marea.



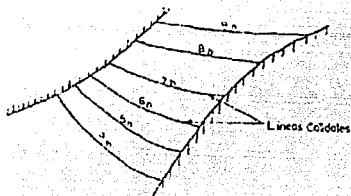
La marea es una onda, de tal forma que esta es la función periódica del tiempo y del espacio. la deformación de la superficie del mar esta caracterizada de la manera siguiente: el sitio de pleamar es llamado " líneas cotidales " de pleamar.

Las cartas de líneas cotidales gráficasadas en horas o medias horas, describen la forma de propagación de la marea en un mar.

Del mismo modo definen las líneas de igual amplitud y más raramente, puesto que en ellas son difíciles de trazar las líneas confluctuales, los lugares de puntos donde el flujo o el refluo son máximos, así como las líneas de igual velocidad.

Las rosas de corrientes permiten representar gráficamente las corrientes de mareas, sobre todo si estas corrientes son giratorias; una rosa de corrientes es la gráfica del vector velocidad, graduado en tiempo, en general en doceavos, del periodo de la marea; esta en general es elíptica, pero en ocasiones es de forma complicada en las vecindades de grandes irregularidades topograficas. Otra forma de representación de las corrientes es la grafica de variaciones de la intensidad de la velocidad y de su dirección en función del tiempo.

El modo de sucesión y de periodicidad de las mareas es muy diferente de un punto del globo terrestre al otro. Por lo que existen tres tipos de mareas principales y todas las variaciones intermedias.



VIII.6.1.1.- Marea semidiurna.

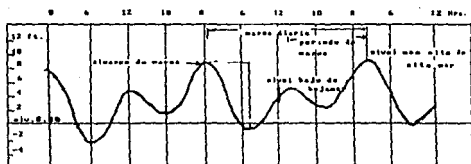
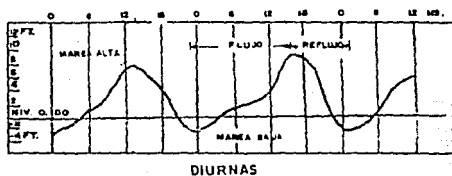
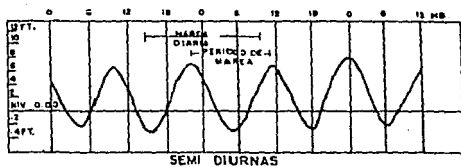
El período de dicha semidiurna lunar, vale en termino medio 12 horas 24 minutos, o sea que la mitad de la duración de dos pasajes consecutivos de la luna en el meridiano del lugar. Con un período de 14.5 días media lunación, se presentan mareas con amplitud semejantes; la altura máxima en el momento de la luna llena o de la luna nueva y son las llamadas aguas vivas; es mínima en el primero y ultimo cuadrante, llamadas aguas muertas. La altura de las aguas vivas y muertas varía con el curso del año. Por lo anterior, una marea semidiurna tiene dos pleamares y dos bajamares, más o menos regulares, en 24 hrs.

VIII.6.1.2.- Marea diurna.

El período de esta marea es de 24 horas; la altura esta modulada de acuerdo a la edad de la luna, tiene un pleamar y un bajamar, más o menos en 24 horas.

VIII.6.1.3.- Marea mixta.

Esta es una combinación de mareas diurna y semidiurnas, lo que conduce a las leyes de variación del nivel del agua muy complicada, tiene dos pleamares y dos bajamares irregulares. En lo que respecta a las costas mexicanas, se tiene mareas predominantemente del tipo diurnas del lado del Golfo de México, semidiurnas y mixtas en el litoral del pacífico. Ambas tienen una variación del orden de 1.00 a 1.50 mts., con excepción en la parte Norte del Golfo de Cortes en donde se encuentran variaciones hasta de 5.00 mts., por efecto de la forma de éste. En general las mareas maximas vivas de sicigeas se presentan en Primavera y Otoño; las muertas en sicigeas se presentan en Verano e Invierno.



VIII.6.2.- Las fuerzas generadoras de las mareas.

La principal fuerza generadora es la correlación entre el movimiento del mar y la posición de los astros, sobre todo del sol y la luna, lo cual es conocido desde hace mucho tiempo, sin embargo, las principales teorías que lo explican satisfactoriamente son debidas a la Place y a Newton. La hipótesis de base es que la atracción es proporcional a su masa e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia; entre los astros solo la luna y el sol tienen un efecto no despreciable, del mismo orden de su magnitud, sobre cada partícula de agua en la superficie de la tierra. Las partículas de agua situadas del lado donde se encuentra el astro, son por unidad de masa más atraídas por la tierra, por que estan más cerca del astro; aquellas que se encuentran del lado opuesto (sombra) son menos atraídas.

Esto resulta que la relación a la tierra, supuesta en primer aproximación inderformable, las moléculas del lado claro aparenta ser atraída hacia el astro, y las moléculas del lado de la noche aparentan ser atraídas hacia otro lado (bajando el nivel). Pero como la tierra gira, y como que cada molécula de agua conserva poco mas o menos la misma latitud durante una rotación, el agua sufre durante el día una atracción hacia el astro que tiende a alejarla del centro de la tierra y durante la noche una nueva atracción del astro que tiende nuevamente a alejarla del centro de la tierra.

Esto trae como resultado que la partícula de agua esta sometida a una fuerza que tiende a alejarla de la tierra y que pasa por dos máximos por día. El período fundamental de esta fuerza es por lo tanto un medio día.

Además en el curso del año la distancia del astro a la tierra varía de tal modo que esta fuerza es modulada anualmente.

Este período se produce en la misma forma tanto para el sol como para la luna, la cual tiene un efecto de 2 a 3 veces más fuerte que la del sol. Cuando la tierra el sol y la luna estan sensiblemente alineados (la luna nueva y la luna

llena), o sea en las fuerzas de atracción debidas a la luna y el sol concuerdan, la fuerza resultante es máxima, o sea " aguas vivas " al contrario en los períodos de cuadratura, las atracciones se contraponen, siendo la fuerza resultante la más débil, o sea que se tiene el caso de " aguas muertas " la fuerza generatriz de las mareas posee un caracter eminentemente periodico donde las componentes principales son las siguientes:

- Semidiurna lunar (12 horas 24 minutos) o solar (12 horas)
- Diurna (24 horas 50 minutos) ó 24 Horas.

Puesto que la atracción del día es más fuerte que la de la noche por el hecho de la variación de la distancia del astro.

- Mensual (29 días 12 horas 22 minutos), debido a la posición respectiva de la luna y del sol.
- Anual, a causa de la variación de la distancia de la tierra al sol y de la declinación de la tierra.

Uno se explica también los diferentes períodos observados y porque las mareas más fuertes tienen lugar en la luna llena de equinocio, ya que con el sol se encuentra lo más cercano de la tierra.

Estas son las mareas vivas excepcionales (sicigeas) serán cuando la acción del sol es contraria a la de la luna en el caso más extremo. Esta fuerza generadora periódica se ejerce sobre toda la superficie de la tierra, pero no a todas las partículas del agua tienen la misma respuesta.

Las estaciones que sirven para obtener el registro de la variación de la marea, se les puede clasificar en primarias o secundarias. Las primarias tienen instalaciones de tal magnitud que con ellas es posible hacer observaciones por un período grande, mientras que las secundarias realizan observaciones por espacio de tiempo relativamente corto ya

que dependen de las necesidades específicas de los proyectos de las obras portuarias.

VIII.6.3.- Los instrumentos destinados a la medición de la altura de mareas en sus diferentes fases, pueden clasificarse en mareómetros y mareógrafos.

VIII.6.3.1.- Los mareómetros o reglas de marea.

Son indicadores del tipo más común y corriente, sin ningún mecanismo de registro automático de las alturas de mareas, y consecuentemente requieren de una persona encargada de hacer una lectura, en intervalos de tiempos fijados de acuerdo a las necesidades propias del lugar. Consiste en una escala graduada la cuál es conveniente fijar en un lugar seguro, que bien puede ser un pilote del muelle, algún macizo rocoso, o teniéndose que instalarse en mar abierto se recurre al auxilio de una torre metálica. La longitud de dichas escalas quedara en función de la variación máxima que la marea pueda tener en el lugar en que se trate.

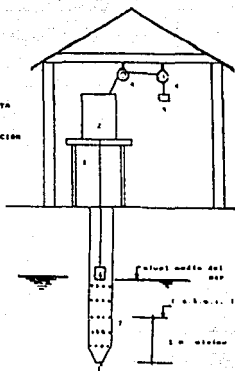
VIII.6.3.2.- Mareógrafos.

Están constituidos esencialmente de un mecanismo automático, por medio del cual se lleva el registro del nivel del agua y en forma constante en las diferentes fases de la marea la autonomía del aparato es variable aunque normalmente es de 24 horas. El conocimiento de las variaciones de la marea, es de tipo vital importancia para el diseño de casi cualquier tipo de obra marítima.

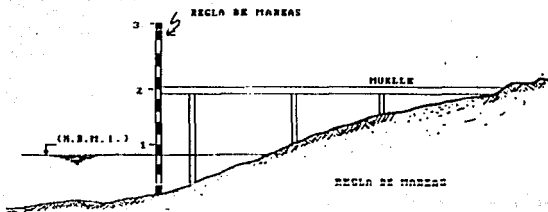
VIII.6.4.- Mareas de viento.

Es un acumulamiento de agua en una zona cerrada y baja (un lago o laguna), motivada por el viento al soplar sobre la superficie del agua además de generar un oleaje, induce una corriente superficial en la dirección general de su movimiento y ocasiona una sobre elevación de la masa del agua del lado contrario a aquel de donde viene el viento; cuando este acumulamiento se efectúa en el mar se conoce como " oscilación de tormenta ".

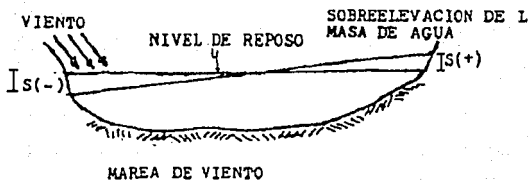
- 1 MESA PARA SOSTENER EL MAREOGRAFO
- 2 MAREOGRAFO ESTIMADA
- 3 CILINDRO DE SUBSICION
- 4 PALANCA FIJA AL TECHO DE LA CAJETA
- 5 CONTRAPESO
- 6 TUBO DE LATA
- 7 TUBO DE 12" TRATADO CONTRA LA ACCION DEL MAR



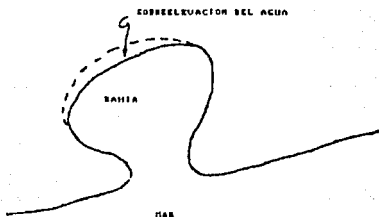
MAREOGRAFO



Sea un vaso de almacenamiento cualquiera, de manera tal que este actuando el viento, se tendra:



Como se puede observar, en la figura anterior el agua tiene una sobreelevación del otro extremo donde sopla el viento, formandose así una nueva superficie de ella. En el mar el apilamiento sucedera de la siguiente manera:



El efecto de la rugosidad sobre la amplitud de la marea de viento, es función de la profundidad del recipiente y del tipo del fondo (rugoso o liso), entre los métodos para calcular dicha sobreelevación se encuentran los siguientes:

Hellstrom, Keulegan, Bretschneider y Thisse.

La formula de Bretschneider es la siguiente:

$$S = N \frac{K V^2 F}{2 G H} \cos \theta$$

S = sobreelevación del nivel del agua en la frontera hacia la cual sopla el viento.

K = constante adimensional relacionada con el esfuerzo cortante, con un valor de $3.3 \cdot 10^{-6}$.

V = velocidad media del viento, en m /seg.

F = longitud efectiva del fetch, en m

H = profundidad media del embalse en el área del fetch, en metros.

θ = ángulo formado por la dirección del viento y el fetch, en grados.

N = coeficiente que depende de la configuración del embalse (Triángular o rectangular).

G = fuerza de gravedad, en m/seg^2 .

ejemplo:

Datos

$$N = 1$$

$$K = 3.3 \cdot 10^{-6}$$

$$V = 1.58 \text{ m/seg}$$

$$F = 27.65 \text{ km}$$

$$G = 9.81 \text{ m/seg}^2$$

$$H = 8.00 \text{ m}$$

$$\theta = 60^\circ$$

$$S = (1) \frac{ (3.3 \cdot 10^{-6}) (1.58)^2 (27.650) }{ 2 (9.81) (8.00) } \cos 60^\circ$$

$$S = 1.4512 \cdot 10^{-3} \cos 60^\circ$$

$$S = 7.256 \cdot 10^{-4}$$

Es conveniente separar dos términos: sobre elevación de tormenta (Storm surge) y marea de tormenta (Storm tide). La primera corresponde a la diferencia entre marea astronómica normal y la observada durante el meteoro; la segunda a la marea observada durante un huracán.

La marea de tormenta se inicia con una sobre elevación gradual del nivel algunas veces más de 24 horas antes de que la tormenta alcance su distancia mínima al lugar.

Ocasionalmente la marea llega a ser menor que la normal durante el lapso en que se aproxima la tormenta, sigue una rápida elevación del nivel conforme se dejan sentir los vientos de cierta magnitud. El punto de elevación máxima se presenta 1 ó 2 horas después de que la tormenta alcanzo la mínima distancia al sitio en cuestión.

Se ha observado que la marea de tormenta es mayor en regiones en las cuales la plataforma continental es más plana.

El fenómeno de las mareas, en el caso del Golfo de México no es tan importante para el caso que se analiza, esto se debe fundamentalmente a los rangos de marea que se presentan son relativamente pequeños e incapaces de generar corrientes importantes en el área.

Este fenómeno ha sido medido por el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M. y para el puerto de Coatzacoalcos proporciona los siguientes datos:

Tipo de marea mixta

| | |
|----------------------------|------------|
| Pleamar máxima registrada | 0.813 m. |
| Nivel de pleamar media | 0.191 m. |
| Nivel medio del mar | 0.000 m. |
| Nivel media marea | - 0.039 m |
| Nivel de bajamar media | - 0.265 m |
| Bajamar mínima registrasda | - 0.772 m. |

Como información complementaria de un análisis probabilístico A. H. Glenn establece los siguientes datos:

Huracán con probabilidad de ocurrencia de 100 años

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Nivel de marea astronómica máxima | 0.762 m. |
| Nivel de marea de tormenta | 1.433 m. |
| Nivel de marea Total | 2.195 m. |

Norte máximo con probabilidad de ocurrencia de 100 años

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Nivel de marea astronómica máxima | 0.762 m. |
| Nivel de marea de tormenta | 1.219 m. |
| Nivel de marea Total | 1.981 m. |

Lo anterior nos indica que los niveles del mar podrían incrementarse en las cantidades expresadas anteriormente con los vientos que producen los huracanes o nortes en esa región del Golfo de México.

VIII.7.- Acarreos litorales.

Este fenómeno es de vital importancia para el problema que se pretende resolver en estudio. Los movimientos de la arena, así como el comportamiento del perfil de la playa y su configuración en planta, nos indicarán la posibilidad o no de tirar material producto del dragado de ella.

El transporte litoral de la zona es bajo, situación que se ve mostrada por la poca acumulación del material en las escolleras del río Coatzacoalcos.

Por otro lado la tendencia del arrastre es siempre hacia el Este siendo mayor el transporte conforme nos movemos hacia

el Oeste disminuyendo hacia el Este.

Tambien se nota que en los puntos de la playa del Oeste hay discontinuidad en el transporte lo cual explica el hecho que en esta zona no es muy rectilínea y regular. En general se puede decir que el transporte litoral en esta zona es del orden de 20 a 30 mil metros cubicos anuales, presentandose los máximos en otoño e invierno y los mínimos en primavera y verano.

IX.- Tipos de muelles.

Tomando en cuenta los terrenos que Pemex tiene en las margenes, Sur, Norte, Este y Oeste de la laguna de pajaritos, el total de metros lineales de contacto con el agua asciende a 5650.00 metros aproximadamente.

Si se considera que esta terminal se proyecta al futuro, para una longitud de atraque de 7848.00 metros se llega a la conclusión de que las propiedades de Pemex son insuficientes a menos que se construya dársenas mediante dragado para aumentar la longitud utilizable, caso de la futura ampliación que se encuentra en proceso.

Por las razones anteriores se decidió disponer los muelles de la terminal en espigón normales a las margenes Sur y Norte de la laguna, con la cual en una longitud menor del ahorro indiscutible de terreno se cubren las necesidades de atraque.

Además de este ahorro se tiene las siguientes ventajas por mencionar algunas:

- 1).- Al concentrar en una zona reducida pero dentro de las normas de seguridad; existe un mayor control en las operaciones en beneficio de un mejor servicio.
- 2).- Con una inversión ligeramente superior a la requerida, para la construcción de un muelle tipo " T ", para el atraque de una sola embarcación, en un muelle en espigón es posible el atraque de 2 embarcaciones simultáneas.
- 3).- La orientación de los muelles Norte-Sur que es la de los vientos dominantes permite que la embarcación atracada presente menor superficie al viento, lo cual tiene ventaja de importancia al efectuar las maniobras de atraque y desatraque con mayor facilidad, transmitiendo menores esfuerzos a la estructura del muelle.

La misma planeación que se esta efectuando para la ampliación de la terminal marítima, es aprovechar el lado

Este para los muelles marginales que operarán productos petroquímicos debido a la cercanía de los complejos petroquímicos " La Cangrejera " y el " Morelos ".

IX.1.- Descripción de los muelles.

Los muelles de esta terminal, tanto en operación, y en futuro se requieren para cubrir una necesidad en un lapso no menor de 20 años. Actualmente se tiene construidos 4 muelles tipo espigón, en el lado Sur de la laguna con un tonelaje máximo de diseño de 20,000; 40,000 y dos de 50,000 T.P.M., en la margen Oeste están construidos dos muelles marginales con un peso máximo de diseño de 50,000 T.P.M. cada uno, así como un futuro muelle tipo " T " con un tonelaje máximo de diseño de 50,000 T.P.M.

En la margen Norte se construyeron tres muelles con un tonelaje máximo de diseño de 80,000 T.P.M. cada uno y de tipo de espigón, y en un futuro se construirán tres muelles más de tipo de espigón de las mismas características de los anteriores.

En el margen Este de la laguna se tienen planeados 1,000 metros de muelles marginales para un tonelaje máximo de diseño de 50,000 T.P.M.

IX.1.1.- Memoria descriptiva del muelle No. 1

En Enero de 1970 se inicia la obra de construcción del muelle No. 1 localizado en las siguientes coordenadas: Coordenada del eje del muelle E - 1+702.91, coordenadas de principio y terminación del muelle S '- 54+882.05 y S - 54+615.73 respectivamente con una longitud total de 266.43 mts.

Este tipo de muelle es en espigón y es para recibir Buques-tanque hasta de 20,000 T.P.M., con una eslora máxima de 170.00 mts., los productos que opera dicho muelle son de tipo petroquímicos y gases licuados, el calado oficial en ambas bandas es de 14 metros, está provisto de paramentos de

atraque, una plataforma de operación de 18.00 mts. de ancho x 20.00 mts. de largo, dos plataformas de atraque de 20.00 mts. de ancho x 10.00 mts. de largo, dos duques de alba de 18.00 mts. de ancho x 8.00 mts. de largo, un duque de alba de 10.50 mts. de ancho x 10.50 mts. de largo y un duque de amarre de 8.00 x 8.00 mts.

Dentro de la plataforma de operación se cuenta con garzas de 6" f para manejo de etileno y mangueras para productos petroquímicos.

En Mayo de 1972 entra en operación el muelle No. 1 para dar servicio a los barcos.

El muelle No. 1 cuenta con un rack de tuberías en la banda Este a base de estructura de concreto y perfiles metálicos Tipo I, en la cama inferior se cuenta con los siguientes servicios:

| Servicio | Diámetro | Recubrimiento | Cama |
|-------------------|-------------------|---------------------|------|
| Etileno liquido | 12" f A. inox. | Aislamiento Termico | inf. |
| Etileno vapor | 6" f A. inox. | Aislamiento Termico | inf. |
| Etileno liquido | 4" f A. inox. | Aislamiento Termico | inf. |
| Contra-incendio | 8" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | inf. |
| Barrido de gases | 6" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | inf. |
| Cloruro de vinilo | 8" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | inf. |
| Nitrogeno gas | 1 1/2" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | inf. |
| Diesel | 8" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | inf. |
| Agua potable | 4" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | inf. |
| Agua de servicio | 4" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | inf. |
| Aire de servicio | 2" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | inf. |

| Servicio | Diámetro | Recubrimiento | Cama |
|------------|----------------|---------------------|------|
| L.P.G.C. | 10" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | sup. |
| Ortoxileno | 10" f A. carb. | RP-4, RP-7, RP-22. | sup. |
| Amoniaco | 12" f A. carb. | Aislamiento termico | sup. |
| Propileno | 6" f A. carb. | RP-4, RP-7, RA-22. | sup. |
| N-300 | 10" f A. carb. | RP-4, RP-7, RA-22. | sup. |
| Paraxileno | 10" f A. carb. | RP-4, RP-7, RA-22. | sup. |
| NH3 vapor | 6" f A. carb. | RP-4, RP-7, RA-22. | sup. |

El muelle cuenta con tres torretas estructurales con tuberías de 4" f y con monitores que se operan manualmente, dos luces situadas en la cabeza del muelle, el sistema de alumbrado se compone de 12 postes distribuidos a lo largo del muelle, 7 ganchos de escape dobles y 2 de ganchos sencillos con capacidad de 80 toneladas, 8 defensas circulares tipo HI- 50T, 1 plataforma de garzas en bases de perfiles estructurales, 1 caseta de operación de garzas y 4 hidrantes en la banda Este.

IX.1.2.- Memoria descriptiva del muelle No. 2

Idem al anterior pero de capacidad de 50,000 T.P.M.

IX.1.3.- Memoria descriptiva del muelle No. 3

Idem al anterior pero de capacidad de 50,000 T.P.M.

IX.1.4.- Memoria descriptiva del muelle No. 4

Este muelle se encuentra localizado sobre la coordenada E - 1081.51 y coordenadas de principio a terminación S -

4615.735 y S - 4967.235 respectivamente, teniendo una longitud total de 351.50 mts., y se encuentra formado por las partes siguientes:

IX.1.4.1.- Plataforma de operación y amarre

Las dimensiones en planta de la plataforma son: en el sentido longitudinal de 35.00 mts., en el sentido transversal de 30.00 mts. formando así un área de 1050.00 m². la cual se apoya sobre 80 pilotes de concreto armado con una longitud de 28.00 mts. y 0.45 x 0.45 mts., de sección; esta parte integrante del muelle se encuentra localizada a 172.50 mts. hacia el Norte a partir de la entrada del mismo; dicha plataforma cuenta con las partes siguientes:

IX.1.4.1.1.- Cuatro ganchos de escapes sencillos del tipo 180-107-100 con una capacidad de 390 tons., los cuales se encuentran colocados en las cuatro esquinas de la plataforma.

IX.1.4.1.2.- Cuatro torres contra-incendio con una altura de 6.00 mts., hasta la plataforma de operación de la misma y se encuentran localizadas inmediatamente de los ganchos de escape.

IX.1.4.1.3.- Cuatro arbotantes para alumbrado con lámparas de vapor de sodio de 400 watts, alimentadas por 440 volts.

IX.1.4.1.4.- Dos casetas de control, las cuales se localizan sobre la banda Este y Oeste de la plataforma.

IX.1.4.2.- Duques de alba de amarre.

Los Duques de Alba de Amarre que integran el muelle son seis; tres hacia el lado Norte y tres hacia el lado Sur, tomando como referencia la plataforma de operación y se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

IX.1.4.2.1.- Duque de Alba No. 1.

Este duque se encuentra localizado a 125.50 mts. del paramento Sur de la plataforma de operación; y cuenta con una longitud de 8.00 mts., en el sentido transversal, formando así un área de 144.00 m². a su vez se encuentra apoyado sobre 48 pilotes de concreto armado con una longitud de 26.50 mts y 0.45 x 0.45 mts. de sección; dicho duque cuenta con los elementos siguientes:

a).- Dos ganchos de escape dobles tipo Seebeck 180-107-100 con una capacidad de 390 tons., en su base, los cuales se localizan sobre las bandas Este y Oeste del duque.

b).- Un hidrante de la línea de contra-incendio, el cual se localiza sobre la banda Este del duque.

c).- Dos arbotantes con lámparas de vapor de sodio de 400 watts alimentadas por 440 volts, los cuales se localizan sobre la banda Este y Oeste del duque.

d).- Cuatro defensas de hule para atraque tipo H - 200 x 1500.

IX.1.4.2.2.- Duque de alba No. 2.

Este duque se encuentra localizado a 83.50 mts. del paramento Sur de la plataforma de operación y cuenta con una longitud de 8.00 mts. en el sentido longitudinal y 18 mts. en el sentido transversal, formando así un área de 144.00 m². a su vez se encuentra apoyado sobre 32 pilotes de concreto armado con una longitud de 26.50 mts. y de 0.45 x 0.45 mts. de sección; dicho duque cuenta con los elementos siguientes:

a).- Dos ganchos de escape sencillos tipo Seebeck 180-107-100 con una capacidad de 180 tons., en su base, los cuales se localizan sobre las bandas Este y Oeste del duque.

b).- Un hidrante de la línea de contra-incendio, el cual se localiza sobre la banda Este del duque.

c).- Dos postes metálicos con luminarias de vapor de sodio de 400 watts alimentadas por 440 volts, los cuales se localizan sobre la banda Este y Oeste del duque.

d).- Cuatro defensas de hule para atraque tipo H - 200 x 1500, dos por cada banda.

IX.1.4.2.3.- Duque de alba No. 3.

Este duque se encuentra localizado a 59.50 mts. del paramento Sur de la plataforma de operación y cuenta con un área de 144.00 m². se encuentra apoyado sobre 28 pilotes de concreto armado con una longitud de 26.50 mts. y de 0.45 x 0.45 mts. de sección; dicho duque cuenta con los elementos siguientes:

a).- Dos ganchos de escape sencillos tipo Seebeck 180-107-100 con una capacidad de 180 tons., en su base, los cuales se localizan sobre las bandas Este y Oeste del duque.

b).- Un hidrante de la línea de contra-incendio, el cual se localiza sobre la banda Este del duque.

c).- Dos postes metálicos con luminarias de vapor de sodio de 400 watts alimentadas por 440 volts, los cuales se localizan sobre la banda Este y Oeste del duque.

d).- Cuatro defensas de hule para atraque tipo H-200x 1500, dos por cada banda.

IX.1.4.2.4.- Duque de alba No. 4.

Este duque se encuentra localizado a 63.50 mts. del paramento Norte de la plataforma de operación y cuenta con

un área de 169.00 m². se encuentra apoyado sobre 20 pilotes de concreto armado con una longitud de 30.00 mts., y de 0.45 x 0.45 mts., de sección; dicho duque cuenta con los elementos siguientes:

a).- Dos ganchos de escape sencillos tipo Seebeck 180-107-100 con una capacidad de 180 tons., en su base, los cuales se localizan sobre las bandas Este y Oeste del duque.

b).- Un hidrante de la línea de contra-incendio, el cual se localiza sobre la banda Este del duque.

c).- Dos postes metálicos con luminarias de vapor de sodio de 400 watts alimentadas por 440 volts, los cuales se localizan sobre la banda Este y Oeste del duque.

d).- Cuatro defensas de hule para atraque tipo H-200x 1500, dos por cada banda.

IX.1.4.2.5.- Duque de alba No. 5.

De las mismas características del Duque de Alba No.4.

IX.1.4.2.6.- Duque de alba No. 6.

Este duque se encuentra localizado a 127.50 mts. del paramento Norte de la plataforma de operación y cuenta con un área de 169.00 m². se encuentra apoyado sobre 26 pilotes de concreto armado con una longitud de 30.00 mts., y de 0.45 x 0.45 mts. de sección; dicho duque cuenta con los elementos siguientes:

a).- Un gancho de escape cuádruple marca Seebeck tipo 180-107-100, con una capacidad de 650 tons. en su base, y se localiza en el centro del duque.

b).- Un hidrante de la línea de contra-incendio, el cual se

localiza sobre la banda Este del duque.

c).- Dos postes metálicos con luminarias de vapor de sodio de 400 watts alimentadas por 440 volts, los cuales se localizan sobre la banda Este y Oeste del duque.

d).- Una caseta de 1.50 x 1.50 mts. que aloja en su interior dos rectificadores-cargadores y dos bancos de baterías, los cuales se utilizan para proporcionar energía a las luces de situación.

e).- Dos postes metálicos de 4.00 mts., de altura en cuyo extremo superior se localizan las luminarias de señalización; quedando el verde en la banda Este y el rojo en la banda Oeste.

f).- Seis defensas de hule marca Bridgestone tipo H-200 x 1500, dos defensas de borneo marca Bridgestone tipo D2-180-60.

IX.1.4.3.- Plataforma de atraque Nos. 1 y 2.

IX.1.4.3.1.- Plataforma de atraque No. 1.

Esta se encuentra a 13.50 mts., del paramento Sur de la plataforma de operación; sus dimensiones son de 20.00 x 32.00 mts., formando así un área de 640 m², apoyada sobre 76 pilotes de 28.00 mts., de longitud y 0.45 x 0.45 mts. de sección; cuenta con los elementos siguientes:

a).- Cuatro ganchos de escape sencillos, marca Seebeck 100-108-155, con una capacidad de 100 tons., en su base, y localizados uno en cada esquina de la plataforma.

b).- Una torre de contra-incendio de 6.00 mts. de altura localizada en la banda Este.

c).- Dos postes metálicos con luminarias de vapor de sodio de 400 watts y 440 volts.

d).- Seis defensas de hule tipo H - 600 x 2500 marca brigdestone.

IX.1.4.3.2.- Plataforma de atraque No. 2.

Se encuentra a 13.50 mts. del paramento Norte de la plataforma de operación; sus dimensiones son de 20.00 x 32.00 mts., formando así un área de 640 m², esta apoyada sobre 76 pilotes de 30.00 mts., de longitud y 0.45 x 0.45 mts. de sección; cuenta con los elementos siguientes:

a).- Cuatro ganchos de escape sencillos, marca Seebeck 100-108-155, con una capacidad de 100 tons., en su base, y localizados uno en cada esquina de la plataforma.

b).- Una torre de contra-incendio de 6.00mts., de altura localizada en la banda Este.

c).- Dos postes metálicos con luminarias de vapor de sodio de 400 watts y 440 volts.

d).- Seis defensas de hule tipo H-600 x 2500 marca brigdestone.

IX.1.4.4.- Productos que se manejan en este muelle.

IX.1.4.4.1.- Primer lecho de tuberías (inferior) en las bandas Este y Oeste.

| | |
|----------|-------------------|
| Crudo | en línea de 24" f |
| lastre | en línea de 24" f |
| Gasolina | en línea de 10" f |

| | |
|----------------------|-------------------|
| Kerosina | en línea de 12" f |
| Diesel | en línea de 12" f |
| Agua contra-incendio | en línea de 12" f |

IX.1.4.4.2.- Segundo lecho de tuberías (superior) en las bandas Este y Oeste.

| | |
|--------------|-------------------|
| Combustóleo | en línea de 24" f |
| Vapor | en línea de 8" f |
| Agua tratada | en línea de 6" f |
| Agua cruda | en línea de 6" f |
| Económico | en línea de 6" f |
| Aire | en línea de 6" f |

Estas líneas de tuberías van desde el acceso de entrada al muelle hasta la plataforma de operación en donde descargan a los buque-tanques por medio de garzas marinas y controlandose por medio de válvulas ubicadas en los cabezales de tuberías.

IX.1.4.5.- Sistema de alumbrado y fuerza.

El muelle cuenta con 20 postes metálicos con luminarias de vapor de sodio de 400 w. y 440 volts, los cuales proporcionan el alumbrado necesario al muelle. Además cuenta con dos bombas eléctricas de 5 H.P., localizadas en la plataforma de operación, que sirven para vaciar los tanques recuperados. En el duque de alba No. 6 se localiza un cuarto de baterías, en el que se aloja el equipo rectificador-cargador de las luces de situación.

IX.1.4.6.- Sistemas de tierras.

Todas las tuberías de productos se encuentran conectadas a la red general de tierras del muelle, mismo que se encuentra aterrizado por medio de dos varillas copperweld, de 3.00 de longitud ubicadas en el acceso Oeste hacia el lado Este; así todos los postes de alumbrado y torres de contra-incendio están conectados a la misma red. En la plataforma de operación, en los paramentos Este y Oeste se encuentran dos tramos de 50.00 m., cada uno de termaflex, para aterrizar los buques-tanque a tierra.

IX.1.4.7.- Equipo de carga a los barcos (garzas marinas).

Este muelle cuenta con cinco garzas de 12" f y dos de 8" f por cada banda. Estos equipos están conectados a un sistema hidráulico con la finalidad de poder operar en forma automática o manual.

Este sistema se compone de tres consolas, las cuales son:

IX.1.4.7.1.- Consola de potencia.

La cual tiene un motor de 15 H.P., acoplado a una bomba, cuya finalidad es suministrar el fluido hidráulico a cada una de las garzas para su operación automática. El motor eléctrico es accionado por medio de un arrancador que se localiza en el cuarto de control.

IX.1.4.7.2.- Consola de mando.

Esta se localiza en el cuarto de control y tiene tres válvulas direccionales, las cuales son las encargadas de dar el paso al fluido hidráulico para obtener distintos movimientos de los brazos exteriores e interiores.

IX.1.4.7.3.- Consola de control.

Esta se localiza al pie de cada una de las garzas, tiene tres válvulas selenoides, cuya función es permitir el paso

del fluido hidráulico a los cilindros que proporcionan el movimiento a las garzas.

IX.1.5.- Memoria descriptiva del muelle No. 5.

En Diciembre de 1978 se inicio la construcción del muelle No. 5 y terminando su construcción en Enero de 1980, cuya ubicación es: coordenada del eje del muelle E - 0894.00, coordenadas de principio y terminación del muelle S - 4788.00 y 4558.00 para tener una longitud de 230.00 metros.

El muelle tiene una capacidad para recibir buques-tanque de 55,000 T.P.M., teniendo una eslora máxima de 215.00 metros.

Este muelle es de tipo marginal soportado por pilotes de concreto armado de 0.40 * 0.40 * 25.00 metros.

El muelle cuenta con tres garzas de 12" f de acero al carbón (dando servicio de crudo y combustóleo para una misma garza, diesel y gasolina para otra, turbosina para la otra.) y dos garzas de 10" f de acero al carbón.

El muelle No. 5 cuenta con un rack de tuberías en la banda Oeste a base de estructura de concreto y cuenta con los siguientes servicios:

| Servicios | Diámetro | Recubrimiento | Cama |
|-------------|-----------------|-------------------|------|
| Crudo | 24" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |
| Combustóleo | 24" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |
| Lastre | 18" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |
| Diesel | 14" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |
| Gasolina | 14" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |

| | | |
|--------------|-----------------|------------------------|
| Aromina | 14" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 inf. |
| Acetaldehido | 10" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 inf. |

El muelle cuenta con dos torres contra-incendio dos monitores de manejo manual, una caseta de control, un banco de garzas (manejo manual), cinco defensas circulares A - 250 hule tipo fijo, el sistema de amarre es a base de bitas ya que los ganchos de amarre serán a futuro.

El muelle cuenta también con los servicios auxiliares de agua cruda, alumbrado, servicio telefónico, las luces de situación no existentes.

IX.1.6.- Memoria descriptiva del muelle No. 6.

La construcción del muelle se inicia en Julio de 1979 y se concluye en Enero de 1981 cuya ubicación es: coordenada del eje del muelle E 0897.00, coordenadas de principio y terminación del muelle S - 4558.00 y S - 4328.00 teniendo un total de 230 metros.

Este muelle es de tipo marginal soportado sobre pilotes de concreto reforzado de 0.40 * 0.40 * 25.00 metros de largo y tubulares de 24" f * 0.5" de espesor, teniendo una capacidad para recibir buques-tanque de hasta 60,000 T.P.M., con un área de calado de 39 pies (13 metros) del lado Este y teniendo una eslora máxima actual de 215.00 metros.

El muelle cuenta con los siguientes servicios:

1 garza de 12" f de acero al carbón (manejo manual) que es para el servicio de crudo

1 garza de 10" f de acero al carbón (manejo manual) que es para el servicio de lastre.

2 torres contra-incendio.

2 monitores que son operadas manualmente.

Este muelle cuenta con un rack de tuberías en la banda Oeste a base de mochetas de concreto formando una sola cama y los productos con los que cuenta el muelle son:

| Servicios | Diámetro | Recubrimiento | Cama |
|-----------|-----------------|-------------------|------|
| Crudo | 30" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |
| Lastre | 16" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |

El muelle cuenta con cinco defensas circulares tipo A -250 de hule tipo fijo, el sistema de amarre es de bitas, no cuenta con luces de situación. También cuenta con los servicios auxiliares de agua cruda, corriente eléctrica y alumbrado.

IX.1.7.- Memoria descriptiva del muelle No. 7.

En Noviembre de 1981 se inicia la construcción y terminando en Mayo de 1982, localizado en las siguientes coordenadas del eje del muelle E -1399.00, coordenadas principio y terminación del muelle S - 3767.00 y S - 4147.00 con una longitud de 380.00 metros.

Este tipo de muelle es de " Espigón " soportado en pilotes tubulares de acero de 48" f * 1 1/2 " y 2" de espesor y de 24" f * 1/2" de espesor, cuenta también con una estructura de concreto reforzado, traveses pre-esforzadas, piezas precoladas (para viaductos), y elementos estructurales prefabricados.

La capacidad del muelle es para recibir buques-tanque hasta de 80,000 T.P.M., teniendo una eslora máxima de 255.00 metros.

Los productos que opera el muelle son de tipos negros, su calado oficial es de 39 pies en ambas bandas, esta provisto de paramentos de atraque como:

1 plataforma de operaciones de 40.00 * 40.00 mts.

4 plataforma de atraque de 10.00 * 4.80 mts., (perfiles estructurales prefabricados).

2 duques de alba de 12.00 * 16.00 mts.

2 duques de alba de 12.00 * 12.00 mts.

Dentro de la plataforma de operaciones se cuenta con cinco garzas de 24" f a 16" f , cuatro garzas de 24" f a 12" f , dos garzas de 16" f a 8" f .

El muelle cuenta con dos rack de tuberías, una por banda a base de mochetas de concreto soportadas sobre pilotes tubulares de 24" f, dos casetas de control, dos plataformas de operación de garzas a base de estructura metálica con canales del No. 8 y rejilla irving, cuatro torres contra-incendio, dieciseis defensas circulares en la plataforma de operaciones de tipo HI - 1500 y veinticuatro defensas circulares en los duques de alba de tipo H - 200, dos defensas de borneo, el sistema de amarre es a base de bitas en forma provisional que se cambiarán por ganchos de escape.

El muelle cuenta también con los servicios auxiliares de alumbrado, luces de situación ubicadas en la cabeza del muelle.

Los productos con los que cuenta el muelle son:

| Servicios | Diámetro | Recubrimiento | Cama |
|-------------|-----------------|-------------------|------|
| Crudo | 24" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |
| Combustóleo | 24" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |

IX.1.8.- Memoria descriptiva del muelle No. 8.

Muelle No. 8 a futuro.

IX.1.9.- Memoria descriptiva del muelle No. 9.

La construcción se inicia en Enero de 1982 concluyendose en Diciembre de 1982, localizado en las siguientes coordenadas del eje del muelle E -1410.63, coordenadas principio y terminación del muelle S - 3767.00 y S - 4147.00 con una longitud de 380.00 metros.

Este tipo de muelle es de " Espigón " soportado en pilotes tubulares de acero de 48" f * 1 1/2 " y 2" de espesor y de 24" f * 1/2" de espesor, cuenta también con una estructura de concreto reforzado, trabes pre-esforzadas, piezas precoladas (para viaductos), y elementos estructurales prefabricados.

La capacidad del muelle es para recibir buques-tanque hasta de 80,000 T.P.M., teniendo una eslora máxima de 225.00 metros. Los productos que opera el muelle son de tipos negros, su calado oficial es de 39 pies en ambas bandas, esta previsto de paramentos de atraque como:

1 plataforma de operaciones de 40.00 * 40.00 mts.

4 plataforma de atraque de 10.00 * 4.80 mts., (perfiles estructurales prefabricados).

2 duques de alba de 12.00 * 6.00 mts.

2 duques de alba de 12.00 * 12.00 mts.

Dentro de la plataforma de operaciones cuenta con cuatro garzas en ambas bandas de las cuales hay cuatro piezas de 16" f, tres piezas de 12" f, una pieza de 8" f. También tiene dos casetas de control, dos plataformas de operaciones de garzas, cuatro torres contra-incendio con monitores e hidrantes, dieciseis defensas circulares de tipo HI - C 50, sobre los duques de alba se encuentran veinticuatro defensas circulares tipo HI - C 50 y dos defensas de borneo a la cabeza del muelle.

La base de estructuras metálicas con canales del No. 8, el sistema de amarre es por medio de bitas en forma provisional que se cambiarán por ganchos de escape rápido a futuro, dentro de los servicios auxiliares del muelle se cuenta con alumbrado, luces de situación, ubicadas en la cabeza del muelle; una consola para control de monitores sobre las torres contra-incendio, también se cuenta con un sistema de aspersores en ambas bandas.

| Servicios | Diámetro | Recubrimiento | Cama |
|-------------|-----------------|-------------------|------|
| Crudo | 24" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |
| Combustóleo | 24" f A. carbón | RP-4, RP-7, RA-22 | inf. |

IX.1.10.- Descripción del muelle No. 10.

Muelle No. 10 a futuro.

IX.1.11.- Descripción del muelle No. 11.

Idem al Muelle No. 9 pero con diferentes coordenadas.

IX.1.12.- Descripción del muelle No. 12.

Muelle No. 12 a futuro.

IX.1.13.- Descripción del Muelle No. 13

Muelle No. 13 a futuro.

IX.1.14.- Descripción del muelle No. 14.

El proyecto consiste en un muelle de tipo marginal ubicado en las coordenadas N - 1700.00, N - 2200.00 y con un paramento de atraque en W - 0250.00, de 500 mts., de

longitud y un ancho de 20.00 mts., en la plataforma.

El tonelaje de las embarcaciones que atracarán es de 35,000 T.P.M., y los productos que operará son: etileno, propileno, butadieno, isobutano e isobutilenos.

La elevación del dragado será de - 12.50 mts., la carga vertical a considerar en el diseño sera de 2.5 Ton/m², uniformemente distribuida en toda la plataforma.

Nota: la información proporcionada por la residencia de Pemex en la firma de ingeniería que desarrolla el proyecto fué escasa, ya que se desconocen las fuerzas de amarre y la velocidad del viento de diseño, etc.; además los datos descriptos anteriormente fueron proporcionados como preliminares.

X.- Diseño del muelle.

X.1.- Empleo de pilotes.

En general los pilotes son elementos que se utilizan para transmitir las cargas de una estructura a estratos profundos más resistentes que los manto superficiales, o bien cuando la estructura deba construirse en un sitio abierto por agua. Los pilotes pueden clasificarse atendiendo a diferentes causas.

a) Respecto a sus materiales empleados en su elaboración:

- 1.- De madera
- 2.- Deconcreto pre-forzado.
- 3.- De acero.
- 4.- De concreto simple.
- 5.- De concreto reforzado.
- 6.- Mixto.

b).- Respecto al lugar de su construcción:

1.- Prefabricados: cuando el pilote se fabrica en lugar distinto al de su hincado.

2.- Fabricado en el lugar de hincado.

c).- Respecto a la sección transversal

1.- Hueca.

2.- Maciza.

d) Respecto a su apoyo.

1.- Pilotes de fricción; cuando la mayor parte de la carga del pilote se transmite al terreno por fricción

2.- Pilotes de punta; cuando la mayor parte de la carga del pilote se transmite por apoyo directo del extremo del pilote a un manto resistente.

3.- Pilotes de apoyo mixto; cuando parte de la carga del pilote se transmite al terreno por fricción y el resto por apoyo directo.

e).- Respecto a su dirección.

1.- Pilotes verticales.

2.- Pilotes inclinados.

Criterios para el cálculo de la capacidad de carga de un pilote.

Existen dos procedimientos básicos para estimar la carga última, y en consecuencia la carga de trabajo, que puede soportar el pilote.

El método estático.

El método dinámico.

El método estático considera la resistencia por apoyo de la punta y en la resistencia por fricción en la superficie lateral del pilote.

El método dinámico se basa en el trabajo que se requiere para hincar el pilote por los golpes de un martinete, los factores que intervienen en la estimación de la capacidad de carga de un pilote por el método dinámico son muy diversos y muy complejos, lo que ha hecho que se propongan un gran número de fórmulas semi-empíricas.

X.1.1.- Capacidad del pilote por resistencia del terreno.

$$C_p = 200 A = 200 (0.286) = 57.2 \text{ ton}$$

Nº de pilotes por cargas permanentes.

$$\# \text{ pilotes} = \frac{1900}{57.2} \Rightarrow \frac{\text{Cargas permanentes verticales.}}{\text{Capacidad del pilote}}$$

$$\# \text{ pilotes} = 33.21 \approx 34$$

propiedades del pilote de 24" x 1/2" de espesor

$$I = \frac{\pi (d^4 - d_1^4)}{64} = 107\,893 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{\pi (d^4 - d_1^4)}{64} = 3537.47 \text{ cm}^4 \rightarrow 0.353747 \text{ cm}^2$$

Momento resistente del pilote

$$M_R = S F_y = 0.353747 \times 2206.15 = 780.41 \text{ kg}$$

$$F_y = 52000 \text{ lb} / \text{in}^2 \times 7.071 \times 10^{-2} = 3676.92$$

$$F_b = 0.6 F_y = 3676.92 \times 0.6 = 2206.15$$

$$\text{Cap} = 76.7 \text{ ton} \times 1.33 = 101.6 \text{ ton}$$

Pilotes metálicos rígidos

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{N_a}} = \sqrt[5]{\frac{2.1 \times 107\,893}{450}} = 2.22 \text{ m}$$

$$l_c = 1.8 T$$

$$l_e = 3.5 T$$

$$l_{cale} = l_a + l_c$$

$$l_{real} = l_a + l_e$$

$$l_a = 18.60 \text{ mts.}$$

ver tabla X.1

| Diam. exterior (mm) | Cédulo | | | Espesor de la pared (mm) | Diam. interior (mm) | Area interior (cm ²) | Area de acero secc. trans (cm ²) | Módulo de sección (cm) | Momento de inercia (cm ⁴) | Radio de giro (cm) | Peso unitario (Kg/m) |
|---------------------------|--------|----|---|--------------------------------|---------------------------|--|--|------------------------------|---|--------------------------|----------------------------|
| | A | B | C | | | | | | | | |
| 10 | | | | 6,4 | 596,9 | 2800 | 780,3 | 1796,0 | 54776 | 21,34 | 94,4 |
| | | | | 7,9 | 593,8 | 2774 | 149,7 | 2225,4 | 67806 | 21,29 | 117,5 |
| 20 | sid | | | 9,5 | 590,6 | 2742 | 179,5 | 2653,1 | 80874 | 21,21 | 140,8 |
| | | | | 11,1 | 587,4 | 2710 | 209,6 | 3071,1 | 93486 | 21,16 | 163,7 |
| | | xs | | 12,7 | 584,2 | 2677 | 298,4 | 3482,3 | 106140 | 21,11 | 186,8 |
| 30 | | | | 14,3 | 581,0 | 2652 | 267,1 | 3883,8 | 118210 | 21,06 | 209,5 |
| | | | | 15,9 | 577,9 | 2619 | 296,1 | 4283,6 | 130697 | 21,01 | 232,2 |
| 40 | | | | 17,4 | 574,7 | 2594 | 324,5 | 4673,6 | 142352 | 20,96 | 254,7 |
| | | | | 19,1 | 571,5 | 2568 | 353,5 | 5063,6 | 154423 | 20,88 | 277,2 |
| 60 | | | | 24,6 | 560,4 | 2465 | 451,6 | 6358,2 | 193549 | 20,7 | 354,4 |
| 80 | | | | 30,9 | 547,7 | 2355 | 562,6 | 7751,1 | 236005 | 20,5 | 441,0 |
| 100 | | | | 38,9 | 531,8 | 2219 | 697,4 | 9357,1 | 285120 | 20,22 | 546,8 |
| 120 | | | | 46,0 | 517,6 | 2103 | 814,8 | 10684,5 | 325911 | 19,99 | 639,0 |
| 140 | | | | 52,4 | 504,9 | 2000 | 916,8 | 11782,4 | 359210 | 19,79 | 719,0 |
| 160 | | | | 59,5 | 409,6 | 1890 | 10913,1 | 12913,4 | 393757 | 19,56 | 806,5 |

148

Tabla X.1

Revisión por penetración:

$$P_{vc} = \pi D = 3.1416 \times 96 = 301.59$$

$$P_{cp} = 59.3$$

$$V_{ucp} = 59.3 \times 1.4 = 83.02$$

$$P_{ca} = 15.4$$

$$P_{cp} + P_{ca} = 59.3 + 15.4 = 74.7$$

$$V_{ucpa} = 74.7 \times 1.1 = 82.11$$

Capacidad de la sección

$$P_{vc} \times d = V$$

$$V = 301.59 \times 0.35 \times 1.01 = 106.4$$

$$V > V_{ucp} \Rightarrow 106.4 > 83.02$$

Anclaje de pilotes con losa

$$P_u = 83 \text{ ton}$$

$$f_s = 2100 \text{ Kg.}$$

$$V_{ars} \ 3/4 = 2.85 \times 2100 = 5985$$

$$N^{\circ} \text{vars} = \frac{83000}{5985} = 13.86 \approx 14$$

$$M_r = \frac{0.03115 \times 35 (2.87)}{1.4} = 2.2 \text{ ton/m.}$$

$$M_{adm.} \ \phi \ 3/4 = 17.5$$

$$S_{cp} \ L = 360$$

$$T \ \phi = 17.5 \times 3000 = 5.25 \text{ ton}$$

$$\frac{83}{5.2} = 15.96 \approx 16$$

$$\text{Sep Vars \# 8 } M = 13.1 \quad T = 13.1 \times 7.98 \times 300 = 31.4$$

$$N^{\circ} = \frac{83}{31} = 2.67 \approx 3$$

$$\text{Vars 1" } T = 5.07 \times 2100 = 10.6$$

$$N^{\circ} = \frac{83}{10.6} = 8 \text{ Vars de 1"}$$

$$M = \frac{5.07 \times 2100}{300 \times 2.54} = 13.9$$

Revisión de la tensión diagonal con ancho de columna

$$V = 14.1$$

$$V_u = \frac{14.1 \times 96}{2} \times 35 = 23\,688$$

$$V_{cr} = 0.5 F_R b d \sqrt{f_c} \times 1.33$$

$$= 0.5 \times 0.8 \times 48 \times 35 \times \sqrt{160} \times 1.33$$

$$= 11\,305.26$$

$$V_u - V_{cr} = 23\,688 - 11\,305.26 = 12\,382.74$$

estribos de 4 ramas # 3/8".

$$A_u = 4 \times 0.71 = 2.84$$

$$S_{\max} = \frac{0.8 \times 2.84 \times 4200}{3.5 \times 48} = 56.8 \approx 57$$

$$S = \frac{F_R \times A_u \times f_y \times d}{V_u - V_{cr}} = \frac{0.8 \times 2.84 \times 4200 \times 35}{12\,382.74}$$

$$= 26\,97 \approx 27.00$$

$$V = \frac{V_U}{A_c} = 4.6 < 8.8$$

Fuerza horizontal resistente por pilote:

$$F = \frac{M}{d} = \frac{76.7}{22} = 3.48 \text{ ton.}$$

Nº de pilotes requeridos por fuerza horizontal

$$N^\circ = \frac{180}{3.48} \approx 52$$

Distribución de pilotes.

$$40.0 - 1.5 = 38.5 / 7 = 5.50$$

$$20 - 1.5 = 18.5 / 5 = 3.70$$

$$20 - 1.5 = 18.5 / 4 = 4.625$$

Análisis por fuerza horizontal del cross

$$M = 22.5 * 22 = 495 \text{ ton-m.}$$

Rigidez de la losa

$$A_x = \frac{0.5 I_2}{1 + 1.67 \left(\frac{I_2}{I_1} \right)} + 0.3c = \frac{0.5 \times 550}{1 + 1.67 \left(\frac{550}{616} \right)} + 0.3 (61)$$

$$I_1 = 5.50$$

$$I_2 = 6.16$$

$$A_x = 110.39 + 18.3 = 128.69$$

RESULTADOS DE MARCO DE TRES CRUJIAS

NUMERO DE MIEMBROS= 7
 NUMERO DE NUDOS = 8
 NUMERO DE CARGAS = 3
 E GLOBAL = 2039000.
 NUM. DE SECCIONES = 2

 DATOS DE LOS NUDOS

| NUDO | GIRO | TRAS.Y | TRAS.X | COORDENADAS-X | COORDENADAS-Y |
|------|------|--------|--------|---------------|---------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | .0 | .0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 616.7 | .0 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1233.3 | .0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1850.0 | .0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | .0 | 2200.0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 616.7 | 2200.0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 1233.3 | 2200.0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 1850.0 | 2200.0 |

 DATOS DE LOS MIEMBROS

| MIEM. | N1 | N2 | M. INERCIA | AREA | MOD. ELAST. | LONGITUD | TIPO |
|-------|----|----|------------|---------|-------------|----------|------|
| 1 | 1 | 2 | 1542315.0 | 357.3 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 2 | 3 | 4 | 1542315.0 | 357.3 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 3 | 5 | 6 | 1542315.0 | 357.3 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 4 | 7 | 8 | 1542315.0 | 357.3 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 5 | 2 | 4 | 3285333.0 | 24640.0 | 141421.0 | 616.7 | 0 |
| 6 | 3 | 5 | 3285333.0 | 24640.0 | 141421.0 | 616.7 | 0 |
| 7 | 4 | 6 | 3285333.0 | 24640.0 | 141421.0 | 616.7 | 0 |

 DATOS DE ENTRADA PARA CONDICION DE CARGA 1

| MIEMBRO | CARGA | PRINCIPIA | TERMINA | ALFA |
|---------|--------|-----------|---------|------|
| 5 | 100.60 | .0 | 616.7 | .00 |
| 6 | 100.60 | .0 | 616.7 | .00 |
| 7 | 100.60 | .0 | 616.7 | .00 |

 DESPLAZAMIENTOS Y GIROS DE LOS MUJOS PARA CONDICION DE CARGA 1

| MUDO | GIRO | DESPL. VERT. | DESPL. HOR. |
|------|-----------|--------------|-------------|
| 1 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 2 | -.0004506 | -.0910067 | .0003107 |
| 3 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 4 | .0000000 | -.1927104 | .0000000 |
| 5 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 6 | -.0004506 | -.0910067 | -.0003107 |
| 7 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 8 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |

 MOMENTOS Y CORTANTES PARA CONDICION DE CARGA 1

| MIEM. | MOMENTO1 | MOMENTO2 | CORTANTE1 | CORTANTE2 | AXIAL1 | AXIAL2 |
|-------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 1 | -1287117.00 | -2575445.00 | -1755.71 | 1755.71 | 30132.84 | -30132.84 |
| 2 | .08 | .03 | .00 | .00 | 63807.53 | -63807.53 |
| 3 | 1287117.00 | 2575445.00 | 1755.71 | -1755.71 | 30132.84 | -30132.84 |
| 4 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| 5 | 2575445.00 | -121481.00 | 30132.83 | 31903.77 | 1755.71 | -1755.71 |
| 6 | 3187989.00 | -3187989.00 | 31018.30 | 31018.30 | .00 | .00 |
| 7 | 3121481.00 | -2575445.00 | 31903.76 | 30132.84 | 1755.71 | -1755.71 |

CARGAS NODALES PARA CONDICION 2

| NUDO | MOMENTO-X | FUERZA VERT. | FUERZA HOR. |
|------|-----------|--------------|-------------|
| 2 | .00 | .00 | 36000.00 |

DESPLAZAMIENTOS Y GIROS DE LOS NUDOS PARA CONDICION DE CARGA 2

| NUDO | GIRO | DESPL.VERT. | DESPL.HOR. |
|------|-----------|-------------|------------|
| 1 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 2 | -.0023268 | .0759975 | 5.5910330 |
| 3 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 4 | -.0013525 | -.0000543 | 5.5865630 |
| 5 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 6 | -.0023238 | -.0759432 | 5.5846630 |
| 7 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 8 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |

MOMENTOS Y CORTANTES PARA CONDICION DE CARGA 2

| MEM. | MOMENTO1 | MOMENTO2 | CORTANTE1 | CORTANTE2 | AXIAL1 | AXIAL2 |
|------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 15144630.00 | 8492695.00 | 10744.24 | -10744.24 | -25163.22 | 25163.22 |
| 2 | 17912530.00 | 14045920.00 | 14526.57 | -14526.57 | 17.98 | -17.98 |
| 3 | 15128320.00 | 8484904.00 | 10733.29 | -10733.29 | 25145.24 | -25145.24 |
| 4 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| 5 | -8492694.00 | -7024608.00 | -25163.22 | 25163.22 | 25258.14 | -25258.14 |
| 6 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| 7 | -7021311.00 | -8484906.00 | -25145.25 | 25145.25 | 10732.24 | -10732.24 |

.....

DATOS DE ENTRADA PARA CONDICION DE CARGA 3

.....

| MIEMBRO | CARGA | PRINCIPIA | TERMINA | ALFA |
|---------|-------|-----------|---------|------|
| 5 | .00 | .0 | 616.7 | .00 |
| 6 | .00 | .0 | 616.7 | .00 |
| 7 | .00 | .0 | 616.7 | .00 |

.....

CARGAS NODALES PARA CONDICION 3

.....

| NUDO | MOMENTO-X | FUERZA VERT. | FUERZA HOR. |
|------|-----------|--------------|-------------|
| 2 | .00 | .00 | 36000.00 |

.....

DESPLAZAMIENTOS Y GIROS DE LOS NUDOS PARA CONDICION DE CARGA 3

.....

| NUDO | GIRO | DESPL. VERT. | DESPL. HOR. |
|------|-----------|--------------|-------------|
| 1 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 2 | -.0023268 | .0759975 | 5.5910330 |
| 3 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 4 | -.0013525 | -.0000543 | 5.5865630 |
| 5 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 6 | -.0023230 | -.0759432 | 5.5846630 |
| 7 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 8 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |

.....

MOMENTOS Y CORTANTES PARA CONDICION DE CARGA 3

.....

| MIEN. | MOMENTO1 | MOMENTO2 | CORTANTE1 | CORTANTE2 | AXIAL1 | AXIAL2 |
|-------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 15144630.00 | 8492693.00 | 10744.24 | -10744.24 | -25163.22 | 25163.22 |
| 2 | 17912530.00 | 14045920.00 | 14526.57 | -14526.57 | 17.98 | -17.98 |
| 3 | 15128320.00 | 8484904.00 | 10733.29 | -10733.29 | 25145.24 | -25145.24 |
| 4 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| 5 | -8492694.00 | -7024608.00 | -25163.22 | 25163.22 | 25258.14 | -25258.14 |
| 6 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| 7 | -7021311.00 | -8484906.00 | -25145.25 | 25145.25 | 10732.24 | -10732.74 |

.....

MARCO DE SIETE CRUJIAS

NUMERO DE MIEMBROS= 15
 NUMERO DE NUDOS = 16
 NUMERO DE CARGAS = 3
 E GLOBAL = 2039000.
 NUM. DE SECCIONES = 2

 DATOS DE LOS NUDOS

| NUDO | GIRO | TRAS.Y | TRAS.X | COORDENADAS-X | COORDENADAS-Y |
|------|------|--------|--------|---------------|---------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | .0 | .0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 550.0 | .0 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1100.0 | .0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1650.0 | .0 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 2200.0 | .0 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 2750.0 | .0 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 3300.0 | .0 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 3850.0 | .0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | .0 | 2200.0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 550.0 | 2200.0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 1100.0 | 2200.0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 1650.0 | 2200.0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 2200.0 | 2200.0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 2750.0 | 2200.0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 3300.0 | 2200.0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 3850.0 | 2200.0 |

 DATOS DE LOS MIEMBROS

| MIEM. | N1 | N2 | M. INERCIA | AREA | MOD. ELAST. | LONGITUD | TIPO |
|-------|----|----|------------|---------|-------------|----------|------|
| 1 | 1 | 2 | 1542315.0 | 357.0 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 2 | 3 | 4 | 1542315.0 | 357.0 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 3 | 5 | 6 | 1542315.0 | 357.0 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 4 | 7 | 8 | 1542315.0 | 357.0 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 5 | 9 | 10 | 1542315.0 | 357.0 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 6 | 11 | 12 | 1542315.0 | 357.0 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 7 | 13 | 14 | 1542315.0 | 357.0 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 8 | 15 | 16 | 1542315.0 | 357.0 | 2039000.0 | 2200.0 | 0 |
| 9 | 2 | 4 | 2933333.0 | 22000.0 | 2039000.0 | 550.0 | 0 |
| 10 | 4 | 6 | 2933333.0 | 22000.0 | 2039000.0 | 550.0 | 0 |
| 11 | 6 | 8 | 2933333.0 | 22000.0 | 2039000.0 | 550.0 | 0 |
| 12 | 8 | 10 | 2933333.0 | 22000.0 | 2039000.0 | 550.0 | 0 |
| 13 | 10 | 12 | 2933333.0 | 22000.0 | 2039000.0 | 550.0 | 0 |
| 14 | 12 | 14 | 2933333.0 | 22000.0 | 2039000.0 | 550.0 | 0 |
| 15 | 14 | 16 | 2933333.0 | 22000.0 | 2039000.0 | 550.0 | 0 |

DATOS DE ENTRADA PARA CONDICION DE CARGA 1

| MIEMBRO | CARGA | PRINCIPIA | TERMINA | ALFA |
|---------|--------|-----------|---------|------|
| 9 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 10 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 11 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 12 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 13 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 14 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 15 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |

DESPLAZAMIENTOS Y GIROS DE LOS NUDOS PARA CONDICION DE CARGA 1

| NUDO | GIRO | DESPL. VERT. | DESPL. HOR. |
|------|-----------|--------------|-------------|
| 1 | .00000000 | .00000000 | .00000000 |
| 2 | -.0002950 | -.1237432 | .0000601 |
| 3 | .00000000 | .00000000 | .00000000 |
| 4 | -.0000929 | -.2320587 | .0000460 |
| 5 | .00000000 | .00000000 | .00000000 |
| 6 | .0000031 | -.2498658 | .0000275 |
| 7 | .00000000 | .00000000 | .00000000 |
| 8 | .0000064 | -.2454944 | .0000091 |
| 9 | .00000000 | .00000000 | .00000000 |
| 10 | -.0000064 | -.2454944 | -.0000090 |
| 11 | .00000000 | .00000000 | .00000000 |
| 12 | -.0000031 | -.2498658 | -.0000274 |
| 13 | .00000000 | .00000000 | .00000000 |
| 14 | .0000929 | -.2320587 | -.0000459 |
| 15 | .00000000 | .00000000 | .00000000 |
| 16 | .0002950 | -.1237432 | -.0000600 |

MOMENTOS Y CORTANTES PARA CONDICION DE CARGA 1

| MIEM. | MOMENTO1 | MOMENTO2 | CORTANTE1 | CORTANTE2 | AXIAL1 | AXIAL2 |
|-------|------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 1 | -843035.20 | -1686305.00 | -1149.70 | 1149.70 | 40943.43 | -40943.43 |
| 2 | -265463.40 | -531106.00 | -362.08 | 362.08 | 76782.22 | -76782.22 |
| 3 | 9009.86 | 17912.70 | 12.24 | -12.24 | 82674.13 | -82674.13 |
| 4 | -18197.40 | -36359.45 | -24.80 | 24.80 | 81227.72 | -81227.72 |
| 5 | -18197.26 | -36359.37 | -24.80 | 24.80 | 81227.72 | -81227.72 |
| 6 | -9009.58 | -17912.34 | -12.24 | 12.24 | 82674.13 | -82674.13 |
| 7 | 265463.50 | 531106.20 | 362.08 | -362.08 | 76782.21 | -76782.21 |
| 8 | 843035.30 | 1686305.00 | 1149.70 | -1149.70 | 40943.43 | -40943.43 |
| 9 | 1686304.00 | -1295294.00 | 39521.57 | -39521.57 | 1149.70 | -1149.70 |
| 10 | 1626401.00 | -3460922.00 | 37260.64 | -37260.64 | 1511.78 | -1511.78 |
| 11 | 3443010.00 | -3862509.00 | 39469.77 | -39469.77 | 1499.54 | -1499.54 |
| 12 | 3826148.00 | -3826151.00 | 40232.50 | -40232.50 | 1474.74 | -1474.74 |
| 13 | 3862509.00 | -3443008.00 | 40995.23 | -39469.77 | 1499.54 | -1499.54 |
| 14 | 3460921.00 | -1826402.00 | 43204.35 | -37260.65 | 1511.78 | -1511.78 |
| 15 | 1295295.00 | -1686304.00 | 39521.57 | 40943.43 | 1149.70 | -1149.70 |

CARGAS NODALES PARA CONDICION 2

| NUDO | MOMENTO-X | FUERZA VERT. | FUERZA HOR. |
|------|-----------|--------------|-------------|
| 2 | .00 | .00 | 112650.00 |

DESPLAZAMIENTOS Y GIROS DE LOS NUDOS PARA CONDICION DE CARGA 2

| NUDO | GIRO | DESPL. VERT. | DESPL. HOR. |
|------|-----------|--------------|-------------|
| 1 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 2 | -.0005299 | .1054810 | 4.2229070 |
| 3 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 4 | -.0001772 | -.0080884 | 4.2216840 |
| 5 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 6 | -.0001018 | -.0101300 | 4.2206360 |
| 7 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 8 | -.0001119 | -.0019630 | 4.2197670 |
| 9 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 10 | -.0001119 | .0019332 | 4.2190760 |
| 11 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 12 | -.0001018 | .0100894 | 4.2185660 |
| 13 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 14 | -.0001771 | .0080509 | 4.2182300 |
| 15 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 16 | .0005293 | -.1053730 | 4.2180720 |

MOMENTOS Y CORTANTES PARA CONDICION DE CARGA 2

| MIEH. | MOMENTO1 | MOMENTO2 | CORTANTE1 | CORTANTE2 | AXIAL1 | AXIAL2 |
|-------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 14967960.00 | 13432960.00 | 32900.42 | -12900.42 | -34900.92 | 34900.92 |
| 2 | 15951450.00 | 15444710.00 | 14270.98 | -14270.98 | 2576.26 | -2676.26 |
| 3 | 16163040.00 | 15871900.00 | 14561.37 | -14561.37 | 3351.76 | -3351.76 |
| 4 | 16130800.00 | 15811040.00 | 14519.05 | -14519.05 | 649.49 | -649.49 |
| 5 | 16128210.00 | 15800400.00 | 14516.64 | -14516.64 | -639.63 | 639.63 |
| 6 | 16155060.00 | 15864100.00 | 14554.16 | -14554.16 | -3338.32 | 3338.32 |
| 7 | 15938480.00 | 15432240.00 | 14259.42 | -14259.42 | -2663.83 | 2663.83 |
| 8 | 14930990.00 | 13417880.00 | 12885.85 | -12885.85 | 34865.19 | -34865.19 |
| 9 | -13432960.00 | -5762538.00 | -34900.92 | 34900.92 | 99749.56 | -99749.56 |
| 10 | -9682174.00 | -8041388.00 | -32224.66 | 32224.66 | 85448.73 | -85448.73 |
| 11 | -7830592.00 | -6049503.00 | -28872.90 | 28872.90 | 70867.84 | -70867.84 |
| 12 | -7761539.00 | -7761336.00 | -28223.41 | 28223.41 | 56340.67 | -56340.67 |
| 13 | -6037222.00 | -7827698.00 | -28863.04 | 28863.04 | 41796.32 | -41796.32 |
| 14 | -3036489.00 | -9674258.00 | -32201.36 | 32201.36 | 27167.01 | -27167.01 |
| 15 | -5757977.00 | -13417880.00 | -34865.19 | 34865.19 | 12661.88 | -12661.88 |

DATOS DE ENTRADA PARA CONDICION DE CARGA 3

| MIEMBRO | CARGA | PRINCIPIA | TERMINA | ALFA |
|---------|--------|-----------|---------|------|
| 9 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 10 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 11 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 12 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 13 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 14 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |
| 15 | 146.30 | .0 | 550.0 | .00 |

CARGAS NODALES PARA CONDICION 3

| NUDO | MOMENTO-X | FUERZA VERT. | FUERZA HOR. |
|------|-----------|--------------|-------------|
| 2 | .00 | .00 | 112650.00 |

DESPLAZAMIENTOS Y GIROS DE LOS NUDOS PARA CONDICION DE CARGA 3

| NUDO | GIRO | DESPL. VERT. | DESPL. HOR. |
|------|-----------|--------------|-------------|
| 1 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 2 | -.0008249 | -.0102623 | 4.2229660 |
| 3 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 4 | -.0002702 | -.2401471 | 4.2217290 |
| 5 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 6 | -.0000987 | -.2599958 | 4.2206630 |
| 7 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 8 | -.0001055 | -.2474573 | 4.2197760 |
| 9 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 10 | -.0001182 | -.2435612 | 4.2190670 |
| 11 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 12 | -.0001049 | -.2397764 | 4.2185360 |
| 13 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 14 | -.0000842 | -.2240078 | 4.2181840 |
| 15 | .0000000 | .0000000 | .0000000 |
| 16 | -.0002343 | -.2291162 | 4.2180120 |

MOMENTOS Y CORTANTES PARA CONDICION DE CARGA 3

| MIEM. | MOMENTO1 | MOMENTO2 | CORTANTE1 | CORTANTE2 | AXIAL1 | AXIAL2 |
|-------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 14104920.00 | 11746660.00 | 11750.72 | -11750.72 | 6042.51 | -6042.51 |
| 2 | 15685980.00 | 14913600.00 | 13908.90 | -13908.90 | 79458.47 | -79458.47 |
| 3 | 16172050.00 | 15809890.00 | 14573.61 | -14573.61 | 86025.89 | -86025.89 |
| 4 | 16149070.00 | 15847400.00 | 14543.85 | -14543.85 | 81877.22 | -81877.22 |
| 5 | 16110010.00 | 15772040.00 | 14491.84 | -14491.84 | 80588.09 | -80588.09 |
| 6 | 16146050.00 | 15846180.00 | 14541.92 | -14541.92 | 79335.80 | -79335.80 |
| 7 | 16203940.00 | 15963340.00 | 14621.49 | -14621.49 | 74118.39 | -74118.39 |
| 8 | 15774020.00 | 15104180.00 | 14035.55 | -14035.55 | 75808.42 | -75808.42 |
| 9 | -11746660.00 | -7057834.00 | 6042.51 | 74422.48 | 100880.00 | -100880.00 |
| 10 | -7855768.00 | -11502310.00 | 5035.98 | 75429.02 | 86943.95 | -86943.95 |
| 11 | -4307583.00 | -11912010.00 | 10596.88 | 67868.13 | 72375.80 | -72375.80 |
| 12 | -3935390.00 | -11507490.00 | 12009.08 | 68455.92 | 57822.48 | -57822.48 |
| 13 | -4184554.00 | -11270620.00 | 12132.19 | 68332.80 | 43283.99 | -43283.99 |
| 14 | -4575568.00 | -11500660.00 | 11003.00 | 69462.00 | 28689.43 | -28689.43 |
| 15 | -4462680.00 | -15104180.00 | 4656.39 | 75808.61 | 14025.02 | -14025.02 |

$$b_x = 128.69 * 2 = 257 \text{ sección transversal}$$

$$I_x = \frac{257 * 40^3}{12} = 1,730,666.66 \text{ cm}^4$$

$$r = \frac{I}{k} = \frac{1,730,666.66}{616} = 2225.10$$

El pilote estará sujeto a la siguiente condición de carga.

$$P = \frac{1900}{32} = 59.3 \text{ ton.}$$

$$M = 65.13 \text{ tcn-m}$$

Revisión por flexo-compresión

Tensión

$$F_t = 0.6 F_y$$

$$F_b = 52,000 \text{ lb/in}^2 * 7.031 = 3656.12 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_t = 0.6 * 36/56.12 = 2193.672 \text{ Kg/cm}^2 * 1.33 = 2917.58$$

Compresión

$$\frac{k_1}{r} = \frac{(1) (2200)}{21.11} = 104.21$$

Resistencia de diseño para miembros en compresión.

$$A - 36 \quad f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{k_1}{r} = 104.21 \quad \sigma = 1280$$

$$\left(\frac{k_1}{r} \right)^2 = 10,860.97$$

$$F_a = \left[\frac{1 - \frac{(kl/r)^2}{2c_c^2}}{F.S.} \right] f_y$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8c_c} - \frac{(kl/r)^3}{8c_c^3} = 1.66 + 0.367 - 0.117 =$$

$$F.S. = 1.916$$

$$c_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2(3.1416)^2 \times 2.1 \times 10^6}{3656.12}} = 106.479$$

$$c_c^2 = 11337.79$$

$$\frac{kl}{r} < c_c$$

$$F_a = \frac{\left[1 - 2 \frac{(104.21)^2}{(11337.79)} \right] 3656.12}{1.916} = 994.29 \times 1.33 = 1322.40$$

$$f_a = \frac{P_u}{S} = \frac{59,300}{238.4} = 248.74$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{248.74}{1322.4} = 0.1880$$

$$\frac{f_a}{F_a} > 0.15$$

$$\text{Cuando } \frac{f_a}{F_a} > 0.15$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_b}{\left[1 - \frac{f_a}{F_c'} \right] F_b} \leq 1.0$$

Y adicionalmente

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

donde

$$f_b = \frac{\text{Momento}}{S} = \frac{65.13^5 \times 10}{3482.3} = 1870.31$$

$$F_c' = \frac{10,480,000}{(kl/r)^2} = \frac{10,480,000}{10,860.97} = 964.92$$

$C_m = 0.85$ coeficiente

$$\frac{248.74}{1322.4} + \frac{(0.85)(1870.31)}{\left[1 - \frac{248.74}{964.92} \right] 2917.58} =$$

$$0.188 + \frac{1589.96}{(1 - 0.2577) 2917.58} =$$

$$0.188 + 0.734 = 0.922 < 1.00$$

Pasarela

a) Descripción

La comunicación entre la plataforma de operación y de las

plataformas de atraque, así como de la plataforma de atraque a los duques de Alba, de amarre y se realiza por medio de una estructura de concreto preeforzado llamada " pasarela ".

las cuales irán apoyadas sobre pilotes metálicos de 24 " de ϕ y 1/2 " de espesor.

Análisis y diseño de traveses preeforzadas (Muelle 6-A) se analizó la trabe tipo de mayor longitud:

L = 20.76 mts. a ejes.

L = 20.2 mts. entrepaños.

Se propone la sección tipo " T " utilizada en el muelle 7.

| | | Mom. $\text{mt}^2 / 8$ |
|------------------------------------|---|------------------------|
| Carga viva = 500 Kg/m ² | W _v = 500 (1.5) = 750 | 38 253.75 |
| Carga muerta = 850 | W _m = 850 | 43 354.25 |
| | | |
| | W _T = W _v + W _m = 1600 | 81 608.00 |

Propiedades de la sección :

$$A = 90 \times 20 + (65 \times 5) (2) + \frac{(65 \times 5)}{2} \times 2 = 1800 + 650 + 325$$

$$= 2775 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{20 \times 90^3}{12} + \frac{65 \times 5^3}{12} \times 2 + \frac{65 \times 5^3}{12} =$$

$$1\ 215\ 000.00 + 1\ 354.17 + 677.08 = 1\ 217\ 031.25 \text{ cm}^4.$$

Cálculo del centroide (Momento de inercia)

| Elemento | Area | \bar{Y} | $A \cdot \bar{Y}$ | Frecuencia |
|----------|----------------|-----------|-------------------|------------|
| 1 | 0.18 | 0.45 | 0.081 | 1 |
| 2 | 0.0455 | 0.865 | 0.039 | 2 |
| 3 | 0.0227 | 0.796 | 0.018 | 2 |
| | Σ 0.316 | | Σ 0.195 | |

$$\bar{Y} = \frac{\Sigma A \cdot \bar{Y}}{\Sigma A} = 0.617$$

exentricidad Max. al Cl. = 50 cm.

$$k_t = 26.76$$

$$k_b = 13.89$$

Se analizan dos etapas:

- 1) Popo + Preesf.
- 2) Popo + Preesf. + C. V.

$$M_{\text{vivas}} = 3,825,000$$

$$M_{\text{popo}} = 43.35 \text{ ton-m} = 4,335,000 \text{ Kg-cm}$$

Ensayando con preesf. (ini) $F_0 = 130,000 \text{ Kg}$

$$\begin{aligned} \text{preesf. (efec) } F &= F_0 / 1.25 = 130,000 / 1.25 \\ &= 104,000 \end{aligned}$$

Revisión de esfuerzos.

1) Etapa de construcción

$$F_{t \text{ sup}} = \frac{F}{A} - \frac{(F \times \text{exec})(L_{\text{sup}})}{I_{xx}} + \frac{M_{\text{popo}}(L_{\text{sup}})}{I_{xx}}$$

$$F_t = \frac{104,000}{2775} - \frac{(104,000 \times 50)(30.6)}{2,289,404} + \frac{(4,335,000)(30.6)}{2,89,404}$$

$$F_t = 37.47 - 69.5 + 57.9 = 25.87 \text{ Kg/cm}^2$$

Fibra inf.

$$f_b = 37.47 + \frac{104,000 \times 50 \times 59.4}{2,289,404} - \frac{4,335,000 \times 59.4}{2,289,404}$$

$$F_b = 37.47 + 134.91 - 112.47 = 59.9 \text{ Kg/cm}^2$$

2) Etapa de funcionamiento

Aquí actúa popo + preesf. + C.V.

Fibra sup

$$F_t = \frac{F}{A} - \frac{(F \times \text{exec})(L_{\text{sup}})}{I_{xx}} + \frac{(M_c \text{ vivas} + M_{\text{popo}})(L_{\text{sup}})}{I_{xx}}$$

$$F_t = 37.47 - 69.5 + \frac{(1,825,000 + 4,335,000)(30.6)}{2,289,404} = 77.03$$

Fibra inf.

$$F_b = 37.47 + 134.91 - \frac{8,160,000(59.4)}{2,289,404} = -211.71$$

$$37.47 + 134.91 - 211.71 = -39.33 \text{ No pasa}$$

Considerando un esfuerzo de tensión máximo de 15 Kg/cm^2 y analizando fibra inferior etapa II

$$15 = \frac{F}{2775} + \frac{(F \times 50)(59.4)}{2,289,404} - \frac{8,160,000(59.4)}{2,289,404}$$

$$15 + 211.71 = F (3.6 \times 10^{-4} + 1.29 \times 10^{-3})$$

$$F = 137,400$$

$$F_o = 171,750$$

Revisión del área.

$$A_c = \frac{F_o \times h}{F_c (L_{sup})} = \frac{171,750 \times 90}{157.5 (30.6)} = 3207 \text{ No pasa}$$

$$A_c = 2775$$

Concreto $f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

$$f_c = 0.45 \quad f'_c = 157.5$$

Se concluye que la sección propuesta no resiste un claro de 20.2 mts se procedió a reducir los claros entre pilotes.

Aparentemente esta será la solución definitiva.

Se tienen los siguientes claros:

A).- $L = 17.06 \text{ m}$ a ejes de apoyo.

B).- $L = 14.08 \text{ m}$ a ejes de apoyo.

C).- $L = 12.34 \text{ m}$ a ejes de apoyo.

Análisis y diseño de la trabe de 17.06 m.

La sección tipo utilizada se conserva.

Datos:

Concreto: $f'_c = 350$ $F_c = 0.45 f'_c = 157.5 \text{ Kg/cm}^2$

Acero: $f_y = 19,000 \text{ Kg/cm}^2$.

| Carga por metro | Momentos ($wl^2/8$) |
|-------------------------|-----------------------|
| Popo + Firme = 666 Kg/m | 2,266,481 |
| C.vivas = 750 Kg/m | 2,552,344 |
| Σ 1416 Kg/m | 4,818,825 |

Donde:

$L = 17.06 - 0.609 = 16.45$ se tomará 16.5 mts.

X.2.- Plataforma de operaciones.

X.2.1.-Antecedentes.

Tomando en cuenta que la política actual de Petróleos Mexicanos, es resolver los problemas relativos al proyecto y construcción de sus obras, conjuntamente entre las dependencias operativas y las que ejecutan directamente los trabajos inherentes a dichas obras, y con la finalidad de poder embarcar los productos petroquímicos envasados en la terminal marítima de Pajaritos, Ver. se proyectó construir la terminal marítima y los muelles de espigón en la laguna de Pajaritos, Ver.

X.2.2.- Introducción.

Como es sabido, las memorias de cálculo son una recopilación de los procedimientos que se llevarán a cabo para la realización de un proyecto, por resumen se analizará solamente el muelle N° 7en Pajaritos, Ver.

A continuación se muestra la secuela descriptiva del cálculo teórico.

Los siguientes datos de diseño que se mencionan son de acuerdo a las bases de diseño elaboradas por Pemex.

Cargas verticales; cargas vivas y permanentes.

- Cargas horizontales; atraque de las embarcaciones, viento sobre los mismos y sismo.

- Sismo; se consideró un coeficiente sísmico de 0.09 actuando sobre cargas vivas y muertas.

Ahora bien considerando la tendencia mundial en que la construcción naval, tiende a ampliar la manga de las embarcaciones y no el calado, por lo que se prevee que en la terminal marítima de Pajaritos, Ver. entrarán buques tanque

hasta de 80,000 T.P.M. y de acuerdo a los reportes de las compañías que envían sus buques - tanque para ser cargados en esta terminal en que la manga y eslora de las embarcaciones se han incrementado para disminuir el calado, por lo tanto, las características generales de los buques -tanque que se consideraron en este análisis son los siguientes:

| | | |
|---|------------|----------------|
| 1.- Capacidad | 80,000.00 | T.P.M. |
| 2.- Eslora | 260.00 | m |
| 3.- Eslora entre perpendiculares | 249.00 | m |
| 4.- Manga | 37.20 | m |
| 5.- Calado de Verano | 13.90 | m |
| 6.- Calado medio en rosca | 5.70 | m |
| 7.- Area máxima longitudinal de deriva debido al viento | 38.75 | m ² |
| 8.- Area máxima transversal de deriva debido al viento | 523.50 | m ² |
| 9.- Desplazamiento | 106,600.00 | ton |
| 10.- Puntual | 19.60 | m |

Todos los demás datos que se utilizan en esta memoria de cálculo, están basados en las bases de diseño, antes mencionados.

X.2.2.1.- Descripción.

La plataforma de operación es una estructura de concreto reforzado apoyada sobre pilotes y que consta de una placa de concreto sobre la que va una zona de mochetas para tuberías y apoyos para las estructuras de garzas, casetas de control, torres contra-incendio, viaducto y pasarelas.

Sus dimensiones generales son: 40.00 mts x 40.00 mts en planta.

X.2.2.2.- Cargas

Las cargas que se consideraron en la estructura son:

Cargas muertas y cargas accidentales (vivas).

- peso propio de la plataforma.
- peso propio de la caseta de control.
- peso propio de la estructura para las garzas y de las garzas.
- reacciones del viaducto para peatones.
- reacciones del viaducto para vehículos y soportes de tuberías.
- cargas vivas permanentes sobre la plataforma y las estructuras que sobre ellas se encuentran.
- cargas fijas y móviles sobre la plataforma.
- cargas vivas repartidas en la estructura para garzas.
- cargas vivas repartidas sobre la caseta de control.
- efectos debidos al viento.
- efectos debidos al sismo.

X.2.2.3.- Determinación de cargas muertas.

| | |
|---|-------------------------------------|
| Peso propio de la plataforma. Losa h=40 cm. $40.00 \times 40.00 \times 0.40 \times 2.40 = 1536$ | 1536.00 ton. |
| Peso propio de garzas (12 garzas) $14.16 \times 12 = 170$ | 170.00 ton. |
| Peso de tuberías (2 franjas de 5 mts de ancho a lo largo de la plataforma). $2 \times 5.00 \times 40.00 \times 0.5 = 200$ 200.00 ton. | 200.00 ton. |
| Peso propio de dados para ganchos (4). $1.5 \times 1.5 \times 1.5 \times 4 \times 2.4 = 32.40$ | 32.40 ton. |
| Peso propio de dados para garzas. $0.8 \times 0.8 \times 0.3 \times 2.4 \times 2 = 0.92$ $0.9 \times 0.9 \times 0.3 \times 2.4 \times 6 = 3.49$ $1.1 \times 1.1 \times 0.3 \times 2.4 \times 4 = 3.48$ | 0.92 ton. 3.49 ton. 3.48 ton. |
| Peso propio de dados para alumbrado y torre contra incendio. (15) | |

| | |
|---|--------------|
| $1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 2.4 \times 15 = 36$ | 36.00 ton. |
| Peso propio de ganchos sencillos (4). | 4.00 ton. |
| | <hr/> |
| | 1986.29 ton. |

Cargas vivas (reglamento para construcciones portuarias).
 Para diseño estructural. 1000 kg/m^2 .
 $40.00 \times 40.00 \times 1.00 = 1600$ 1600.00 ton.
 Para análisis sísmicos 500 kg/m^2 .
 (Reducción del 50% por reglamento).
 $40.00 \times 40.00 \times 0.50 = 800$ 800.00 ton.

 2400.00 ton.

Carga total C.H. + C.V.
 $W_{T.C.P.} = 1986.29 + 1600 = 3586.3$

Carga total C.H. + C.A.
 $W_{T.C.A.} = 1986.29 + 800 = 2786.3$

Cálculo de la fuerza sísmica.

$C.S. = 0.09 \times 1.3 = 0.117 \approx 0.12$ (Coeficiente sísmico.)

$F.S. = C.S. \times W_{T.C.A.} = 0.12 \times 2786.3 = 334.3$ ton. (Fuerza sísmica)

Losa en plataforma de operación.

$W_{CP} = W_{TCP} / \text{Area} = 3586.3 / 1600 = 2.24 \text{ ton / m}^2$.

$W_{CA} = W_{TCA} / \text{Area} = 2786.3 / 1600 = 1.74 \text{ ton / m}^2$.

Ancho tributario $b = 5.50$ mts.

$W = 2.24 \times 5.5 = 12.32 \text{ ton / m}$

$F_s = 40 \times 5.5 \times 1.74 \times 0.12 = 45.93 \approx 46$ ton (Fuerza sísmica).

X.2.3.- Rigideces.

X.2.3.1.- Rigidez del pilote.

$$K_p = \frac{I_x \times 15}{L} = \frac{106\ 140 \times 15}{2200} = 723.68 \text{ cm}^3$$

$$E_c = 10000\sqrt{f'c}$$

$$f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_s = nE_c$$

$$n = 15 \text{ (Relación modular Acero-Estructura).}$$

$$I_x = 106\ 140 \text{ tabla N}^\circ \text{ X1}$$

X.2.3.2.- Rigidez de la losa.

$$h = 40 \text{ cm} \quad L_2 = 616 \quad L_2/L_1 = 1.12$$

$$L_1 = 550 \text{ cm} \quad C = 24" \phi$$

del 401 (Instituto de Ingeniería).

$$b = \frac{0.5 L_2}{1 + 1.67 \left(\frac{L_2}{L_1} \right)} + 0.3 \cdot c \leq 0.5 L_2$$

$$\text{Ancho equivalente } b = \frac{0.5 \times 616}{1 + 1.67(1.12)} + 0.3(60.96) = 125.58$$

$$b = 2(125.58) = 251.16 \leq 0.5 L_2$$

$$I_{\text{concreto}} = \frac{251(40)^3}{12} = 1'338\ 667 \text{ cm}^4$$

$$K_L = \frac{1'338\ 667}{550} = 2433.74 \approx 2434 \text{ tramos } 2-4 \text{ } 4-6, \text{ } 6-8 \text{ y } 14-16$$

$$K_L = \frac{1'338\ 667}{445} = 3008.24 \approx 3008 \text{ tramo } 8 - 10$$

$$K_L = \frac{1'338\ 667}{860} = 1556.58 \approx 1557 \text{ tramo } 10 - 12$$

$$K_L = \frac{1'338\ 667}{345} = 3880.19 \approx 3880 \text{ tramo } 12 - 14$$

X.2.4.- Factores de distribución.

X.2.4.1.- Columnas.

$$F_{dc} = \frac{723}{723 + 2434} = 0.229 \times -0.5 = -0.1145 \text{ tramos 1-2 y 15-16}$$

$$F_{dc} = \frac{723}{723 + 2(2434)} = 0.1293 \times -0.5 = -0.0646 \text{ tramos 3-4 y 5-6}$$

$$F_{dc} = \frac{723}{723 + 2434 + 3008} = 0.1172 \times -0.5 = -0.0586 \text{ tramo 7-8}$$

$$F_{dc} = \frac{723}{723 + 3008 + 1557} = 0.1367 \times -0.5 = -0.0683 \text{ tramo 9-10}$$

$$F_{dc} = \frac{723}{723 + 1557 + 3880} = 0.1173 \times -0.5 = -0.0586 \text{ tramo 11-12}$$

$$F_{dc} = \frac{723}{723 + 3880 + 2434} = 0.1027 \times -0.5 = -0.0513 \text{ tramo 13-14}$$

X.2.4.2.- Losas.

$$F_{dl} = \frac{2434}{723 + 2434} = 0.7709 \times -0.5 = -0.3855 \text{ tramos 2-4 y 14-16}$$

$$F_{dl} = \frac{2434}{723 + 2(2434)} = 0.4353 \times -0.5 = -0.2177 \text{ tramos 4-2, 4-6, 6-4 y 6-8}$$

$$F_{dl} = \frac{2434}{723 + 2434 + 3008} = 0.3948 \times -0.5 = -0.1974 \text{ tramo 8-6}$$

$$F_{d1} = \frac{3008}{723 + 2434 + 3008} = 0.4879 \times -0.5 = -0.2439 \text{ tramo } 8-10$$

$$F_{d1} = \frac{3008}{723 + 3008 + 1557} = 0.5688 \times -0.5 = -0.2844 \text{ tramo } 10-8$$

$$F_{d1} = \frac{1557}{723 + 3008 + 1557} = 0.2944 \times -0.5 = -0.1472 \text{ tramo } 10-12$$

$$F_{d1} = \frac{1557}{723 + 1557 + 3880} = 0.2527 \times -0.5 = -0.1264 \text{ tramo } 12-10$$

$$F_{d1} = \frac{3880}{723 + 1557 + 3880} = 0.6298 \times -0.5 = -0.3149 \text{ tramo } 12-14$$

$$F_{d1} = \frac{3880}{723 + 3880 + 2434} = 0.5513 \times -0.5 = -0.2757 \text{ tramo } 14-12$$

$$F_{d1} = \frac{2434}{723 + 3880 + 2434} = 0.3458 \times -0.5 = -0.1729 \text{ tramo } 14-16$$

Por Kani

Factor de distribución lineal en columnas

$$F_{dc} = \frac{-3}{2} \frac{K_c}{N_c \times K_c} = \frac{-3}{2} \frac{723}{8 \times 725} = -0.1875$$

Factor de distribución lineal en losas

$$-0.5 \times 0.7709 = 0.3855 \qquad -0.5 \times 0.2944 = 0.1472$$

$$-0.5 \times 0.4353 = 0.2177 \qquad -0.5 \times 0.2527 = 0.1264$$

$$-0.5 \times 0.3948 = 0.1974 \qquad -0.5 \times 0.6298 = 0.3149$$

$$-0.5 \times 0.4879 = 0.2440 \qquad -0.5 \times 0.5513 = 0.2757$$

$$-0.5 \times 0.5688 = 0.2844 \qquad -0.5 \times 0.3458 = 0.1729$$

X.2.5.-Cálculo de los elementos mecánicos

Condiciones de carga:

Tramo 5.50 mts.

| Diagrama | Miso | Me D | Me I | V D | V I |
|---|------------------|-------------------|-------|----------------|-------|
| <p>12.32 ton/m² 5.50</p> | $\frac{W1^2}{8}$ | $\frac{W1^2}{12}$ | | $\frac{W1}{2}$ | |
| | 46.59 | 31.05 | 31.05 | 33.88 | 33.88 |
| <p>12.32 ton/m² 4.45</p> | 38.49 | 20.33 | 20.33 | 27.41 | 27.41 |
| <p>12.32 ton/m² 8.60</p> | 113.89 | 75.93 | 75.93 | 52.97 | 52.97 |
| <p>12.32 ton/m² 3.45</p> | 18.32 | 12.21 | 12.21 | 21.25 | 21.25 |

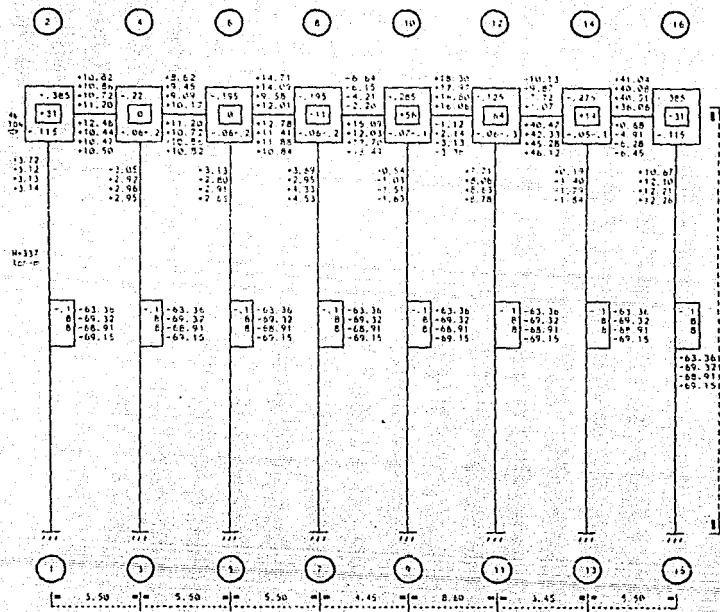
$$\text{Mom piso} = \frac{\text{Mom f.s} \times \text{Long pilote}}{3} = \frac{46.0 \times 22}{3} = 337.33 \text{ Ton-m}$$

ver Eje 23 (marco por carga vertical y horizontal).

X.2.6.-Momentos finales

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| M21 = 0 + 2(3.14) + 0 - 69.15 | = - 62.87 |
| M24 = 31.0 + 2(10.50) + 10.82 | = 62.82 |
| M12 = 0 + 0 + 3.14 - 69.15 | = - 66.01 |
| M43 = 0 + 2(2.95) + 0 - 69.15 | = - 63.25 |
| M42 = -31.0 + 2(10.82) + 10.50 | = 1.14 |
| M4-6 = 31.0 + 0 + 2(10.82) + 8.62 | = 61.26 |
| M34 = 0 + 0 + 2.95 - 69.15 | = -66.20 |
| M65 = 0 + 2(2.65) + 0 - 69.15 | = -63.85 |
| M6-4 = -31 + 2(8.62) + 10.32 + 0 | = - 2.94 |

MARCO POR CARGA VERTICAL Y HORIZONTAL.



| | |
|---|------------|
| $M_{68} = 31 + 2(10.84) + 14.71 + 0$ | $= 67.39$ |
| $M_{56} = 0 + 0 + 2.65 - 69.15$ | $= -66.50$ |
| $M_{87} = 0 + 2(4.53) + 0 - 69.15$ | $= -60.09$ |
| $M_{86} = -31.0 + 2(14.71) + 10.84 + 0$ | $= 9.26$ |
| $M_{8-10} = 20.0 + 2(18.49) - 6.64 + 0$ | $= 50.34$ |
| $M_{7-8} = 0 + 0 + 4.53 - 69.15$ | $= -64.62$ |
| $M_{10-9} = 0 + 2(-1.63) + 0 - 69.15$ | $= -72.41$ |
| $M_{10-8} = -20.0 + 2(-6.64) + 18.49 + 0$ | $= -14.79$ |
| $M_{10-12} = 76.0 + 2(-3.38) + 18.30 + 0$ | $= 87.54$ |
| $M_{9-10} = 0 + 0 - 1.63 - 69.15$ | $= -70.78$ |
| $M_{12-11} = 0 + 2(8.87) + 0 - 69.15$ | $= -51.59$ |
| $M_{12-10} = -76.0 + 2(18.30) - 3.38 + 0$ | $= -42.78$ |
| $M_{12-14} = 12.0 + 2(46.12) - 10.13$ | $= 94.11$ |
| $M_{11-12} = 0 + 0 + 8.78 - 69.15$ | $= -60.37$ |
| $M_{14-13} = 0 + 2(-1.84) + 0 - 69.15$ | $= -72.83$ |
| $M_{14-12} = -12 + 2(-10.13) + 46.12 + 0$ | $= 13.86$ |
| $M_{14-16} = 31.0 + 2(-6.45) + 41.04 + 0$ | $= 59.14$ |
| $M_{13-14} = 0 + 0 - 1.84 - 69.15$ | $= -70.99$ |
| $M_{16-15} = 0 + 2(12.26) + 0 - 69.15$ | $= -44.63$ |
| $M_{16-14} = -31 + 2(41.04) - 6.45 + 0$ | $= 44.63$ |
| $M_{15-16} = 0 + 0 + 12.26 - 69.15$ | $= -56.89$ |

ver Eje 23.1 momentos finales (marco horizontal).

ver Eje 23.2

X.2.7.- Diseño de la losa.

$$M(+)_{\max} = \frac{87.54 + 42.78}{8.6} = \frac{x}{4.3} \quad x = 65.16$$

$$M(+)_{\max} = 65.16 - 42.78 = 22.38$$

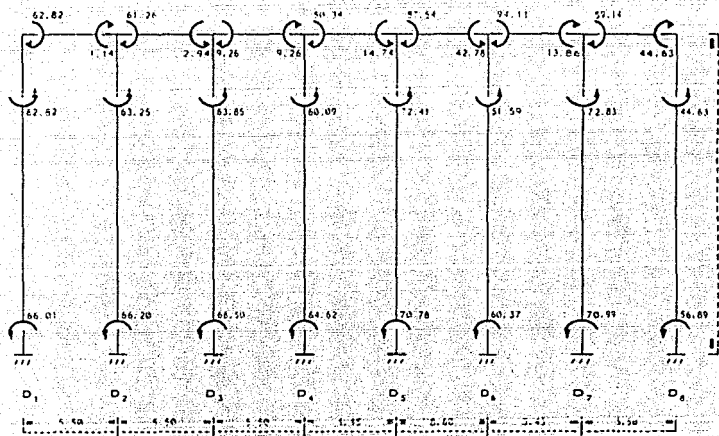
$$M(-)_{\max} = -94.11$$

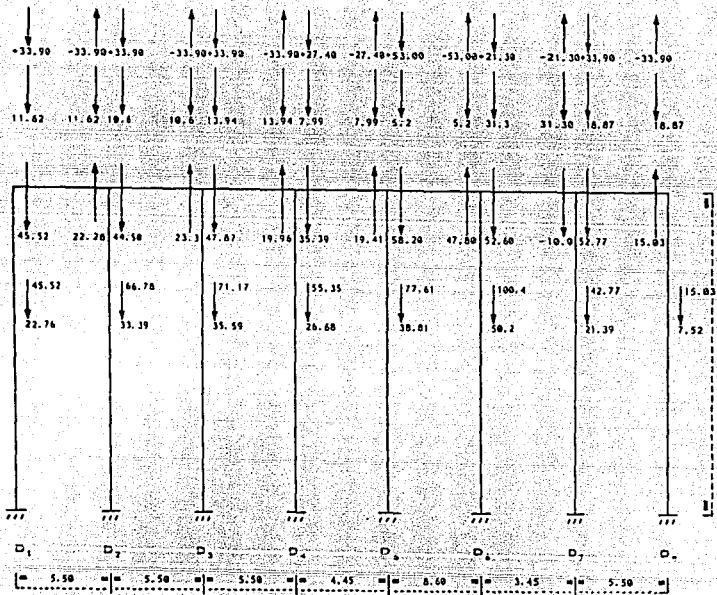
$$F.C. = -94.11 \times 0.75 = -70.5825 \times 1.1 = 77.6408 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

X.2.8.- Revisión por flexión (L = 8.60)

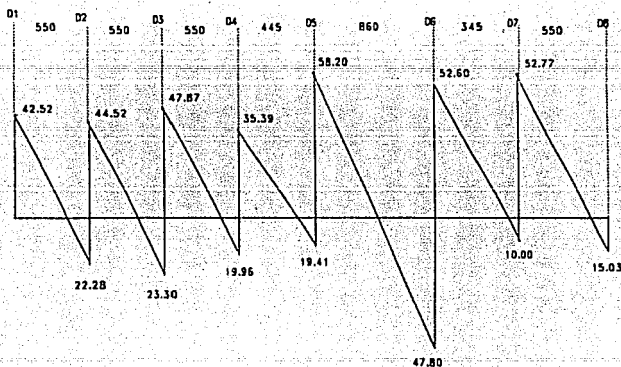
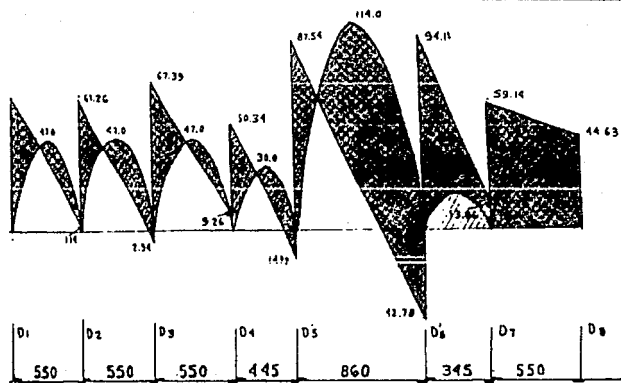
$$d = \sqrt{\frac{M}{K_{ub}}} = \sqrt{\frac{7764080}{35.74 \times 181}} = 34.64 \text{ cm}$$

MOMENTOS FINALES (MARCO HORIZONTAL)





Cortantes Isostaticos, Hiperstaticos y Reacciones (Marco horizontal)



$$Mu = Kubd^2$$

$$Ku = FR f_c q(1-0.5q)$$

$$q = p \frac{f_y}{f_c}$$

Datos

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F.R. = 0.9$$

$$P = 0.0115$$

$$F'_c = 160 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f''_c = 136 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q = 0.115 \frac{4200}{136} = 0.355$$

$$Ku = 0.9 \times 136 \times 0.355 (1 - 0.5 (0.355))$$

$$Ku = 35.74$$

$$b = C_2 + 3h = 61 + 3(40) = 181$$

$$d = 34.64 \approx 35$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{7764000}{181 \times 35^2} = 35.0163 \text{ Kg/cm}^2$$

$$p = 0.0115$$

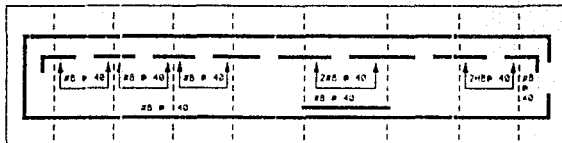
$$As(-) = pbd = 0.0115(181 \times 35) = 72.85 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{ vars.} = \frac{As}{as} = \frac{72.85}{5.08} = 14 \text{ vars.}$$

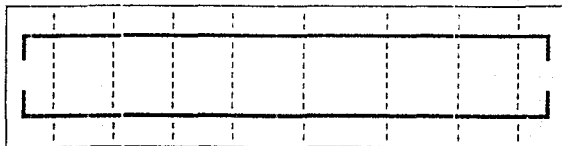
$$S_{op} = \frac{181 \text{ as}}{As} = \frac{181 \times 5.08}{72.85} = 12.6 \text{ cm.}$$

CORTE DE LOSA EN F. COLUMNAS

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|
| Sep (-) | 123 | 44 | 44 | 44 | 44 | 16 | 20 | 16 | 44 | 125 | 44 | 135 |
| Sep (+) | | | | | | | | | | | | |



CORTE DE LOSA EN F. CENTRALES



| | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Sep (-) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Sep (+) | | 50 | 50 | 50 | 50 | 35 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |

D 1 D 2 D 3 D 4 D 5 D 6 D 7 D 8

Disposición para el dimensionamiento de las franjas de columnas.

Cuando hay transmisión importante de momentos entre columnas y losa, el dimensionamiento de las franjas de columnas suele estar regido por la siguiente disposición: la Fracción de momento $(1 - \alpha)$ [401 del Inst. de Ing.] se transmite por flexión en un ancho $C_2 + 3h$, Y no por el requisito de que dichas franjas se dimensionen con el 15% del momento que actúa en la sección del paño de columnas.

En cada caso deben de revisarse ambas disposiciones y deben dimensionarse la franjas de columnas con aquellas que conduzcan a un esfuerzo mayor.

$$C_2 = \phi = 61 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$3h = 120 \text{ cm}$$

$$C_2 + 3h = 181$$

Momento que debe transmitirse por flexión $(1-0.4) = 0.6 M_u$.

$(1-\alpha)M_u$

$$C_1 = C_2 = 61$$

$$C_1 + d = C_2 + d = 61 + 35 = 96 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{C_1 + d}{2} = 48 \text{ cm}$$

$$A_c = 2d(C_1 + C_2 + 2d) = 2(35)[61+61+2(35)] = 13440 \text{ cm}^2$$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{(C_1+d)}{(C_2+d)}}} = 1 - \frac{1}{1.67} = 0.40$$

$$J_c = \frac{d(C_1+d)^3}{6} + \frac{(C_1+d)d^3}{6} + \frac{d(C_2+d)(C_1+d)^2}{2}$$

$$J_c = \frac{35(96)^3}{6} + \frac{96(35)^3}{6} + \frac{35(96)(96)^2}{2} = 21'329\ 840\text{cm}^4$$

X.2.9-Revisión por tensión diagonal

Claro D5 -D6

$$V_u = 58.20 \times 1.1 = 64.02 \text{ ton} \rightarrow 64\ 020 \text{ Kg}$$

$$M_u = 72.41 \times 1.1 = 79.65 \text{ ton} \cdot \text{m} \rightarrow 7'965\ 000 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$V_{u \text{ MAX}} = \frac{V_u}{A_c} + \alpha \frac{M_u}{J_c} C_2$$

$$A_c = 2d (c_1 + c_2 + 2d)$$

$$J_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{(c_1 + d)d^3}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_1 + d)^2}{2}$$

$$V_{u \text{ MAX}} = \frac{64020}{13440} + 0.4 \frac{(7965000) 61}{21329840} = 13.87$$

$$V_{u \text{ MAX}} = 13.87 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante de diseño admisible si no se usa refuerzo.

$$V_a = FR \sqrt{f_c} = 0.8 \sqrt{160} = 10.10 \text{ Kg}$$

$V_a < V_{u \text{ MAX}}$ hay que calcular refuerzo.

Revisión del esfuerzo máximo admisible.

$$V_{\max} = 1.5 F_R \sqrt{f'_c} = 1.5(10.1) = 15.15$$

$$V_{\max} > V_{U\max}$$

X.2.9.1.- Refuerzo por tensión diagonal.

$$V_u = bd V_{U\max} = 96 \times 35 \times 13.23 = 44\,452.8$$

$$V_{CR} = 0.5 F_R bd \sqrt{f'_c} = 0.5 (0.80 \times 96 \times 35 \times 12.65) = 17\,001.6$$

$$A_v = 4 \times 0.71 = 2.84 \quad E \# 3 \text{ de cuatro ramas.}$$

$$S = \frac{F_R A_v F_y d}{V_u - V_{CR}} = \frac{0.84(2.84)(35)(4200)}{(44\,452.8) - (17\,001.6)} = 12.16 \approx 10$$

$$S_{\max} = \frac{F_R A_v F_y}{3.5b} = \frac{0.8(2.84)(4200)}{3.5(96)} = 28.4 > 12.16$$

Usar estribos # 3 @ 10 cm 4 ramas a un tercio del claro.

Nota: Estos estribos se localizarán únicamente en el claro más desfavorable, para los demás se utilizarán estribos # 3 @ 15 cm, 4 ramas a un tercio del claro

Consideraciones de carga

| | |
|--------------|---------------------|
| Carga muerta | 1986.26 |
| Carga viva | 1600.00 |
| | <u>3586.26 ton.</u> |

$$W_{cp} = \frac{3586.26}{1600} = 2.24 \text{ ton/m}^2$$

Usando un ancho tributario 5.5

W_{cp} = Carga uniformemente repartida (distribuida) por carga permanente

$$2.24 \times 5.5 = 12.32 \text{ ton/m}$$

$$W_{cp} = 12.32 \text{ ton/m}$$

Fuerza sísmica por marco.

| | | |
|--------------|------|----------------|
| Carga muerta | 100% | 1986.26 |
| Carga Viva | 50% | 800.00 |
| | | <u>2786.26</u> |

$$W_s = \frac{2786.26}{1600} = 1.74$$

$$F_s = 40(5.5)(1.74)(0.12) = 45.93 \approx 46 \text{ ton}$$

Propiedades del pilote 24" x 1/2 "

$$I_{xx} = \frac{\pi (D^4 - D_i^4)}{64} = 106\,140 \text{ cm}^4 \quad \text{Tabla \# 1.}$$

$$k_c = \frac{I \times n}{L} = \frac{106\,140 \times 15}{2200} = 723.68$$

$$E_s = nE_c \quad n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.1 \times 10^6}{10000 \sqrt{f'c}} \approx 15$$

n = Relación de Módulos

Rígidez de losa h = 40 cm l = 5.50

$$b = \frac{0.5 \times 550}{1 + 1.67 \left(\frac{550}{550} \right)} = 102.99 \approx 103 \rightarrow 401 \text{ del II}$$

$$+ 0.3(61) = 18.00 \quad b = 103 + 18.00 = 121$$

$$b = 121 \times 2 = 242$$

$$I_L = \frac{242(40)^3}{12} = 1\,290\,667 \text{ cm}^4$$

$$K_L = \frac{1\,290\,667}{550} = 2346.66 \approx 2347$$

Factores de Distribución.

Nodo 1.

$$F_{D 1-8} \left[\frac{723}{723 + 2347} \right] 0.5 = 0.1178 \text{ cm}^4 \approx 0.12$$

$$F_{D 1-2} \left[\frac{2347}{723 + 2347} \right] 0.5 = 0.7644 \approx 0.38$$

Nodo 2

$$F_{D 2-1} \left[\frac{2347}{2(2347) + 723} \right] 0.5 = 0.2166 \text{ cm}^4$$

$$F_{D 2-10} \left[\frac{723}{723 + 2(2347)} \right] 0.5 = 0.066 \approx 0.07$$

Factor de distribución lineal en columnas.

$$F_{Dc} = \frac{3}{2} \left[\frac{723}{8 \times 723} \right] = 0.1875$$

X.2.10.- Análisis de pilotes 24" x 1/2" acero

A - 55API - 5LX Grado x 52

$$P_u = 1.1(53.01) \text{ ton} = 58.31$$

$$M_{us} = 1.1(53.62) = 58.98$$

$$M_{u1} = 1.1(56.56) = 62.22$$

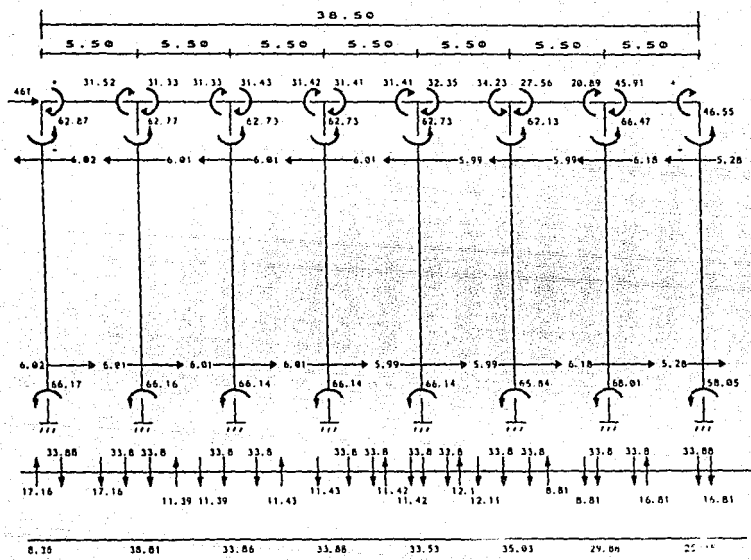
$$f_a = \frac{M_u}{A} = \frac{58310}{238.15} = 244.84$$

Suponiendo $K = 1$

MARCO TIPO (L=5.50 m) CARGA VERTICAL MAS CARGA HORIZONTAL.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | +62.87 | +31.52 | +31.30 | +31.37 | +31.43 | +31.42 | +31.41 | +31.41 | +32.35 | +34.23 | +27.56 | +20.89 | +45.91 | +46.54 |
| | 10.70 | 10.41 | 10.41 | 10.48 | 10.48 | 10.47 | 10.47 | 10.47 | 10.47 | 11.41 | 11.41 | 4.74 | 4.74 | 36.43 |
| | 10.60 | 10.34 | 10.34 | 10.41 | 10.41 | 10.39 | 10.39 | 10.39 | 10.39 | 10.39 | 10.39 | 6.02 | 6.02 | 36.09 |
| | 12.32 | 10.97 | 10.97 | 11.24 | 11.24 | 11.18 | 11.18 | 11.19 | 11.19 | 11.19 | 11.19 | 11.19 | 11.19 | 31.54 |
| | 0.30 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | 0.30 |
| 467. | +31.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -31.06 |
| 1 | 0.12 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.12 |
| | 3.86 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.86 |
| | 3.55 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.55 |
| | 3.36 | 3.39 | 3.39 | 3.41 | 3.41 | 3.41 | 3.41 | 3.41 | 3.41 | 3.41 | 3.41 | 3.41 | 3.41 | 3.36 |
| | -62.79 | -62.77 | -62.77 | -62.73 | -62.73 | -62.73 | -62.73 | -62.73 | -62.73 | -62.73 | -62.73 | -62.73 | -62.73 | -62.79 |
| | -0.1075 | | | | | | | | | | | | | |
| | -63.24 | | | | | | | | | | | | | |
| | -69.92 | | | | | | | | | | | | | |
| | -69.55 | | | | | | | | | | | | | |
| | -69.55 | | | | | | | | | | | | | |
| | -17.16 | -17.16 | -11.39 | -11.39 | -11.43 | -11.43 | -11.42 | -11.42 | -12.11 | -12.11 | 0.81 | -0.80 | 5.76 | 5.76 |
| | 51.04 | 14.59 | 22.47 | 45.27 | 45.31 | 22.76 | 45.30 | 22.46 | 45.99 | 21.77 | 43.63 | 28.08 | 39.64 | 39.64 |
| | 51.01 | 38.31 | | 90.58 | | 68.06 | | 68.45 | | 64.46 | | 67.72 | 39.64 | |

M O M E N T O S F I N A L E S



RESUMEN

| COLUMNA ANALIZADA | | | | COLUMNA ANALIZADA | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 26.10 | 27.60 | 26.43 | 23.76 | 27.02 | 26.95 | 26.90 | 26.92 | 27.27 | 27.60 | 23.19 | 18.45 | 39.18 | 40.53 |
| 16.20 | 8.70 | 8.70 | -1.03 | 9.03 | 8.96 | 8.96 | 8.98 | 8.98 | 9.31 | 9.31 | 4.57 | 4.57 | 30.24 |
| 5.86 | 8.54 | 8.54 | -1.05 | 8.85 | 8.87 | 8.78 | 8.60 | 8.60 | 8.79 | 8.79 | 7.21 | 7.21 | 28.94 |
| 11.30 | 7.18 | 9.18 | -1.68 | 9.66 | 9.55 | 9.55 | 9.58 | 9.58 | 9.57 | 9.57 | 9.57 | 9.57 | 16.92 |
| -6.38 | -0.215 | -0.215 | -1.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.215 | -0.30 |
| +24.17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -24.12 |
| 0.12 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.12 |
| 3.60 | 2.09 | 2.09 | 3.14 | 3.11 | 2.86 | 2.86 | 3.12 | 3.12 | 3.12 | 3.12 | 3.12 | 3.12 | 5.34 |
| 3.11 | 2.78 | 2.78 | 2.88 | 2.92 | 2.92 | 2.92 | 2.86 | 2.86 | 2.86 | 2.86 | 2.86 | 2.86 | 5.14 |
| 3.22 | 2.63 | 2.63 | 2.90 | 2.92 | 2.92 | 2.92 | 2.92 | 2.92 | 3.03 | 3.03 | 1.49 | 1.49 | 9.40 |
| 53.86 | 53.84 | 53.84 | 53.62 | 53.66 | 53.66 | 53.66 | 53.66 | 53.66 | 53.44 | 53.44 | -56.52 | -40.52 | |
| 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 | 0.1875 |
| -54.89 | | | | | | | | | | | | | |
| -59.26 | | | | | | | | | | | | | |
| -59.58 | | | | | | | | | | | | | |
| 56.28 | 56.67 | 56.67 | 56.56 | 56.58 | 56.58 | 56.58 | 56.58 | 56.47 | 56.47 | 56.47 | 58.81 | 58.81 | 50.01 |

AL USAR UNA CARGA #IVA DE 500 Kg / m². LOS ELEMENTOS MECANICOS SE REDUCEN Y EL PILOTE DE

24" X 1/2" SI PASA.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 26.32 | 26.32 | 26.32 | 25.32 | 26.33 | 26.32 | 26.33 | 26.33 | 26.33 | 26.33 | 26.33 | 26.33 | 26.33 | 26.33 |
| 10.31 | 10.31 | 9.67 | 1.67 | 9.81 | 9.81 | 9.79 | 9.79 | 9.98 | 9.98 | 9.57 | 7.57 | 11.49 | 14.49 |
| 16.01 | 16.01 | 16.65 | 31.99 | 17.02 | 36.13 | 16.54 | 36.12 | 16.35 | 36.31 | 18.76 | 33.90 | 11.84 | 48.82 |
| 16.01 | 53.28 | 53.28 | 53.01 | 52.67 | 52.67 | 52.67 | 52.47 | 52.47 | 55.07 | 55.07 | 45.74 | 48.82 | |

$$\frac{Kl}{r} = \frac{1(2200)}{21.11} = 104.21$$

$$\left(\frac{Kl}{r}\right)^2 = 10860.97$$

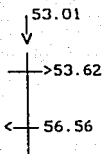
$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E_s}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2(2.1 \times 10^6)}{3675.4}} = 106.19$$

$$F.s. = \frac{5}{3} + \frac{3(104.21)}{8(106.19)} = \frac{(104.21)^3}{8(106.44)^3} = 1.66 + 0.368 = 0.118$$

$$F.s. = 1.91$$

$$F_a = \left(1 - \frac{(Kl/r)^2}{2 C_c^2}\right) F_y = \left(1 - \frac{10860.97}{22552.63}\right) 3675.4$$

$$F_a = 997.58$$



$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{244.84}{997.58} = 0.2454$$

$$0.24 > 0.15$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{C_m f_b}{\left(1 - \frac{f_a}{F_a}\right) F_b} \leq 1.0$$

$$\frac{f_a}{1520} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

$$C_m = 0.85$$

$$f_b = \frac{6222000}{3482.3} = 1786.75$$

$$F_b = 0.6 F_y = 0.6(3675.4) = 2205.4$$

$$F'e = \frac{10\,480\,000}{(Kl/r)^2} = \frac{10\,480\,000}{10\,860.97} = 964.92$$

$$0.24 + \frac{0.85 \times 1786.75}{\left(1 - \frac{244.85}{964.92}\right) 2205.4} = 0.24 + 0.92 = 1.16$$

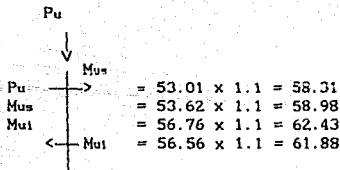
1.16 \leq 1.0 No pasa.

$$\frac{f_a}{0.6f_y} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

$$\frac{244.85}{2205.4} + \frac{1786.75}{2205.4} \leq 1.0$$

$$\begin{aligned} 0.81 + 0.11 &\leq 1.0 \\ 0.92 &\leq 1.0 \end{aligned}$$

Pilotes 24" x 3/4"
Acero A-36



$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(2.1 \times 10^6)}{2530}}$$

$$C_c = 128$$

Area Pilote = 353.5

S = 5063.6

I = 154 423

r = 20.88

$$F.S. = 1.66 + \frac{3(105.36)}{8(128)} - \frac{105.36^3}{8(128)^3}$$

$$F.S. = 1.66 + 0.308 - 0.069 = 1.899$$

$$Kl/r = \frac{(1)(2200)}{20.88} = 105.36 \quad \text{F.S.} = 1.899$$

$$Kl/r = 105.36$$

$$(Kl/r)^2 = 11\,101.56$$

$$f_a = \frac{M_{us}}{\Lambda} = \frac{58980}{353.5} = 166.84$$

$$f_a = \frac{P_u}{\Lambda} = \frac{58310}{353.5} = 164.95$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E_s}{F_y}} = \sqrt{\frac{2(3.14)^2 (2.1 \times 10^6)}{2530}} = 127.93 \approx 128$$

$$F_a = \frac{\left[\frac{1 - (kl/r)^2}{2C_c^2} \right] F_y}{\text{F.S.}} = \frac{\left[1 - \frac{11101.56}{32768} \right] 2530}{1.90}$$

$$F_a = 880.45$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{164.95}{880.45} = 0.1873 \approx 0.19$$

$$\text{cuando } \frac{f_a}{F_a} > 0.15$$

$$0.19 > 0.15$$

$$C_m = 0.85$$

$$f_b = \frac{6\,243\,000}{5063.6} = 1232.92 \approx 1233$$

$$F_b = 0.6 F_y = 0.6 \times 2530 = 1518$$

$$F'_e = \frac{10\,840\,000}{(kl/r)^2} = \frac{10\,840\,000}{11\,101.56} = 976.44$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_b}{\left[1 - \frac{f_a}{F'_{ce}} \right]} \leq 1.0$$

$$0.19 + \frac{0.85 \times 1233}{\left[1 - \frac{164.95}{976.44} \right]} 1518 = 0.19 + 0.83 = 1.02$$

1.02 > 1.00 No pasa

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

$$0.19 + \frac{1233}{1518} = 0.19 + 0.81 = 1.00$$

Momentos de empotramiento

$$M_{e21} = M_{e12} = M_{e78} = M_{e87} = M_{e45} = M_{e54} = \frac{Wl^2}{12} = \frac{12.32(5.50)^2}{12} = 31.06 \text{ Ton-m}$$

$$M_{e23} = M_{e32} = M_{e67} = M_{e76} = \frac{Wl^2}{12} = \frac{12.32(4.72)^2}{12} = 22.9 \text{ Ton-m}$$

$$M_{e34} = M_{e43} = M_{e55} = M_{e56} = \frac{Wl^2}{12} = \frac{12.32(6.50)^2}{12} = 43.38 \text{ Ton-m}$$

Desequilibrio inicial.

$$\begin{aligned} D_{B1} &= -31.06 \\ D_{B2} &= +31.06 - 22.90 = 8.16 \\ D_{B3} &= +22.90 - 43.38 = -20.48 \\ D_{B4} &= +43.38 - 31.06 = 12.32 \\ D_{B5} &= +31.06 - 43.38 = -12.32 \\ D_{B6} &= +43.38 - 22.90 = 20.48 \\ D_{B7} &= +22.90 - 31.06 = -8.16 \\ D_{B8} &= +31.06 - 0 = 31.06 \end{aligned}$$

Rigideces

$$K = \frac{I}{L}$$

Para la losa se considera $b = 250$ cm
 $h = 40$ cm.

Para los pilotes $\phi = 24$ " y espesor
 de pared de $1/2$ ".

Factores de distribución de Kani.

$$F_d K_{B1} = F_d K_{B8} = -\frac{1}{2} \frac{2424}{723 + 2424} = -0.385$$

$$F_d K_{B1} = F_d K_{B8} = -\frac{1}{2} \frac{723}{723 + 2424} = -0.115$$

$$F_d K_{B2} = F_d K_{B7} = -\frac{1}{2} \frac{2424}{723 + 2424 + 2825} = -0.203$$

$$F_d K_{B2} = F_d K_{B7} = -\frac{1}{2} \frac{723}{723 + 2424 + 2825} = -0.061$$

$$F_d K_{B2} = F_d K_{B7} = -\frac{1}{2} \frac{2825}{723 + 2825 + 2051} = -0.236$$

$$F_d K_{B3} = F_d K_{B6} = -\frac{1}{2} \frac{2825}{723 + 2051 + 2825} = -0.252$$

$$F_d K_{B3} = F_d K_{B6} = -\frac{1}{2} \frac{723}{723 + 2051 + 2825} = -0.065$$

$$F_d K_{B3} = F_d K_{B6} = -\frac{1}{2} \frac{2051}{723 + 2825 + 2051} = -0.183$$

$$F_d K_{B4} = F_d K_{B5} = -\frac{1}{2} \frac{2051}{723 + 2424 + 2051} = -0.197$$

$$F_d K_{B4} = F_d K_{B5} = -\frac{1}{2} \frac{723}{723 + 2424 + 2051} = -0.070$$

$$F_d K_{B4} = F_d K_{B5} = -\frac{1}{2} \frac{2424}{723 + 2424 + 2051} = -0.233$$

Factores de distribución de piso

Piso A -B

$$F_D K_1 = F_D K_2 = F_D K_3 = F_D K_4 = F_D K_5 = F_D K_6 = F_D K_7 =$$

$$F_D K_8 = -\frac{3}{2} \frac{(723)}{8 \times 723} = -0.1875$$

Momento de piso.

$$M_p = \frac{Qh}{3} = \frac{46 \times 22}{3} = 337.34$$

Q = carga horizontal.

h = altura del pilote

Momentos hiperestáticos positivos máximos :

Claro 1 - 2

$$M_x = 12.73x - \frac{12.32x^2}{2} + 46.23$$

derivamos:

$$= 12.73 - 12.32x$$

$$x = \frac{12.73}{12.32} = 1.03$$

$$M_{max} = 12.73(1.03) - \frac{12.32(1.03)^2}{2} + 46.23 = 52.81$$

Claro 2 - 3

$$M_{max} = 15.34x - 12.32 \frac{x^2}{2} - 1$$

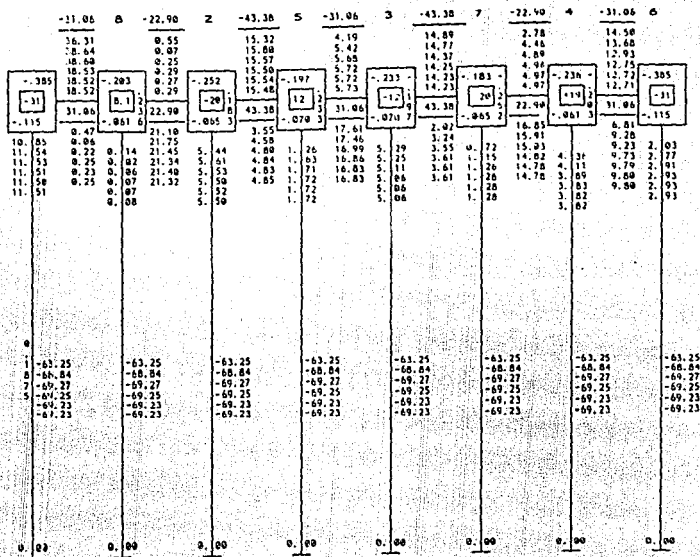
$$M_{max} = 15.34(1.25) - 12.32 \frac{(1.25)^2}{2} - 1 = 8.55 \text{ Ton - m}$$

$$x = \frac{15.34}{12.32} = 1.25$$

Claro 3 - 4

MOMENTOS FINALES.

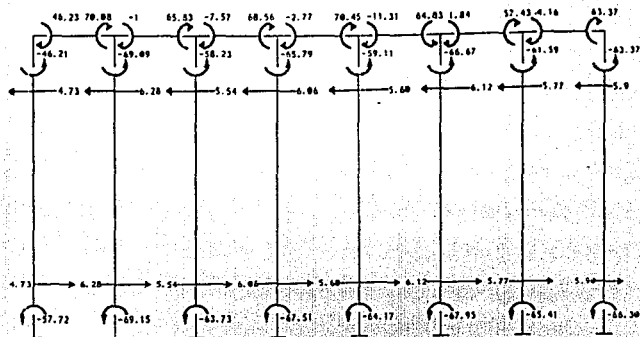
Mik = Mik + 2M_i - 4M_{ik}



LOS NUMEROS ARRIBA DE LOS CUADROS CONCENTRICOS INDICAN EL ORDEN DE LAS ITERACIONES.

MARCO EJE DS.

MOMENTOS FINALES.



198

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| V _a | 33.88 | 33.88 | 29.08 | 29.08 | 40.04 | 40.04 | 33.88 | 33.88 | 40.04 | 29.08 | 29.08 | 33.88 | 33.88 |
| V _b | -21.15 | 21.15 | -13.74 | 13.74 | 9.38 | 9.38 | -12.31 | 12.31 | -8.73 | 8.23 | -12.55 | 12.55 | -12.28 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12.73 | 55.03 | 15.34 | 42.02 | 30.66 | 45.42 | 21.57 | 46.19 | 31.81 | 48.27 | 16.53 | 45.63 | 21.68 | 46.16 |
| 12.73 | 70.37 | 73.40 | 70.99 | 76.00 | 64.80 | 63.23 | 46.16 | 63.23 | 46.16 | 63.23 | 46.16 | 63.23 | 46.16 |
| 6.36 | 35.18 | 36.74 | 35.49 | 39.00 | 32.40 | 31.61 | 23.00 | 31.61 | 23.00 | 31.61 | 23.00 | 31.61 | 23.00 |

MOMENTOS ISOSTATICOS MAXIMOS:

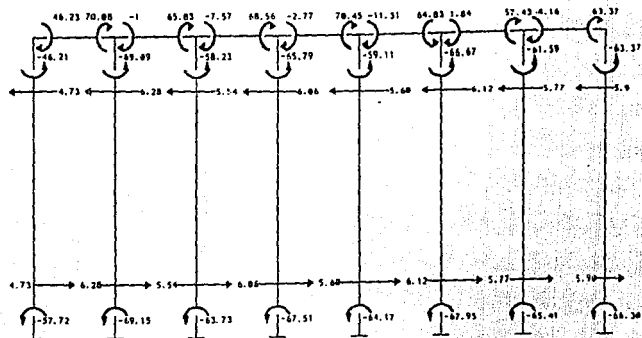
$$M_{B1-2} = M_{B7-6} = M_{B7-6} = \frac{wl^2}{8} = \frac{12.32(5.5)^2}{8} = 46.59 \text{ T-m.}$$

$$M_{B2-3} = M_{B6-7} = \frac{wl^2}{8} = \frac{12.32(4.72)^2}{8} = 34.31 \text{ T-m.}$$

$$M_{B3-4} = M_{B5-6} = \frac{wl^2}{8} = \frac{12.32(4.5)^2}{8} = 65.07 \text{ T-m.}$$

MARCO EJE DS.

MOMENTOS FINALES.



| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| VI | 33.88 | 33.88 | 29.08 | 29.08 | 48.04 | 48.04 | 33.88 | 33.88 | 48.04 | 48.04 | 29.08 | 33.88 | 33.88 |
| VII | -21.15 | 21.15 | -13.74 | 13.74 | -9.38 | 9.38 | -12.31 | 12.31 | -0.23 | 0.23 | -12.55 | 12.55 | -12.28 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12.73 | 55.03 | 15.34 | 42.82 | 36.66 | 49.42 | 21.57 | 46.19 | 31.81 | 48.27 | 16.53 | 41.63 | 21.60 | 46.16 |
| 12.73 | 70.37 | 73.41 | 70.99 | 78.03 | 64.80 | 63.23 | 46.16 | | | | | | |
| 6.36 | 35.18 | 36.74 | 35.49 | 39.00 | 32.40 | 31.61 | 23.08 | | | | | | |

MOMENTOS ISOSTATICOS MAXIMOS:

$$M_{B1-2} = M_{B7-6} = M_{B7-8} = \frac{wL^2}{8} = \frac{12.32(5.5)^2}{8} = 46.59 \text{ T-m.}$$

$$M_{B2-3} = M_{B6-7} = \frac{wL^2}{8} = \frac{12.32(4.73)^2}{8} = 34.31 \text{ T-m.}$$

$$M_{B3-4} = M_{B5-6} = \frac{wL^2}{8} = \frac{12.32(6.5)^2}{8} = 65.07 \text{ T-m.}$$

$$M_x = 30.66x - 12.32 \frac{x^2}{2} - 7.57$$

$$M_{\max} = 30.66(2.49) - 12.32 \frac{(2.49)^2}{2} - 7.57 = 30.58 \text{ Ton} - \text{m}$$

Claro 4 - 5

$$M_x = 21.57x - 12.32 \frac{x^2}{2} - 2.77$$

$$M_{\max} = 21.57(1.75) - 12.32 \frac{(1.75)^2}{2} - 2.77 = 16.11 \text{ Ton} - \text{m}$$

Claro 5 - 6

$$M_x = 31.81x - 12.32 \frac{x^2}{2} - 11.31$$

$$M_{\max} = 31.81(2.58) - 12.32 \frac{(2.58)^2}{2} - 11.31 = 29.76 \text{ Ton} - \text{m}$$

Claro 6 - 7

$$M_x = 16.53x - 12.32 \frac{x^2}{2} + 1.82$$

$$M_{\max} = 16.53(1.34) - 12.32 \frac{(1.34)^2}{2} + 1.82 = 12.91 \text{ ton} - \text{m}$$

Claro 7 - 8

$$M_x = 21.60x - 12.37 \frac{x^2}{2} + 4.16$$

$$M_{\max} = 21.60(1.75) - 12.37 \frac{(1.75)^2}{2} + 4.16 = 23.10 \text{ Ton} - \text{m}$$

Fuerza cortante

$$b = 40 \text{ cm}; r = 5 \text{ cm} \therefore d = 35 \text{ cm}$$

Ancho equivalente

La sección crítica formará una figura semejante a la definida por la periferia donde actúa la reacción (pilote), a una distancia de esta igual a $d/2$.

$$\frac{d}{2} = \frac{35}{2} = 17.5$$

Pilote de 24" ϕ y espesor de 1/2"; $d = 25$ 63.5

El pilote es circular; se puede tratar como de sección cuadrada de lado igual a $(0.8 D - 0.2 d)$, entonces:

$$0.8 \times 63.5 - 0.2 \times 35 = 43.8 \text{ por lado}$$

$$\therefore \text{el cortante actuará} = \frac{43.8}{2} + 17.5 = 39.4$$

$$\text{Fuerza cortante (V)} = 55.03 \times 1.1 = 60.53 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$V_u = V - 12.32 \times 0.394 = 55.68 \text{ Ton}$$

$$V_u = 60.53 - 12.32 \times 0.394 = 55.68$$

Sección crítica $43.8 + d = 43.8 + 35 = 78.8$ por lado

$$A_c = 2 \times 35 (43.8 + 43.8 + 2 \times 35) = 11\,032 \text{ cm}^2$$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{78.8}{78.8}}} = 1 - \frac{1}{1.67} = 0.4011$$

$$J_c = \frac{35(78.8)^3}{6} + \frac{78.8(35)^3}{6} + \frac{35(78.8)(78.8)^2}{2}$$

$$J_c = 11\,980\,182 \text{ cm}^4$$

$$M_u = 1.1 \times M + 1.1 \times 69.07 = 75.98 \text{ T} - \text{m}$$

$$V_{u\max} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\alpha M_u C}{J_c} = \frac{55\,680}{11032} + \frac{0.5 \times 75\,980\,00 \times 39.4}{11\,980\,182}$$

$$C = \frac{d}{2} = \text{de la sección crítica } 78.8 / 2 = 39.4$$

$$V_{u\max} = 5.05 + 12.49 = 17.54$$

$$V_{u\max} > V_{uad}$$

V_{uad} = Cortante último admisible

$$V_u = 0.8 \sqrt{f_c} = 10.1$$

Revisión del esfuerzo cortante de diseño Máximo admisible

$$1.5 F_R \sqrt{f_c} = 15.17 < V_{u\max}$$

$$\therefore \text{Separación máxima de estribos} = 0.25d = 0.25 \times 35 = 8.75 \text{ cm.}$$

$$V_{CR} = 0.5 F_R b d \sqrt{f_c} = 0.5 \times 78.8 \times 0.78 \times 35 \sqrt{160} = 13954$$

$$V_u = b d V_{u\max} = 78.8 \times 35 \times 17.54 = 48375 \text{ Kg}$$

$$\text{Usando estribos del N}^\circ 3 = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$4 \text{ ramas} = 4 \times 0.71 = 2.84 \text{ cm}^2 = A_v$$

$$S = \frac{F_R A_v F_y d}{V_u - V_{CR}} = \frac{0.8 \times 2.84 \times 4 \times 200 \times 35}{48375 - 13954} = 9.70 \text{ cm}^2$$

\therefore se usaron estribos del N^o 3 de cuatro ramas @ 9 cm

Diseño por flexión

Momento Negativo (-)

$$M_{\max} = 70.45 \text{ Ton} - \text{m.} (-)$$

$$M_u = 70.45 \times 1.1 = 77.50 \text{ Ton} - \text{m.}$$

El momento deberá transmitirse en un ancho de $C_2 + 3h$ donde C_2 es el diámetro del pilote.

$$C_2 + 3h = 61 + 3 \times 40 = 181$$

$$\text{En franjas de columna } 0.75 \times 77.50 = 58.13 \text{ Ton} - \text{m.}$$

$$\frac{M_R}{bd^2} = \frac{58\ 13000}{181 \times 35^2} = 26.21 \text{ gráfica del 401 } p = 0.0079$$

$$A_s = pbd = 0.0079 \times 180 \times 35 = 49.77 \text{ cm}^2$$

Usar 10 varillas # 8 repartidas en un ancho de 181 cm.
en franjas centrales

$$0.25 \times 77.50 = 19.38 \text{ Ton - m.}$$

$$\frac{M_R}{bd^2} = \frac{1938000}{422 \times 35^2} = 3.75 < p_{\min} = 0.0024$$

$$\therefore A_s = p_{\min} bd = 0.0024 \times 422 \times 35 = 35.45 \text{ cm}^2$$

Usar ϕ N° 6 @ 30 cm.

Por momento positivo

$$M_{\max}(+) = 52.81 \text{ ton - m}$$

$$M_u = 52.81 \times 1.1 = 58.09 \text{ ton - m}$$

Franjas de columnas

$$0.6 \times 58.09 = 34.85 \text{ ton - m}$$

$$\frac{M_R}{bd^2} = \frac{3\ 485\ 000}{181 \times 35^2} = 15.71 \text{ grafica } p = 0.0044$$

$$\therefore A_s = pbd = 0.0044 \times 181 \times 35$$

$$A_s = 28.18 \text{ cm}^2$$

Usar varillas del # 6 repartidas en un ancho de 180 cm

En franjas centrales

$$0.40 \times 58.09 = 23.24 \text{ ton - m}$$

$$\frac{M_R}{bd^2} = \frac{2\ 324\ 000}{370 \times 35^2} = 5.126 \approx 5.13 < p_{\min}$$

$$p_{min} = 0.0024$$

$$\therefore A_n = p_{min} b d = 0.0024 \times 370 \times 35 = 31.08 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 31.08 \text{ cm}^2$$

Usar varillas del # 6 @ 30 cm

alternativa con C.V. = 300 Kg/m²

$$V_{max} = \frac{64020}{13440} + 0.4 \frac{(7965000) 61}{21329840} = 13.87$$

análisis de carga:

Carga Muerta 1986

Carga Viva 480

2466 ton.

$$W_{cp} = \frac{2466}{1600} = 1.54 \text{ ton/m}^2$$

Usando 5.50 ancho unitario

$$W_{cp} = 1.54 \times 5.50 = 8.48 \text{ ton/m}$$

Fuerza sísmica por marco

C_m = 100% 1986

C_v = 50% 240

2226

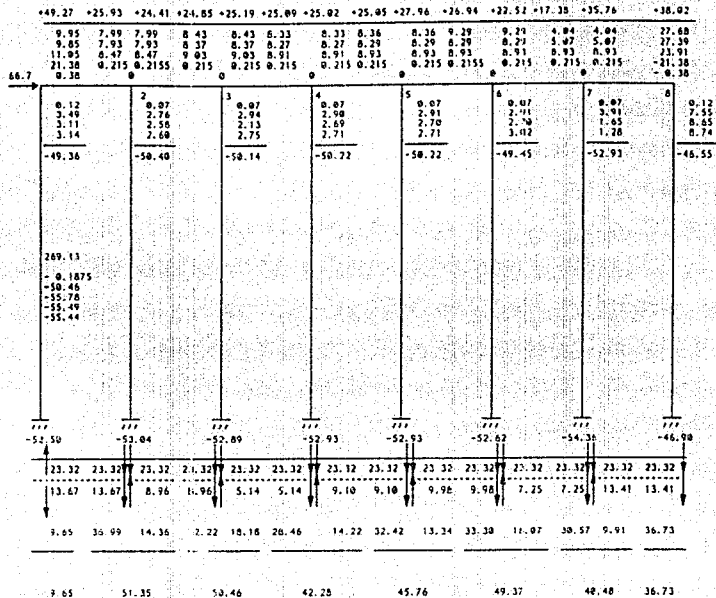
$$W_s = \frac{2226}{1600} = 1.39$$

$$F_n = 40(5.5)(1.39)(0.12) = 36.7 \text{ ton.}$$

$$M_e = \frac{W_s^2}{12} = \frac{8.48 \times (5.5)^2}{12} = 21.38 \text{ ton - m.}$$

$$M_p = \frac{V_h}{3} = \frac{36.70(22)}{3} = 269.13 \text{ ton - m}$$

ANALISIS MARCO TIPO (5.50 m) POR CARGA HORIZONTAL.



X.3.- Plataforma de atraque.

X.3.1.- Descripción.

Plataforma de atraque flexible compuesta de 5 pilotes de acero A-36 con un diámetro $\phi = 48$ " y espesor de 2", los cuales soportan dos diafragmas de tubo $\phi = 16$ " y $e = 1/2$ " con un celosía de canales C = 8" a 27.90 Kg/m. Estos dos diafragmas se encuentran unidos por un marco-defensa compuesto por vigas HPC-14 x 14 a 181 y unos candados HPC-12 X 12 a 91.1 Kg/m. Sobre el marco defensa se colocarán dos defensas shibata tipo X-250 para no dañar el casco de los buques durante el atraque.

X.3.1.2.- Obtención de las condiciones de atraque.

| | | |
|-----------------------|-----------|--------|
| Barcos que atracarán: | 80,000.00 | T.P.M. |
| Velocidad de atraque: | 0.10 | m/s |
| Velocidad del viento: | 170.00 | km/h |
| Coefficiente sísmico: | 0.09 | |
| Zona sísmica: | III | |

Características de los barcos de 80,000 T.P.M.

| | | |
|-----------|--------|-----|
| Longitud: | 260.00 | mts |
| Ancho: | 37.30 | mts |
| Calado: | 13.90 | mts |

Se requiere un dragado de 15 mts.

X.3.2.- Energía de atraque.

Según E. Vaso Costa. (criterio de España)

$$W = \frac{1}{2} MV_0^2 \frac{K^2 + r^2 \cos^2 \gamma}{K^2 + r^2} + MV_0 W_0^2 \frac{r^2 K \sin \gamma}{K^2 + r^2} + \frac{1}{2} MW_0^2 \frac{K^2 \phi r^2}{K^2 + r^2}$$

donde:

M = Masa que provoca el impacto.

V_0 = Velocidad de traslación.

K = Radio de giro del barco.

r = Distancia del centro de gravedad del buque al punto de contacto.

γ = Angulo que forma el vector de velocidad V_0 con la línea que une el centro de gravedad del buque con el punto de contacto.

W_0 = Velocidad angular del buque alrededor de su centro de gravedad antes del primer contacto.

Generalmente suele despreciarse la velocidad angular W_0 , por lo tanto, la energía de atraque será:

$$E.A. = \frac{1}{2} M V_0^2 \frac{K^2 + r^2 \cos^2 \gamma}{K^2 + r^2}$$

En la fórmula anterior se denomina coeficiente de atraque C.A. a la expresión:

$$C.A. = \frac{K^2 + r^2 \cos^2 \gamma}{K^2 + r^2}$$

Para este tamaño de buque puede adoptarse con suficiente aproximación: $K = 0.242$

$$W = \frac{1}{2} M V_0^2 C.A.$$

$$M = m b C_H C_R$$

$$W = \frac{1}{2} m b C_H C_R V_0^2 C.A.$$

$$E.A. = \frac{1}{2} m b C_H C_R V_0^2 C.A.$$

$$\therefore W = E.A.$$

Donde:

m_b = masa del buque.

C_H = coeficiente hidrodinámico.

C_R = coeficiente relativo.

$$m_b = \frac{\text{desplazamiento}}{\text{gravedad}}$$

$$m_b = \frac{80000 \times 1.334}{9.81} = 10878.69$$

$$C_H = 1 + 2 \left(\frac{D}{B} \right)$$

D = calado

B = manga

$$C_H = 1 + 2 \left(\frac{13.90}{37.30} \right) = 1.7453$$

$$C_R = 1$$

$$C.A. = \frac{k^2 + r^2 \cos^2 \gamma}{k^2 + r^2}$$

$$r = \sqrt{(AD)^2 + \left(\frac{B}{2} \right)^2}$$

$$AD = AC + CD$$

$$AC = \frac{b}{\cos \alpha}$$

$$b = \frac{a}{2} - eL$$

Donde:

$$a = 90.00$$

$$e = 10\%$$

$$\alpha = 10^\circ$$

$$L = 260.00$$

$$b = \frac{90.00}{2} - 0.10 \times 260.00 = 19.00 \text{ m}$$

$$AC = \frac{19.00}{\cos 10^\circ} = 19.30$$

$$CD = \frac{b}{2} \tan \alpha = \frac{37.30}{2} \tan 10^\circ = 3.29 \text{ m}$$

$$AD = 19.30 + 3.29 = 22.59$$

$$r = \sqrt{(22.59)^2 + \left(\frac{37.30}{2}\right)^2} = 29.29 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= \text{ang sen } \frac{AD}{r} - \alpha - \delta \\ &= \text{ang sen } \frac{22.59}{29.29} - 10 - 10 = 30.47 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{C.A.} = \frac{0.242^2 + 29.29^2 \cos^2 30.47^\circ}{0.242^2 + 29.29^2}$$

$$E.A. = \frac{1}{2} 10878.69 \times 1.7453 \times 1.0 \times 0.10^2 \times 0.7428 = 70.54$$

$$E.A. = 70.5 \text{ ton - m}$$

Pilotes (1.^{er} Condición)

$$\text{Pilote} = 48'' \phi \quad e = 2''$$

datos:

E.A. = 70.50

Cota de impacto +3

Nº de pilotes # 5

Nivel de dragado N-15.00

Ancho de la plataforma de atraque $b = 7.32$ (paños ext. del pilote)

Pilote de acero: A-36

Límite elástico: $TE = 2530 \text{ Kg/cm}^2$

Tensión admisible: $TA = 0.95 TE = 2404 \text{ Kg/cm}^2$

Características del pilote.

$$I = \frac{\pi}{64} (d^4 - d_1^4) = 3'188\ 001 \text{ cm}^4$$

$$A = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2) = 1\ 864.68 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{\pi}{32d} (d^4 - d_1^4) = 52\ 296.60 \text{ cm}^3$$

$$r = \sqrt{\frac{d^2 + d_1^2}{4}} = 41.34 \text{ cm}$$

Momento máximo de un pilote.

$M \text{ max} = Sta = 52296.6 (2404) = 125721000 \text{ kg-cm } 1257.21 \text{ ton-m.}$

Nota:

Primera Condición: como se comportan estructuralmente los pilotes debido a la Energía de Atraque de los barcos de 80,000 T.P.M.

Configuración estratigráfica.

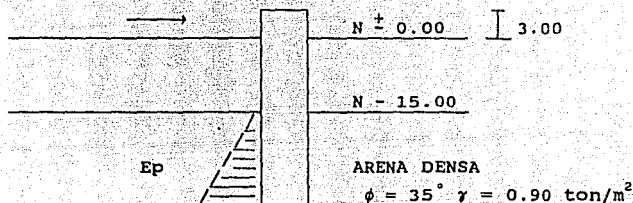


fig X.3.1

Características mecánicas del terreno.

Capa única: $\phi = 35^\circ$ $h = 0.90$ $\gamma = 1.00$

$$K_p = \tan^2 45 + \frac{35^\circ}{2}$$

$$K_p = 3.69$$

$$F_{w1} = K_{p1} \times h \gamma = 3.69 \times 0.90 \times 1.00$$

$$F_{w1} = 3.32$$

Constantes:

$$\gamma = 1.0$$

$$s = \sqrt{\frac{F_{w1} \gamma s_1}{F_{w2} \gamma s_2}} = 1.0 \text{ por ser un solo suelo.}$$

Momento máximo permisible de los 5 pilotes.

$$M_{\text{máx}} = 5 (1257) = 6285 \text{ ton-m.}$$

Profundidad del punto de $M_{\text{máx}}$.

$$\frac{24 M_{\text{máx}}}{F_{w1}} = 3x^4 \text{ m} + 4hx^3 \text{ m} + 8b^3x \text{ m} + 12hb^2x \text{ m}$$

$$\frac{24 (6285)}{3.32} = 3x^4 \text{ m} + 4(18)x^3 \text{ m} + 8(7.32) x^3 \text{ m} + 12(18) (7.32) x^2 \text{ m}$$

$$45433.7 = 3x^4 m + 72x^3 m + 58.56x^2 m + 1581.1x m$$

$$0 = 3x^4 m + 130.56x^3 m + 1581.1x^2 m - 45433.7$$

$$0 = x^4 m + 43.52x^3 m + 527.03x^2 m - 15144.56$$

$$\text{Si } X_m = 4m$$

$$X_m = 4.5.$$

Fuerza de choque

$$p = \frac{3.32 (4.50)^2}{6} (3 \times 7.32 + 4.50) = 296.48 \text{ ton.}$$

$$p = 296.5 \text{ ton.}$$

Profundidad del punto de momento nulo:

$$\frac{24 p h}{F_{w1}} = t_0^4 + 4(7.32) t_0^3 - \frac{24 p}{F_{w1}} t_0$$

$$\frac{24(296.5)(18.0)}{3.32} = t_0^4 + 29.28 t_0^3 - \frac{24(296.5)}{3.32} t_0$$

$$t_0^4 + 29.28 t_0^3 - 2143.4 t_0 - 38580.7 = 0$$

$$t_0 = 11.6$$

Punto de flecha Nula:

$$t_x = 0.78 t_0 = 0.78(11.6) = 9.05 \text{ m}$$

Profundidad de hincado:

$$t = 1.2 t_0 = 1.2(11.6) = 13.92 \text{ m}$$

Flecha máxima:

$$y = \frac{P}{N3E} \frac{(h+m)^3}{I} = \frac{296.5}{5 \times 3 \times 2.1 \times 10^6} \frac{(18 + 9.05)^3}{0.03188}$$

$$y = 0.58 \frac{\text{ton} - \text{m}^3}{\text{kg} - \text{cm}^2 - \text{cm}^4}$$

Energía que puede absorber el sistema.

$$E = \frac{1}{2} P_v = \frac{1}{2} (296.5)(0.58) = 85.99 \text{ ton} - \text{m} \quad E > E_a$$

$$85.99 > 70.5 \text{ ton-m}$$

F.S. = 1.22 (la estructura trabaja al 88%)

Revisión estructural del pilote:

En el análisis anterior ya se ha tomado desde un principio la capacidad de cada pilote a la tensión.

El único factor que es discutible es la profundidad a la que se consideran empotrados los pilotes para la obtención del brazo de palanca de momentos.

Para la revisión se considera como profundidad de empotre el punto de flecha nula.

$t_x = 9.05 \text{ m} \longrightarrow$ Punto de flecha nula.

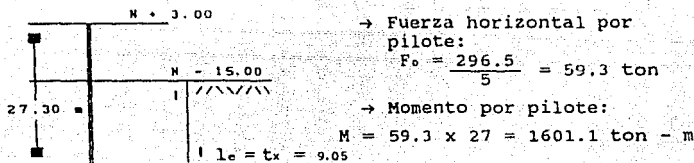


fig X.3.2

Se analizó únicamente para el efecto de flexión.

$$F_b = \frac{1601 \times 10^5}{52296.6} = 3061.4 \text{ Kg/cm}^2 \quad \frac{M}{s}$$

$$\frac{f_b}{T_A} = \frac{3061.4}{2404} = 1.27 > 1$$

Si tomamos la longitud de empotre en el punto de momento máximo tendríamos:

$$\text{Brazo} \quad 18.00 + 4.5 = 22.50 \text{ m.}$$

$$\text{Momento} \quad 22.50 (59.3) = 1334.25$$

$$F_b = \frac{3061.4 \times 10^5}{52296.6} = 2551.3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{f_b}{T_A} = \frac{2551.3}{2404} = 1.06 \approx 1 \quad (\text{practicamente igual limite}).$$

Conclusiones:

1- Para duques flexibles es muy recomendable utilizar acero con un alto F_y del orden de 5000 Kg/cm² en nuestro caso se ha propuesto acero A-36 ($F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$).

2- Es conveniente mencionar que no se ha previsto una disminución del espesor de los pilotes por efectos de corrosión.

3- Se tienen como factores de seguridad lo siguiente.

a) En el acero trabajando al 95% a tensión.

b) En la interacción suelo-estructura respecto a la energía de atraque se trabaja al 88%.

c) Las defensas tienen un porcentaje de absorción de la energía de atraque.

d) Se tienen 4 plataformas en lugar de 2 que fueron las que se diseñaron.

Segunda Condición Viento.

Presión del viento sobre el buque.

El empuje esta dado por:

$$P = \frac{1}{2} \rho C_r V^2 S$$

Donde:

P = presión del viento.

ρ = densidad del aire.

C_r = Coeficiente de arrastre, que toma en cuenta el rozamiento superficial y el efecto de forma.

S = Es la sección opuesta al movimiento del viento normal a la dirección de este.

$$\rho = 0.0078 \text{ V}^2$$

$$P = 174 \text{ Kg/m}^2 \text{ (valores obtenidos del Shibata Fender.)}$$

Superficies expuestas al viento.

$$S_L = S_s + S_m = F_B \times L_T + \alpha L_r \times H$$

Donde:

S_L = Superficie lateral expuesta al viento.

S_s = Superficie lateral expuesta al viento de la superestructura.

S_m = Superficie lateral expuesta al viento de la obra muerta.

$$b = \text{Franco Bordo.} = \text{Puntal} - \text{Calado en lastra} = 19.6 - 5.7 = 13.90$$

$$\alpha L_r = \text{Anchura lateral de la obra muerta} = 0.1 \times 260 = 26.00$$

$$H = \text{Altura de la superestructura} = 10.00 \text{ m.}$$

$$S_L = 13.90 \times 260.00 + 26.00 \times 10.00 = 3874.00 \text{ m}^2$$

S_T = Eslora total

Superficie frontal.

$$S_F = S_s' + S_m' = F_B \times B + \beta \times B \times H$$

Donde:

B = Manga del buque.

βB = Anchura de la obra muerta. ($\beta = 0.5$ para este tipo de buque)

$$S_F = 13.90 \times 37.50 + 0.5 (37.50) \times 10.00 = 708.75$$

Fuerzas resultantes sobre los duques de atraque.

$$F_T = P \times A_T = P \times S_L = 0.174 \times 3874.00 = 674.10 \text{ ton.}$$

F_y = Fuerza resultante del viento actuando perpendicularmente al eje del barco y este recarga en las plataformas de atraque.

Sabemos que esta fuerza será tomada por 4 plataformas de atraque y que la fuerza que deberá resistir cada plataforma

será:

$$F = \frac{F_v}{4} = \frac{674.10}{4} = 168.5 \text{ ton.}$$

En estas condiciones los pilotes se comportan estructuralmente de la siguiente manera:

Flecha máxima:

$$y = \frac{P}{N3E} \times \frac{(h+m)^3}{I}$$
$$= \frac{168.5}{5 \times 3 \times 2100} \times \frac{(2200)^3}{3,181,001}$$
$$= 0.005349 \times \frac{1.0648 \times 10^{10}}{3,181,001}$$

$$= 0.005349 \times 3340.02$$

$$= 17.86 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm}$$

La energía que puede absorber el sistema es:

$$E = 85.99 \text{ ton} - m > E = 15.17 \text{ ton} - m$$

Conclusión:

La consideración de 4 plataformas de atraque para esta segunda condición nos garantiza una seguridad de F.S. = 5.7 o sea que la estructura para esta condición esta trabajando al 18% de su capacidad.

Para esta condición la estructura "Marco defensa" deberá tener una inclinación igual a la flecha máxima obtenida del análisis; se considera que no hay defensas por lo que se deberá poner material protector como madera o teflón para no dañar el casco del barco; la fuerza del viento se transmite íntegramente por el área de contacto la cual provoca una presión máxima de 20 ton/m² para que no sea dañado el casco de la embarcación. En nuestro caso utilizamos dos (2) defensas Shibata tipo A - 250.

De acuerdo con las observaciones efectuadas en el análisis de las estructuras flexibles se pueden disponer además de unas defensas cuya reacción no sea superior a la admisible por la estructura con objeto de disminuir la energía que absorben los pilotes ya que estas también absorben energía, de esta forma la solución queda de la siguiente manera:

Usando Defensas A - 250 (Shibata Fender).

cuando estas alcanzan su máxima deformación sus características son:

$$\text{Máxima deformación} = 40\% = \Delta = 0.40 (66) = 26.4$$

$$R = \text{Carga} = 126 \text{ ton} - \text{m}.$$

$$E = \text{Energía} = 25.0 \text{ ton} - \text{m}.$$

$$F = 2 \times 126 = 252 < 296.48 \text{ ton}.$$

$$E = 2 \times 25 = 50 \text{ ton} - \text{m} < 85.99 \text{ ton} - \text{m}$$

Considerando dos defensas A - 250

Deformación máxima < 45%

$$A \text{ máx} = 0.45 (66.0) = 29.7 \text{ cm}.$$

$$\text{Reacción máx} = 129 \text{ ton}.$$

$$E_d = 28.8 \text{ ton-m (por defensa)}.$$

$$E_M = 2 \times 28.8 = 57.6 \text{ ton} - \text{m del sistema (Energía de defensas)}.$$

$$R_r = 2 \times 129 = 258 \text{ ton}.$$

$$\text{Flecha de pilotes} \quad Y = 258 (1.06032 \times 10^{-3}) = 0.2735 \text{ m}.$$

Si los pilotes se deforman 27 cms reaccionan con una carga de:

$$P = 0.27 / 1.06032 \times 10^{-3}$$

en donde la reacción por defensa será:

$$P_d = 254.64 / 2 = 127.32 \text{ ton}$$

Conclusion en este caso las defensas resistirian normalmente porque :

$$127.32 > 129$$

la energía desarrollada por el pilote cuando se deforman 27 cm es:

$$E_p = \frac{1}{2} P Y = \frac{1}{2} (258) (0.27) = 34.83 \text{ ton} - \text{m.}$$

Energía total del conjunto defensas - Pilote

$$E_r = E_{\text{defn.}} + E_{\text{pilotes}} = 57.6 + 34.83 = 92.43$$

la cual es mayor que 70.5 ton - m (energía desarrollada en el atraque) la fuerza ejercida por el buque en la plataforma de atraque es:

$$F = 168.5 \text{ ton}$$

la cual correspondería a cada defensa:

$$F_d = 168.5/2 = 84.3 \text{ ton.}$$

Comparandola con la reacción máxima:

$$R = 129 \text{ ton tenemos:}$$

$$F_d = 84.3 \text{ ton} < 129 \text{ ton.}$$

De acuerdo con el análisis anterior, la fuerza de viento sobre el buque genera condiciones menos críticas que la condición primera que es el atraque directo de los buques sobre una sola plataforma.

Obtención del desplazamiento que se le genera en los pilotes:

$$\frac{E_{\text{cap pilot}}}{E_{\text{atraque}}} = \frac{0.18}{\delta_a} \quad \therefore \delta_a = \frac{0.18 E_{\text{atraque}}}{E_{\text{cap pilot.}}}$$

$$\delta_a = \frac{0.18 (70.5)}{85.99} = 0.15 \text{ m}$$

los pilotes reaccionan en la parte superior con la fuerza que origina este desplazamiento:

$$Y = \frac{Ph^3}{N3EI} \therefore 0.15 = \frac{P(22.00)^3}{5 \times 3 \times 21 \times 10^6 \times 0.03108}$$

| | P | $\gamma = P \times 1.06 \times 10^{-3}$ | E |
|-------------------------------|-------|---|------|
| Por tanteos: | 139.2 | 0.148 | 10.3 |
| E = 70.5 ton - m ³ | 200 | 0.212 | 21.2 |
| | 300 | 0.318 | 47.7 |
| $Y = \frac{P(h+m)^3}{N3EI}$ | 400 | 0.424 | 84.8 |
| | 350 | 0.371 | 64.9 |
| E = $\frac{1}{2}$ PY | 360 | 0.382 | 68.7 |
| | 365 | 0.387 | 70.6 |

Para que los pilotes absorban la energía de atraque E = 70.5 ton - m estas obtienen un desplazamiento de Y = 0.387 y reaccionan ante una carga de 365 tons.

$$\text{Patraque} = 296.5 \quad (1^{\text{a}} \text{condición}).$$

$$\text{Comprobación: } P = \frac{0.387}{0.001603} = 365$$

$$P = \frac{2E}{Y} = \frac{2 \times 70.50}{0.387} = 364.3 \text{ ton} \approx 365 \text{ ton.}$$

Considerando defensas del Shibata Fender tipo A - 250 con un $\phi = 250$ cm (Ext) se requiere que el área de contacto entre marco defensa y barco no genere una presión mayor de 20 ton/m².

Para que no se dañe el casco.

$$\sigma = \frac{P}{A} = \therefore A = \frac{P}{\sigma} = \frac{296.5}{20} = 14.83 \text{ m}^2$$

La longitud proyectada para transmitir la fuerza al diafragma es de aproximadamente 8.50 m. (longitud aproximada del marco - defensa).

$$b = \frac{14.83}{8.50} = 1.74 \text{ m.}$$

2 defensas A - 250 se colocaron en un área $A = 8.50 \times 2.24 = 19.04 \text{ m}^2$.

Area del marco - defensa

Máxima deflexión = 29.7 (45%)

$R_{\text{máx}} = 129 \text{ ton.}$

$F_{\text{máx}} = 2 \times 129 = 258 \text{ ton} < 296.5 \text{ ton}$

Esto quiere decir que una vez deformadas las defensas hasta su máxima deflexión, los pilotes comienzan a flexionarse absorbiendo con ello el remanente de fuerza generado por el impacto de la embarcación.

Marco - Defensa.

Se utilizarán 2 defensas Shibata A - 250 para recibir el choque del buque.

Análisis de una viga intermedia considerando que la defensa reacciona a su carga máxima de 129 ton.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \sigma = \frac{129}{\frac{\pi(2.24)^2}{4}} = 32.73 \text{ ton/m}^2.$$

$W = 0.86 (32.73) = 28.15 \text{ (Carga uniformemente repartida).}$

La viga exterior por analizar es:

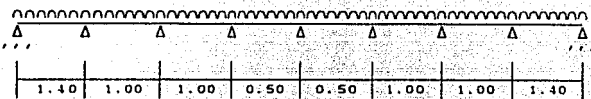


fig X.3.4

Conclusión:

El momento máximo actuante es:

$$M = 5.16 \text{ ton} \cdot \text{m}.$$

La viga que resista dicho momento es:

$$S = \frac{M}{f_b} = \frac{516000}{1520} = 339.5 \text{ cm}^3$$

Usar perfil HPC - 14 x 14 a 181.

Características:

| | | | | |
|---------------------------|-----------------|------|-----------------------|-----|
| A = 229.11 | cm ² | alma | t _w = 15.9 | mm. |
| I _x = 530 x 89 | cm ⁴ | | t' = 304.8 | mm. |
| S _x = 2985 | cm ³ | | | |
| V _x = 15.22 | cm | | | |

Revisión por cortante.

$$V_{\text{MAX}} = 23 \text{ 400 Kg.}$$

$$F_x = \frac{V_{\text{MAX}}}{at} = \frac{23,900}{1.59 \times 30.48} = 482.8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$0.4 F_y = 0.4(2550) = 1012 \text{ Kg/cm}^2 > F_v = 482.8$$

Condiciones para proponer el perfil

a).- Que el perfil cubra toda la defensa arriba de cada barreno, esto es que no quede sección en voladizo.

b).- Que resiste a flexión, cortante y además prevenir una tolerancia para la corrosión.

c).- Que resista efectos de cargas horizontales por la acción del atraque del barco es decir que trabaje como columna.

Análisis de una de las vigas interiores.

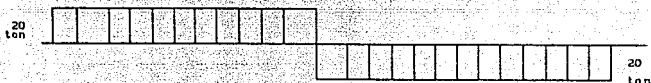


fig X.3.6

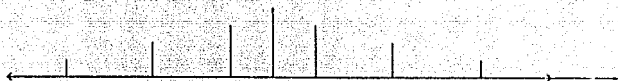


fig X.3.7

$$M = \frac{Pl}{A} = \frac{40 \times 224}{4} = 22.4 \text{ ton - m.}$$

Módulo de Sección: $S = \frac{2,240,000}{1520} = 1474 \text{ cm}^3$

Si utilizamos la viga H.P.C. 14 x 14 a 181 tendríamos:
 $S_x = 2985 \text{ cm}^3 > S = 1474 \text{ cm}^3$

Considerando que va a transmitirse a través del alma la reacción total de 40 ton tenemos:

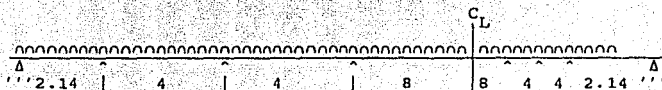
$$F_v = 40000 / 1.59 \times 30.48 = 825.4 \text{ Kg/cm}^2 < 0.4 F_y = 1012 \text{ Kg/cm}^2$$

Impacto sobre una sola defensa.

Análisis de la viga considerando que el barco choca de lleno contra una sola defensa.

En este caso una sola absorbe: 296.5 ton.

$$W = \frac{296.5}{\frac{\pi(2.24)^2}{4}} = 75.2 \text{ ton/m}^2 \therefore W = 75.2(0.87) = 65.46 \text{ ton/m}$$



| | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| k | 2.14 | 4 | | 4 | | 8 | | 0.5 |
| f _d | 0.35 | 0.65 | 0.5 | 0.5 | 0.33 | 0.67 | 0.5 | 0.5 |
| M _c | 16.04 | -5.46 | 5.46 | -5.46 | 5.46 | -1.36 | 1.36 | |
| 1 ^a D | -3.70 | -6.88 | 0 | 0 | -1.35 | -2.75 | 0 | |
| 1 ^e T | | 0 | -3.44 | -0.67 | 0 | 0 | -1.37 | |
| 2 ^a D | | 0 | 2.06 | 2.05 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 ^{da} T | | 1.03 | 0 | 0 | 1.02 | 0 | 0 | |
| 3 ^a D | -0.36 | -0.67 | 0 | 0 | -0.54 | -0.68 | 0 | |
| | | - | + | - | + | - | + | |
| M _r | 11.98 | 11.98 | 4.08 | 4.08 | 4.79 | 4.79 | 2.75 | |

$$M = -11.98 \text{ ton - m.}$$

$$S_{nec} = \frac{1198000}{1520} = 788.2 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 2985 \text{ cm}^3 > S_{nec} = 788.2 \text{ cm}^3.$$

Conclusión:

En esta condición que es la más desfavorable se ve que las vigas propuestas cumplen satisfactoriamente.

Separación Máxima Permisible entre defensas:

$$2l = 2 \sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

donde:

$2l$ = separación entre defensas.

r = radio de curvatura de la proa del barco.

h = peralte de la defensa cuando desarrolla la energía máxima.

Datos:

$$h = 66 - 26.6 = 39.4 \text{ cm} = 0.394 \text{ m.}$$

$$\theta = 10^\circ \rightarrow r = 60 \text{ m.}$$

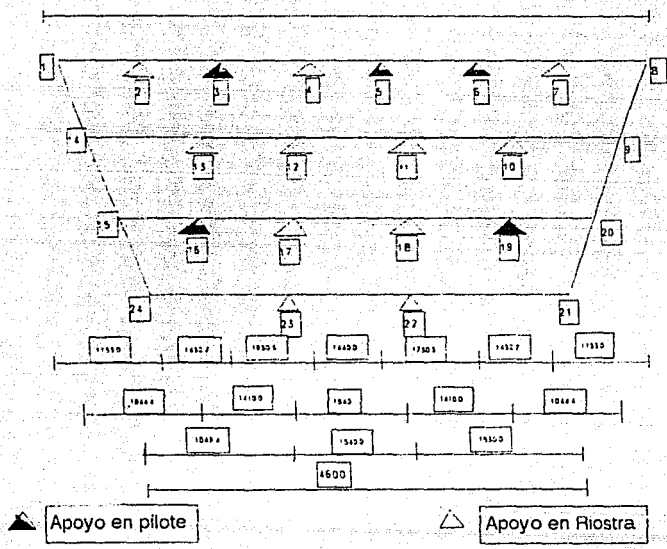
$$2l = 2 \sqrt{60^2 - (60 - 0.394)^2}$$

$$2l = 13.7 > 4.35 \text{ m.}$$

Esta separación es la necesaria para que en el ataque el casco del barco nunca choque contra el parámetro de los duques.

Diafragmas.

Ver la figura X.3.9



Momentos de inercia y rigideces angulares.

tubo: ϕ 16" esp = 1.91 3/4"

$$J = 43,583 \text{ cm}^4.$$

c = 8" a 20.46 kg/cm

$$J_{xx} = 1490.1 \text{ cm}^4.$$

Rigideces Angulares.

$$K_{1-2} = \frac{43,583}{7-8} = 385 \text{ cm}^3.$$

$$K_{23-22} = \frac{43,583}{154} = 283 \text{ cm}^3$$

$$K_{2-3} = \frac{43,583}{6-7} = 304 \text{ cm}^3.$$

$$K_{4-13} = \frac{1490}{10-9} = 9.7 \text{ cm}^3$$

$$K_{3-4} = \frac{43,583}{163} = 267 \text{ cm}^3.$$

$$K_{13-12} = \frac{1490}{11-10} = 9.9 \text{ cm}^3$$

$$K_{4-5} = \frac{43,583}{173} = 252 \text{ cm}^3.$$

$$K_{12-11} = \frac{1490}{154} = 9.7 \text{ cm}^3$$

$$K_{8-9} = \frac{43,583}{1-14} = 261 \text{ cm}^3$$

$$K_{15-16} = \frac{1490}{19-20} = 14.3 \text{ cm}^3$$

$$K_{9-20} = \frac{43,583}{14-15} = 295 \text{ cm}^3$$

$$K_{16-17} = \frac{1490}{18-19} = 10.6 \text{ cm}^3$$

$$K_{20-21} = \frac{43,583}{15-24} = 261 \text{ cm}^3$$

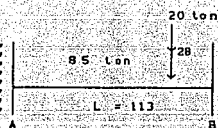
$$K_{17-18} = \frac{1490}{154} = 9.7 \text{ cm}^3$$

$$K_{24-23} = \frac{43,583}{22-21} = 285 \text{ cm}^3$$

$$K_{5-6} = \frac{43,583}{173} = 252 \text{ cm}^3$$

Condiciones de carga.

Tramo (1-2) y (8-7)



$$M_A = \frac{P a^2 b}{L^2} = \frac{20(0.85)^2 (0.28)}{1.13^2}$$

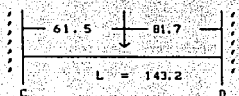
$$M_A = 3.17 \text{ t-m.}$$

$$M_B = \frac{P a^2 b}{L^2} = \frac{20(0.85) (0.28)^2}{1.13^2}$$

$$M_B = 1.0471 \text{ t-m}$$

Fig. X.3.10

Tramo (2-3) y (7-6)

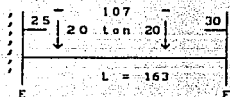


$$M_C = \frac{20(0.615)^2 (0.817)}{1.432^2} = 3.02 \text{ t-m}$$

$$M_D = \frac{20(0.615) (0.817)^2}{1.432^2} = 4.01 \text{ t-m}$$

Fig. X.3.11

Tramo (3-4)



$$M_E = \frac{20(0.25)^2 (1.37)}{1.63^2}$$

$$+ \frac{20(1.32)^2 (0.30)}{1.63^2} = 4.58 \text{ t-m}$$

$$M_F = \frac{20(0.25) (1.37)^2}{1.63^2}$$

$$+ \frac{20(1.32) (0.30)^2}{1.63^2} = 4.43 \text{ t-m}$$

Fig. X.3.12

Tramo (4-5)

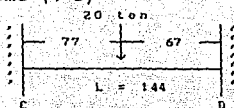


Fig. X.3.13

$$M_C = \frac{20(0.77)^2(0.67)}{1.44^2} = 3.83 \text{ t-m}$$

$$M_D = \frac{20(0.67)^2(0.77)}{1.44^2} = 3.33 \text{ t-m}$$

Tramo (5-6)

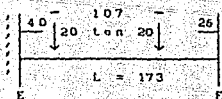


Fig. X.3.14

$$M_I = \frac{20(0.40)^2(1.33)}{1.73^2}$$

$$+ \frac{20(0.26)(1.47)^2}{1.73^2} = 5.18 \text{ t-m}$$

$$M_J = \frac{20(0.40)(1.33)^2}{1.73^2}$$

$$+ \frac{20(0.26)^2(1.47)^2}{1.73^2} = 5.59 \text{ t-m}$$

Momentos de empotramiento y momentos de desequilibrio:

Ver fig. X.3.15.

Planteamiento matricial.

Matriz 24 x 24

Rigideces angulares en las piezas.

Giros.

Obtención por método computarizado de elementos mecánicos y esfuerzos de los diafragmas y su celosía de la plataforma de atraque.

Cálculo de momentos finales en los nodos.

| | | |
|--------------------|---|----------------------------------|
| M ₁₋₂ | = 3.17 + 39.7(-0.046) + 19.8(-0.012) | = +1.10 ton-m |
| M ₂₋₁ | = 1.04 + 39.7(-0.012) + 39.7/2(-0.046) | = -2.43 ton-m |
| M ₁₋₁₄ | = 0 + 26.9(-0.046) + 13.45(0.011) | = -1.09 ton-m |
| M ₁₄₋₁ | = 0 + 26.9(0.011) + 26.9/2(-0.046) | = -0.32 ton-m |
| M ₂₋₃ | = 3.02 + 31.3(-0.012) + 31.3/2(-0.012) | = +2.45 ton-m |
| M ₃₋₄ | = 4.58 + 27.5(-0.012) + 27.5/2(0.025) | = +4.59 ton-m |
| M ₄₋₃ | = -4.03 + 27.5(0.005) + 27.5/2(-0.012) | = -3.90 ton-m |
| M ₃₋₂ | = -4.01 + 31.3(-0.012) + 31.3/2(-0.012) | = -4.57 ton-m |
| M ₄₋₅ | = 3.83 + 31.2(0.025) + 31.2/2(-0.0467) | = +3.89 ton-m |
| M ₅₋₄ | = -3.33 + 31.2(-0.046) + 31.2/2(0.025) | = +4.37 ton-m |
| M ₅₋₆ | = 5.18 + 26(-0.046) + 26/2(0.0327) | = +4.39 ton-m |
| M ₆₋₅ | = 5.18 + 26(-0.046) + 26/2(0.0327) | = +4.39 ton-m |
| M ₁₄₋₁₃ | = 0 + 1.0(0.011) + 0.5(-0.0031) | = +9.45 x 10 ⁻³ ton-m |
| M ₁₃₋₁₄ | = 0 + 1.0(0.011) + 0.5(0.011) | = +2.4 x 10 ⁻³ ton-m |
| M ₁₄₋₁₅ | = 0 + 31.4(0.011) + 31.4(-0.0032) | = +0.29 ton-m |
| M ₁₅₋₁₄ | = 0 + 31.4(0.011) + 31.4(-0.0032) | = +0.29 ton-m |
| M ₁₃₋₁₂ | = 0 + 1.0(-0.0031) + 0.5(0.011) | = +0.0024 ton-m |

Diseño de riostras y tubo.

Datos para diseño de riostras y revisión del tubo de 16" x 1/2".

$$H = 5.47 \text{ ton-m.}$$

$$V = 20.49 \text{ ton-m.}$$

Usando tubo de 16" e = 1/2"

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi[(16 \times 2.54)^2 - (15 \times 2.54)^2]}{64} = 157.07$$

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} = \frac{\pi[(16 \times 2.54)^4 - (15 \times 2.54)^4]}{64} = 9.817$$

$$S = \frac{I}{Y} = \frac{9.817}{20.32} = 0.48312$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \times 10^4 \text{ Kg/m}^2 = 2.1 \times 10^6 \times 10^4 \times 10^{-3} \text{ Ton/m}^2$$

Flexión:

$$S_{nec} = \frac{54,700}{1520} = 359.3 \text{ cm} \quad S_{nec} < S$$

El tubo trabajaría al 25%

Cortante:

$$V_{act} = \frac{20,490}{157.07} = 130.45$$

$$V_{adm} = 0.4(2530) = 1012 \text{ Kg/cm}^2$$

$V_{adm} > V_{act}$ Pasa

Ahora bien vamos a revisar el tubo ante la condición más crítica, este es cuando no hay riostras, los claros son mayores y los momentos también.

$$M_{máx} = 14,494 \text{ Kg-m}$$

$$M_{Máx} = 14,260 \text{ Kg-m}$$

$$S_{nec} = \frac{1,449,400}{1520} = 953.55 \text{ cm}^3 \text{ Pasa.}$$

Aquí el tubo trabajaría al 65%.

Cortante:

$$V_{máx} = 21,910.2$$

$$V_{act} = \frac{21,910.2}{157.07} = 139.55 \text{ Kg/cm}^2 < 1012 \text{ Kg/cm}^2$$

El tubo resiste a flexión y cortante.

- Revisión del canal más fatigado a compresión:

La reacción máxima sobre las riostras está en el apoyo N° 2 y equivale a: $F = 31.06 \text{ ton.}$

La longitud de esta riostra es: $L = 1.37 \text{ m.}$

Se revisa al perfil propuesto C - 8" a $20.46 \text{ Kg/m (A - 36).}$

$$A = 25.94 \text{ cm}^2$$

$$r_{\min} = 1.57 \text{ cm}$$

La relación de esbeltez es: $RE = \frac{1 \times 137}{1.57} = 88$ de donde:

$$F_a = 1017.3 \text{ Kg/cm}^2.$$

donde: $C_{ap} = 1017.3 (25.94) = 26.3 \text{ ton} < 31.06 \text{ ton}$. No paso.

Se revisa con C-8" a 27.90 Kg/m (A-36)

$$A = 35.42 \text{ cm}^2$$

$$r_{\min} = 1.52 \text{ cm}$$

$$RE = \frac{1 \times 137}{1.52} = 90.1 \therefore F_a = 1000.6 \text{ Kg/cm}^2$$

$C_{ap} = 1000.6(35.42) = 35.42 \text{ ton} > 31.06 \text{ ton}$ pasa.

Nota: En este análisis las riostras intermedias trabajan a compresión y sirven para:

- a) Acortar los claros de apoyo en el diafragma.
- b) Como elementos de forma para dicho diafragma.

Iteración pilotes-defensas.

Análisis de las deformaciones originadas en la defensa y los pilotes por las condiciones:

$E = 70 \text{ ton-m}$ (Energía de atraque)

Sistema de defensa (Shibata - Fender) A - 250

Carga = 129 ton

Deflexión = 45%

Energía = 28.3 ton-m

Carga por 2 defensas 2 x 129 = 258

Sistema de pilotes

5 ϕ 48" e = 2"

Longitud 2250 cm

I 3188820 cm⁴

E 2.1×10^6 Kg/cm²

Interacción suelo - estructura (Pilote)

De acuerdo al tipo de suelo, se considera que a una profundidad de 2250 cm a partir del nivel + 300 cm el pilote se puede considerar empotrado.

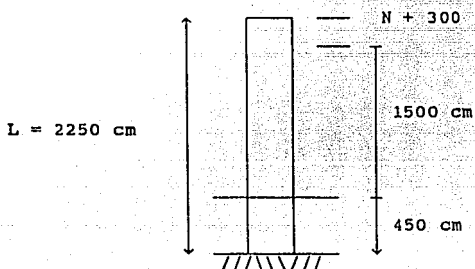


fig X.3.16

Integración defensa-pilote.

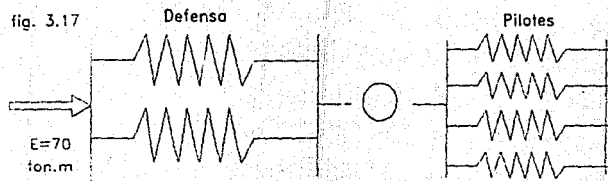
El conjunto se puede idealizar como un sistema de resortes en los cuales las defensas presentan una rigidez "no lineal" y los pilotes con rigidez lineal trabajando en serie.

Ver Figuras X.3.17 - X.3.19

La máxima energía que puede tomar las defensas en el instante (b) es $28.8 \times 2 = 57.6$, y la carga que transmite es de $129 \times 2 = 258$ (ver especificaciones y gráficas del shibata para defensas tipo A-250).

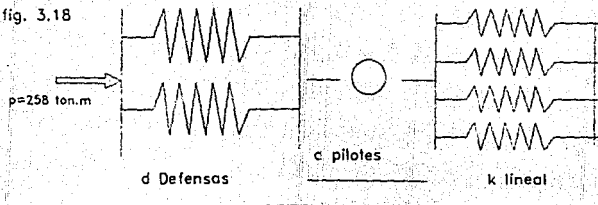
Cuando se alcanza esta magnitud de carga, los pilotes han absorbido una parte del total de la energía por deformación.

fig. 3.17



a) Modulo equivalente
antes de aplicar
la carga

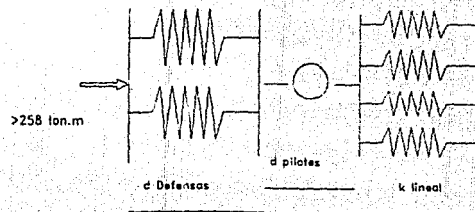
fig. 3.18



b) Deformacion del
modulo equivalente al
tomar las defensas
la maxima energia de
que sean capaces

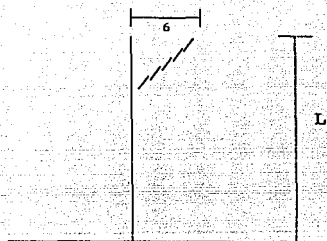
K (no lineal)

fig.319



c) Determinacion total
del sistema

K (nc lineal)



$$\delta = \frac{PL^3}{3EI}$$

$$P = \frac{258}{5} = 51.6 \text{ ton.}$$

Fig X. 3.20

$$\delta = \frac{51600 \times 2250^2}{3 \times 2.1 \times 10^6 \times 3188820} = 29.26 \text{ cm}$$

De acuerdo al principio del trabajo virtual la energía cinética perdida por la deformación de los pilotes será igual al trabajo desarrollado.

$$E_c = \frac{1}{2} P\delta$$

de donde la energía absorbida por los pilotes será:

$$E_c = \frac{1}{2} (51.6 \times 29.26) \times 5 \quad 5 \text{ por los pilotes.}$$

$$E_c = 37.7$$

La energía total será:

$$E_r = E_c(\text{Def}) + E_c(\text{P11}).$$

$$E_r = 57.6 + 37.7 = 95.3$$

Se puede ver que la energía total absorbida por los pilotes y las dos defensas A-250 es mayor que la energía de ataque (10 ton - m).

Análisis de la distribución de la energía en los duques de atraque.

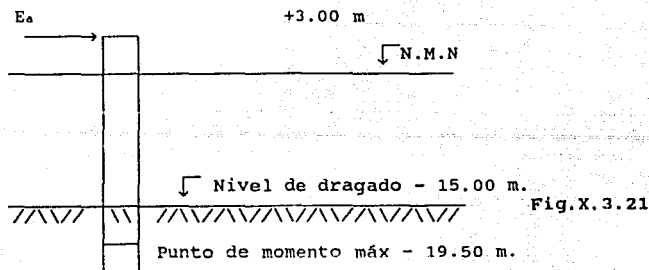
Análisis para la obtención de la inclinación del marco - defensa tenemos los siguientes datos de partida.

Energía de atraque 70
 Cota de Impacto N + 3.00
 El duque de alba es de tipo flexible.
 5 pilotes de ϕ 48" esp 2" Acero A-36
 Dos defensas a 250 (catálogo Shibata Co.) cuya:
 Energía disipada: 28.8 ton-m por c/u.
 Reacción máxima = 129 ton-m por c/u.

Por ser dos defensas tenemos:

$$\left. \begin{aligned} E_r &= 28.8 \times 2 = 57.6 \text{ ton-m} \\ E_r &= 129 \times 2 = 258 \text{ ton-m} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{def máx} \\ \text{del } 45\% \end{array}$$

Figura representativa:



de la figura anterior podemos deducir el siguiente diagrama de cuerpo libre:

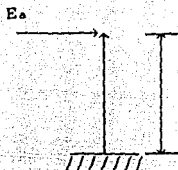


Fig X.3.22

Observación: Las defensas shibata A-250 tienen una curva de deflexión con las siguientes características:

- 1) Del 25% al 45% de su deflexión estas reaccionan con una carga aproximada de 126 tons.
- 2) La energía varía en forma lineal respecto a su deflexión con un valor máximo de disipación para el 45% de su deflexión.

Conclusión: Se analiza para la condición frontera, esta es cuando el barco atraca y por lo tanto las defensas reaccionan con 126 ton c/u.

Análisis

Carga por pilote:
$$P_n = \frac{258}{5} = 51.6$$

La deformación será:

$$\delta = \frac{\rho L^3}{3EI} = \frac{51600(2250)^3}{3(2100000)(3188000)} = 29.26$$

Ahora bien; la energía cinética perdida por la deformación elástica de los pilotes será:

$$E_c = \frac{1}{2} P \delta = \frac{1}{2} (51600) (0.2926) = 7.54 \text{ ton-m.}$$

debido a que son 5 pilotes se tiene: $E_{c1} = 7.54(5) = 37.74$ ton - m la energía total disipada será la suma de la que tomen las defensas más la tomada por la deformación elástica de los pilotes.

$$E_t = 57.6 + 37.7 = 95.3 \text{ ton - m.}$$

Esta es mayor que la energía de atraque: $E_2 = 70.5 \text{ ton} - \text{m}$.
El factor de seguridad que tendríamos en el atraque sería
 $F.S. = 95.3/70.5 = 1.35$ es decir un 35%.

Ya atracado el barco la energía por disipar será:

- oleaje
- viento
- mareas

Pero aquí ya se encuentra atracado, y además recargado sobre los 4 Duques de Alba.

Conclusiones:

1.- En el atraque se tendrá:

a).- Deflexión máxima del duque (sistema de pilotes) 29.3 cm.

El ángulo será: $\alpha = \text{arc tan} \frac{29.3}{2250}$

$\alpha = 0.74^\circ$

b).- Deflexión máxima en las defensas: $\Delta \approx 29.27 \approx 30 \text{ cm}$.

VER FIGURA X.3.23

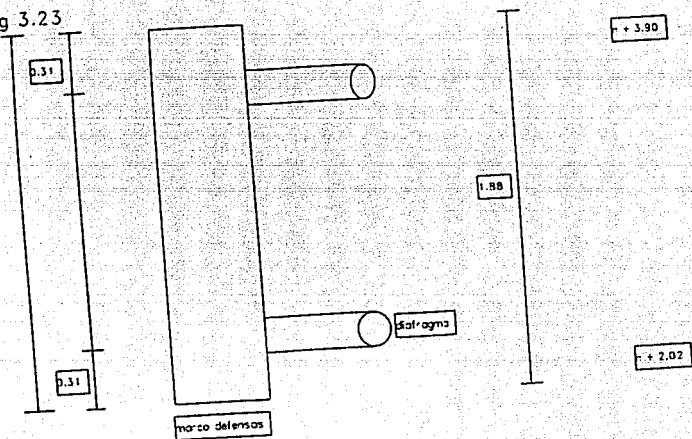
Cálculo de la flecha para varios puentes de control.

$$\Delta y = \frac{P}{6EI} (2L^3 - 3L^2x + x^3) \quad \text{Aquí } L = 15 + 4.5 + 4.21 \\ L = 23.71$$

1) Al nivel + 4.21 (paño superior Marco Def.)

$$\Delta = \frac{51600(2371)^3}{3(2100000)(3188000)}$$

Fig 3.23



2) Al nivel + 2.02 (Eje del tubo de diafragma inf.)

$$\Delta v = \frac{51600}{(219)^3} (2 \times (2371)^3 - 3(2371)^2(219) + 6(2100000)(3188000))$$

$$\Delta v = 29.5 \text{ cm}$$

VER FIGURA X.3.24

Finalmente se procedió a dibujar la elástica de la deformación de los pilotes.

Esto se graficó mediante la ecuación de la flecha de un cantiliver con carga puntual en su extremo.

Este plano no se incluye.

De éste se puede concluir que el sistema se recorre horizontalmente y además tiene un giro (mínimo) del dibujo se concluye:

- 1).- El ángulo que gira 1.17° respecto a la vertical.
- 2).-Dicho ángulo hace que el sistema de defensa de Shaline.

VER FIGURA X.3.25

Por lo anterior se proponen 2 alternativas:

- 1) dejar el sistema con la inclinación de 1.088°
- 2) dejar el sistema vertical y aprovechar la Isotropía de las defensas lo cual les permite absorber compresión inclinada (ángulo máximo de 10°) con la inclinación de 1.088° .

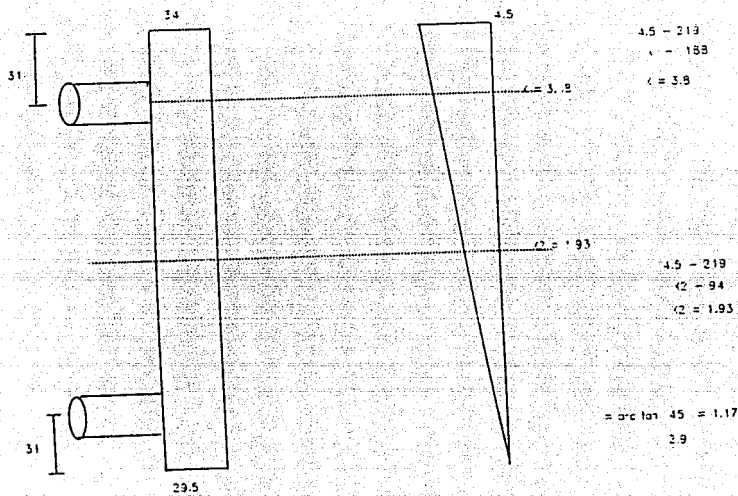
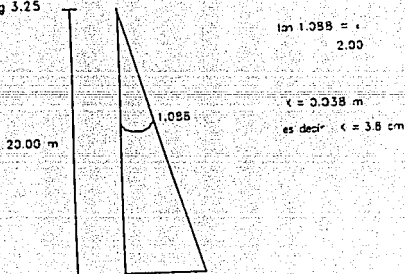


Fig 3.25



X.4.- Duques de alba de Amarre.

X.4.1.- subíndice.

1).- Generalidades

1.1).- Descripción

1.2).- Cargas

2).- Duque de Alba de Amarre N° 1

3).- Duque de Alba de Amarre N° 2

4).- Revisión de pilotes a Flexo compresión

Nota: Se tienen 4 tipos de Duques de Alba de amarre pero para efectos de la memoria únicamente se procedió a desarrollar solo el análisis y diseño de dos de ellos.

X.4.1.1.- GENERALIDADES.

X.4.1.1.1.- Descripción.- Los Duques de Alba de Amarre, como su nombre lo dice son estructuras que sirven para el amarre de las embarcaciones una vez que estas han atracado. Los Duques son placas macizas de concreto armado con peralte total igual a 80 cm. apoyada sobre pilotes metálicos ϕ 48" y $e = 1 \frac{1}{2}$ " Con los cuales forma marcos. Los Duques tienen en su centro geométrico unos dados que sirven para alojar ganchos de escape rápido con capacidad para 150 Ton., lo cual quiere decir que para los buques de 80,000 T.P.M. que provocan fuerzas de 300 Ton. aproximadamente, se requieren 2 ganchos por lado de amarre.

El análisis que se realizó fué un plano normal de ejes cartesianos por lo que conociendo la fuerza de amarre y teniendo el ángulo de inclinación con respecto a estos ejes se sacaron las componentes vertical y horizontal y con ellas se analizaron los marcos.

X.4.1.1.2.- Cargas.- El análisis de cargas solo comprende cargas muertas, cargas vivas, y cargas horizontales povocadas por la fuerza de amarre, dando como resultado:

Carga muerta losa h = 80 cm. $W_{cm} = 1920 \text{ Kg/m}^2$

Carga Viva (similar a la de azotea) $W_{cv} = 100 \text{ Kg/m}^2$

$W_t = 2020 \text{ Kg/m}^2$

a).- Análisis de las Componentes.

F = 300 Ton.

Fh = F cos 30°

Fh = 300 Cos 30°

Fh = 260 Ton.

Fv = F sen 30°

Fv = 300 Sen 30°

Fv = 150 Ton.

Estas componentes se aplicarán en el sentido correspondiente y lo único que se le opone son los marcos que forman en dicho sentido tenemos:

Para Fh = 260 Ton.

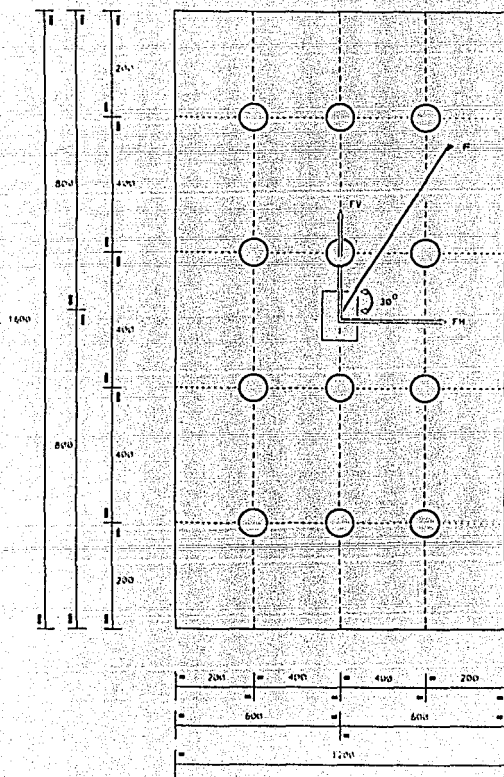
Entre 4 marcos en esa dirección tenemos: $Fh/4 = 260/4 = 65 \text{ Ton.}$

Para Fv = Ton.

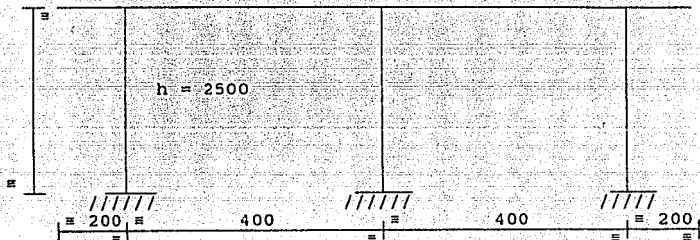
Entre 3 marcos en esa dirección tenemos: $Fv/3 \approx 150/3 = 50 \text{ Ton.}$

X.4.21. - DUQUE DE ALBA DE AMARRE N.º. 1

Dimensiones Generales, Colocación y Dirección de la fuerza de Amarre.



b).- Análisis y diseño de los marcos horizontales y verticales del Duque de Alba N° 1



MARCO TIPO EN SENTIDO HORIZONTAL

Momento de Inercia.

$$\text{Losa: } I = \frac{bh^3}{12} = \frac{400 \times 80^3}{12} = 17 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

Pilote: $\phi 48''$ e = $1 \frac{1}{2}''$

$$I = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{64} = \frac{\pi}{64} (2.54 \times 48^4 - 2.54 \times 45^4)$$

$$\frac{\pi}{64} (50'272,060) \Rightarrow I = 2,467,724 \text{ cm}^4$$

Inercia Relativa.

$$I_{\text{REL.}} = \frac{17}{2.47} = 7$$

Carga por Area Tributaria.

$$b = 4.00 \text{ m.}$$

$$\text{Sea: } W = 2.02 \text{ Ton/m}^2.$$

En volados

$$W_{\text{vol}} = 2.02 \times (2 \times 4) = 16.16 \text{ Ton.}$$

Intermedias:

$$W_i = 2.02 \times (4 \times 4) = 32.32 \text{ Ton.}$$

Momentos:

$$M_{E(\text{vol})} = \frac{WL}{2} = \frac{16.16 \times 2}{2} = 16.16 \text{ Ton - m.}$$

$$M_{E(I)} = \frac{WL}{12} = \frac{32.32 \times 4}{8} = 10.77 \text{ Ton - m.}$$

Rigideces:

$$K_{\text{LOGA}} = \frac{EI}{L} = \frac{10,000 \sqrt{f'c}}{L} I = 158114 \frac{I}{L}$$

$$K_{\text{LOGA}} = \frac{158 \times 7}{4} = 276,700 \text{cm}^3$$

$$K_{\text{TUBO}} = \frac{2.1 \times 10^6 \times I}{L} = \frac{2.1 \times 10^6 \times 1}{25} =$$

$$K_{\text{TUBO}} = 84,000 \text{cm}^3$$

Rigidez relativa.

Sea $K_{TUBO} = 1$

$$\frac{K_{Losa}}{K_{TUBO}} = \frac{276\ 700}{84\ 000} = 3.29 \approx 3.30$$

Factores de Distribución.

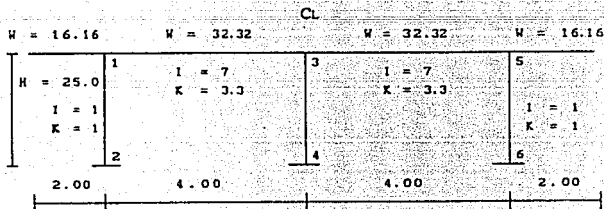
$$1-2 = \frac{1}{1 + 3.30} = 0.23 \quad = 5-6$$

$$1-3 = \frac{3.30}{3 + 3.30} = 0.77 \quad = 5-3$$

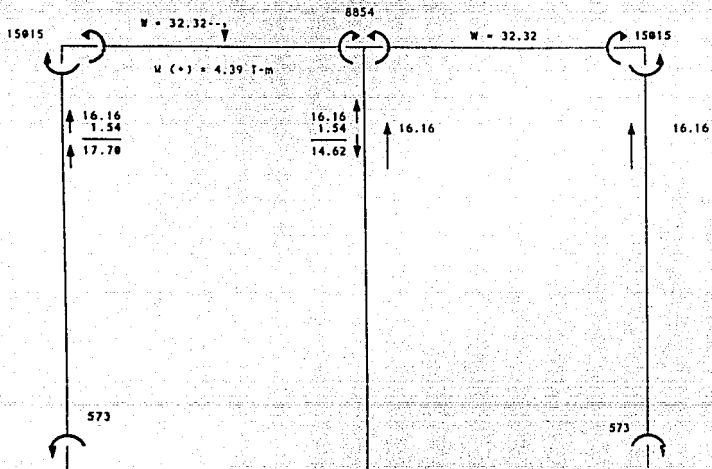
$$3-1 = \frac{3.30}{3.3 + 3.3 + 1} = \frac{3.3}{7.6} = 0.43 = 3-5$$

$$3-4 = \frac{1}{3.3 + 3.3} = \frac{1}{7.6} = 0.14$$

$$\begin{aligned} \text{MOMENTO ISOSTATICO: } M_{1000} &= \frac{wl^2}{8} = \frac{32.32 \times 4.00}{8} \\ &= 16.16 \text{ T-m} \end{aligned}$$



MOMENTOS EN Kg - M



MOMENTOS POR CARGA VERTICAL

MOMENTOS POR CARGA VERTICAL.

$$\frac{17.70}{x} = \frac{14.62}{4-x}$$

$$17.70(4-x) = 14.62x$$

$$70.8 - 17.70x = 14.62x$$

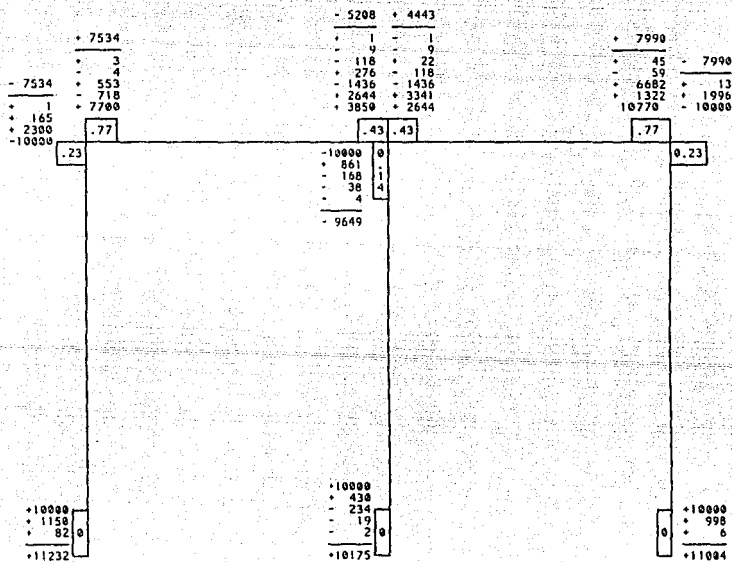
$$70.8 = 32.32x$$

$$x = 2.19$$

$$M (+) = 17.70 \times 2.19 - 8.85 \times 2.19 = 15.015$$

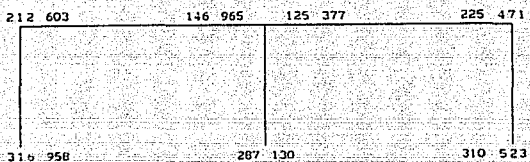
$$M (+) = 38.76 - 19.38 - 15.015 \times 4.39 \text{ T-m.}$$

MOMENTOS POR CARGA HORIZONTAL.

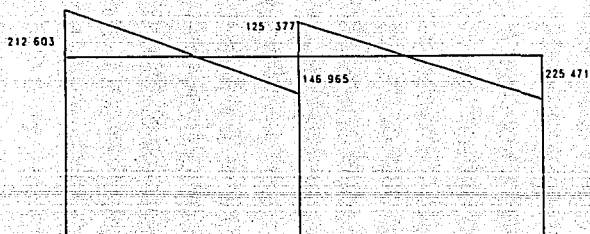


$$7534 + 11232 + 9649 + 10175 + 7991 + 11004 = 57585$$

$$\text{Factor de corrección} = \frac{65\ 000}{2303.4} = 28.219$$



$$\frac{\Sigma M \text{ cols}}{L} = \frac{1\ 624\ 972}{25} = 65\ 000 \text{ kgs.}$$



$$4 - x (212\ 603) = 14\ 595 \cdot$$

$$850\ 412 - 212\ 603 \cdot x = 146\ 965 \cdot$$

$$x = 2.36 \text{ MTS.}$$

$$\frac{212\ 603}{x} = \frac{146\ 965}{4 - x}$$

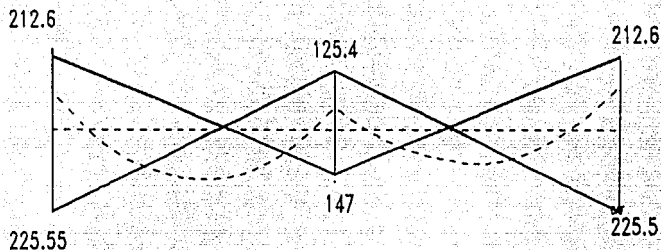
$$\frac{225\ 471}{x} = \frac{125\ 377}{4 - x}$$

$$4 - x (225\ 471) = 125\ 377 \cdot$$

$$901884 - 225\ 471 \cdot x = 125\ 377$$

$$x = 2.57 \text{ MTS.}$$

MOMENTOS POR PZA. DE ATRAQUE.



$$M \text{ máximo (+)} = 225.5 \times 10^5 \text{ Kg - m.}$$

$$M \text{ franja de columna} = 0.60 \times 225.5 = 135.3 \text{ T-m}$$

$$Mu = 135.3 \times 1.1 = 148.83 \text{ T-m (+)}$$

$$M \text{ máximo (-)} = 212.6 \text{ T-m.}$$

$$M \text{ franja de columna (-)} = 212.6 \times 0.75 = 159.45 \text{ T-m.}$$

Se calcula con el Mom máx = 159.45 T-m

$$Mu = 159.45 \times 1.1 = 175.40 \text{ T-m. (-)}$$

$$d = \sqrt{\frac{175.4 \times 10^5}{45.16 \times 200}} = 44.07 \text{ cms. Sea } d = 76\text{cms.} \\ h = 80\text{cms.}$$

Mom. en Franja Centrales:

$$M (-) = 225.5 \times 0.40 = 90.2 \text{ Ton} - \text{m.}$$

$$M_u = 90.2 \times 1.10 = 99.22 \text{ T} - \text{m.}$$

$$\phi = \frac{99.22 \times 10^5}{200 \times 73^2} = 9.3 \text{ Pmin} = 0.0025 \times 100 \times 73$$
$$= 18.25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sep} \# 8 = \frac{506}{18.25} = 28 \text{ Sep} \# 8 @ 28 \text{ cms.}$$

$$M(-) = 0.25 \times 212.6 = 53.15 \text{ T} - \text{m.}$$

$$M_m = 53.15 \times 1.10 = 58.47$$

$$\phi = \frac{58.47 \times 10^5}{200 \times 72^2} = 5.48 \text{ p min} = 0.0025$$

$$\text{As} = 0.0025 \times 100 \times 73 = 18.25 \text{ Sep} \# 8 @ 28 \text{ cms.}$$

$$M \text{ Franja de columna} = 0.6 \times 225.5 = 135.3 \text{ T-m. } M_u = 135.3 \times 1.1 = 148.83 \text{ T-m. } (*)$$

$$f_2 = \frac{175.4 \times 10^3}{200 \times 75^2} = 15.6 \text{ P} = 0.0045$$

$$200 \times 75^2$$

$$A_s = 0.0045 \times 100 \times 75 = 33.75 \text{ cms}$$

$$\text{Sep } \# 8 = \frac{506}{33.75} = 15$$

$$33.75$$

$$f = \frac{148.83 \times 10^3}{200 \times 73^2} = 14 \text{ p} = 0.0$$

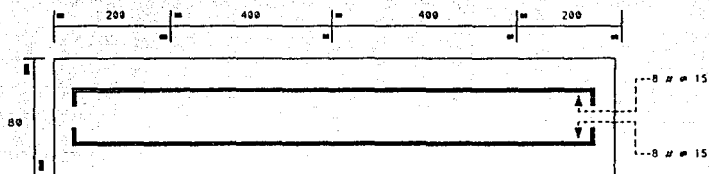
$$200 \times 73^2$$

$$A_s = 0.0045 \times 100 \times 75 = 33.75 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sep } \# 8 = \frac{506}{29.2} = 17$$

$$29.2$$

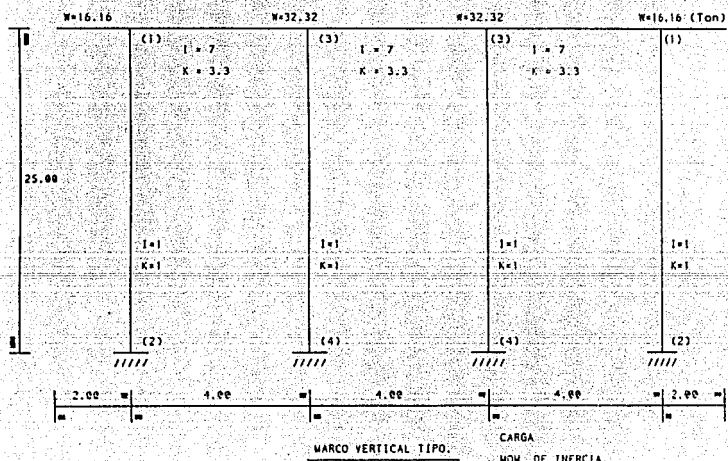
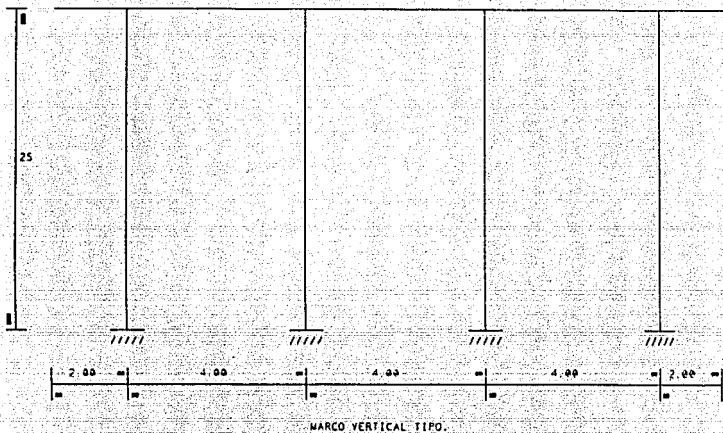
CORTE EN FRANJA DE COLUMNAS.



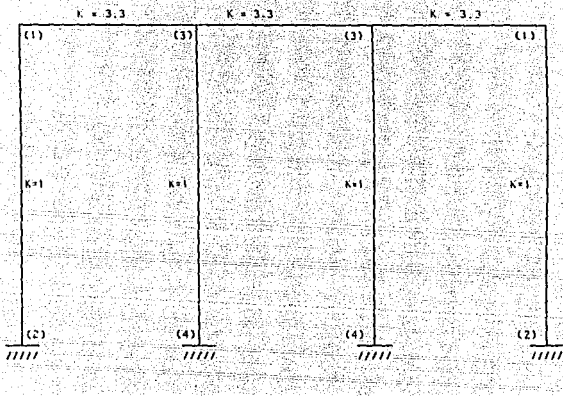
CORTE EN FRANJA CENTRAL.



DUQUE DE AMARRE No. 1



MARCO VERTICAL TIPO



FACTORES DE DISTRIBUCION

$$1 - 2 = \frac{1}{1 + 3.3} = 0.23$$

$$1 - 3 = \frac{3.3}{4.3} = 0.77$$

$$3 - 1 = \frac{1}{3.3 + 3.3 + 1} = 0.43 = 3 - 3$$

$$3 - 4 = \frac{1}{7.6} = 0.14$$

$$M = 10000 \times K 10000$$

$$\Sigma \text{ Mom.} = 7\,733 + 11\,134 + 9\,037 + 10\,481 + 10\,393 + 10\,935 =$$

$$\Sigma \text{ Mom.} = 77\,068$$

$$\frac{77\,068}{25} = 3083 \rightarrow 50\,000 \text{ Kgs.}$$

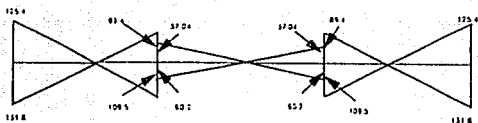
$$\text{Factor de correccion} = \frac{50\,000}{3\,083} = 16.22$$

$$\Sigma \text{ Mom.} = 125.4 + 180.6 + 146.6 + 170 + 149.6 + 168.6 + 131.8 + 177.4$$

$$= 1250 \text{ T-m.}$$

$$F = \frac{1250}{25} = 50 \text{ Ton.}$$

| | | | | | |
|---------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 125 413 | 109 488 | 37 042 | 60 217 | 89 393 | 131 852 |
| | 146 502 | | 149 610 | | |
| 180 571 | 169 980 | | 168 553 | | 177 343 |



$$M_{\max} = (-) = 125.4 \text{ T-m}$$

$$M_{\max} = (+) = 131.8 \text{ T-m}$$

Franja de Columna:

$$M_{\max} = (+) 2 \quad 0.60 \times 131.8 = 79.08 \text{ T-m}$$

$$M_{\max} = (-) 2 \quad 0.75 \times 125.4 = 94.00 \text{ T-m}$$

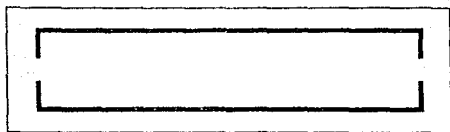
$$M_m = 94.0 \times 1.10 = 103.4 \text{ T-m.}$$

$$d = \sqrt{\frac{103.4 \times 10^5}{15.10 \times 200}} = 59 \text{ cms.}$$

$$\phi = \frac{103.4 \times 10^5}{200 \times 74^2} = 9.4 \rightarrow P_{\min} = 0.025$$

sep # 8 @ 30

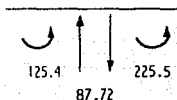
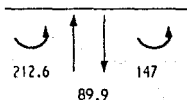
8 @ 30



8 @ 30

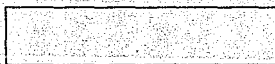
CORTE EN FRANJAS DE COLUMNAS CENTRALES.

Revisión por tensión diagonal en la Losa:



$$\frac{212.6 + 147}{4} = 89.9 \text{ ton.}$$

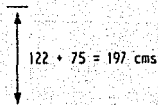
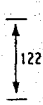
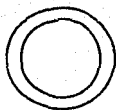
$$\frac{125.4 + 225.5}{4} = 87.72 \text{ ton.}$$



$$90 \text{ ton.} + 17.7 \text{ ton} = 107.7 \text{ ton.}$$

$$V_{\max} = 107.7 \text{ ton}$$

$$M_{\max} = 212.6 \text{ ton-m.}$$



$$\text{Perimetro} = \pi \times d = \pi \times 197 = 619 \text{ cms.}$$

$$\text{Area} = 619 \times 75 = 46425 \text{ cms}^2$$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0.67 (C_1 + d) / (C_2 + d)}}$$

$$\alpha = 0.40$$

$$J_c = \frac{d(C_1+d)^3}{6} + \frac{(C_1+d)d^3}{6} + \frac{d(C_2+d)d^3}{6} (C_1+d)^2$$

$$J_c = \frac{75(197)^3}{6} + \frac{197 \times 75^3}{6} + \frac{75 \times (197)^3}{2}$$

$$J_c = 3.96 \times 10^8 \text{ cms}^4$$

$$V_{\text{máx}} = 107.7 \text{ Ton.} \quad M_{\text{máx}} = 212.6 \text{ T - m}$$

$$v = 0.75 \times 107.70 = 80.78 \text{ Ton.}$$

$$M = 0.75 \times 212.6 = 159.45 \text{ Ton - m.}$$

$$V_u = 80.78 \times 1.10 = 88.86 \text{ Tn.}$$

$$M_u = 159.45 \times 1.10 = 175.39 \text{ T-m.}$$

$$\text{CAB} = 197 / 2 = 98.5 \text{ cms.}$$

$$V_{U_{\text{máx}}} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\alpha M_u \text{ CAB}}{J_c}$$

$$V_{U_{\text{máx}}} = \frac{88.86 \times 10^3}{46425} + \frac{0.40 \times 175.39 \times 10^5 \times 98.5}{3.96 \times 10^8}$$

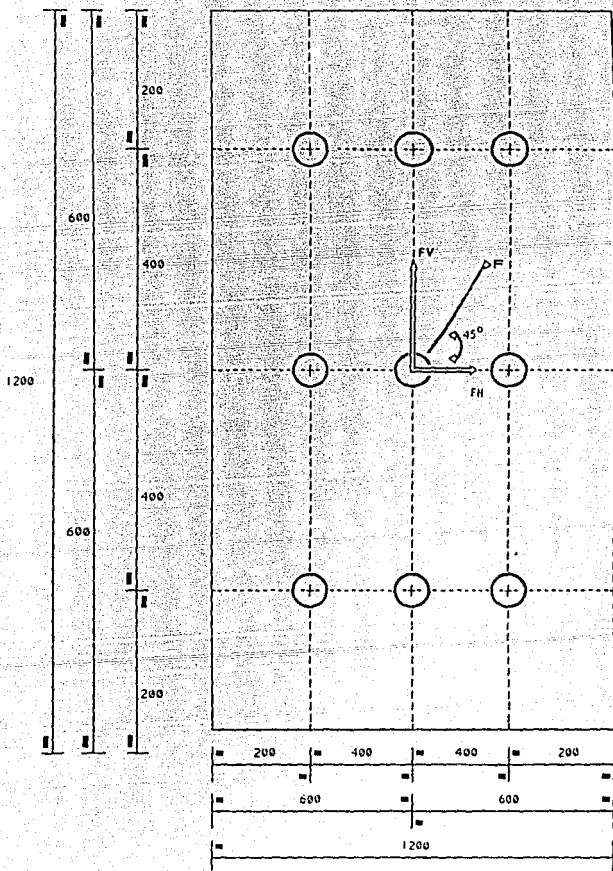
$$V_{U_{\text{máx}}} = 1.91 + 1.74 = 3.65 \text{ Kg/cms}^2 < F_R \sqrt{F^* C}$$

$$= 11.3 \text{ Kg/cms}^2$$

$$F_R \sqrt{F^* C} = 0.8 * \sqrt{200} = 11.3 \text{ Kg/cms}^2 \quad \text{Pasa}$$

X. 4. 3). -DUQUE DE ALBA DE AMARRE D. A. - 2

Dimensiones Generales, Colocación y Dirección de la Fuerza de Amarre.



DUQUE DE AMARRE D. A. -2

a).- Análisis de las componentes.

$$F = 300 \text{ ton.}$$

$$F_h = F \cos 45^\circ$$

$$F_v = F \sin 45^\circ$$

$$F_h = F_v = 300 (0.7071) = 212.3 \text{ ton.}$$

$$F_h = F_v = 212.13 \text{ ton.}$$

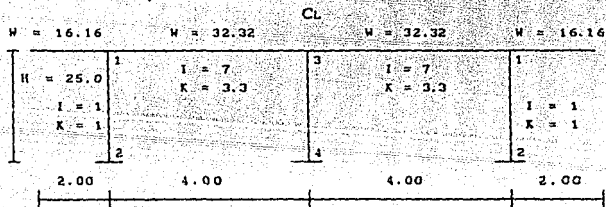
En ambos sentidos (X,Y) se oponen a estas componentes el mismo número de marcos (3) por lo que tendremos que:

$$\text{Siendo } F_h = F_v = 212.3 \text{ ton.}$$

Para 3 marcos en sentido X y 3 en sentido Y tendremos que la fuerza para cada marco será.

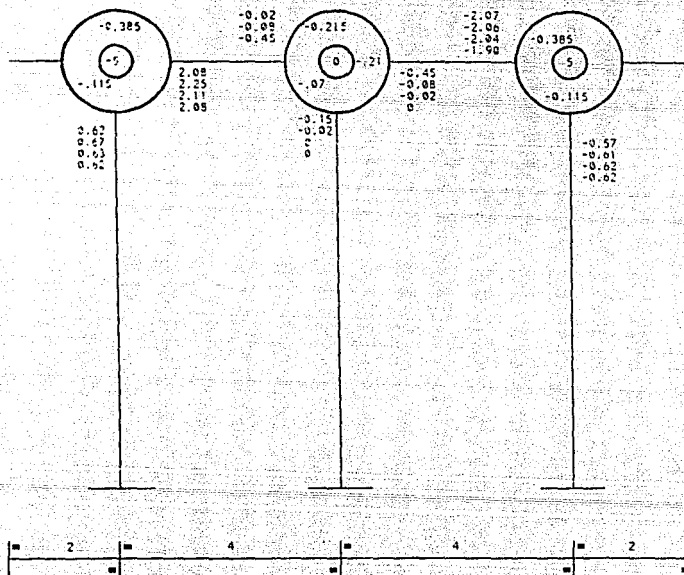
$$F_h/3 = F_v/3 = 212.13/3 = 70.71 \text{ ton.}$$

b).- Análisis y Diseño de un Marco Tipo.

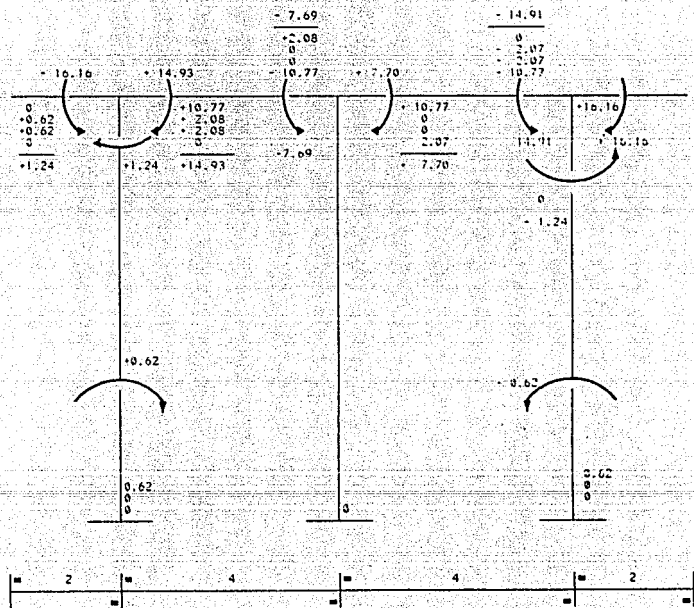


NOTA: La carga, los momentos de inercia y las rigideces se obtuvieron del Duque de Alba de Amarre D.A. -1 por tener condiciones geométricas similares. Por lo tanto los elementos mecánicos que se calcularon para el D.A.-1 serán los que se emplearán para el análisis por carga vertical en el D.A.-2.

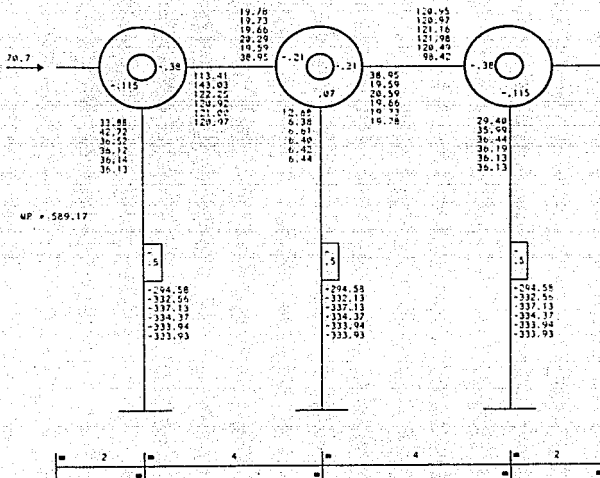
ANALISIS DEL MARCO POR CARGA VERTICAL.



MOMENTOS FINALES POR CARGA VERTICAL



ANALISIS DEL MARCO POR CARGA HORIZONTAL.

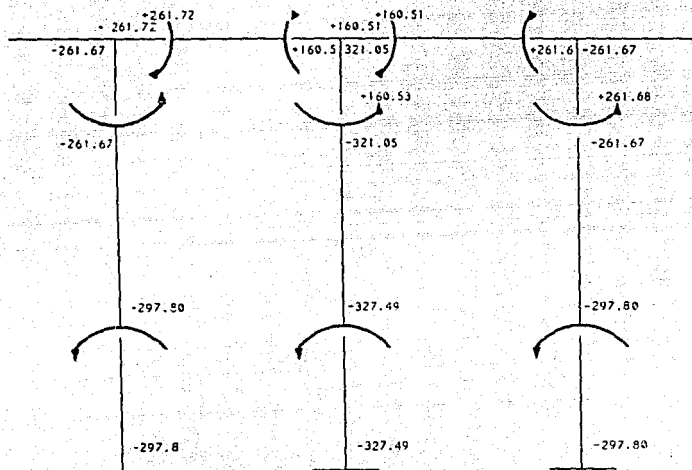


MOMENTOS DE PISO.

$$F_h = \frac{70.7 \times 25}{3} = 589.17 \text{ t-m}$$

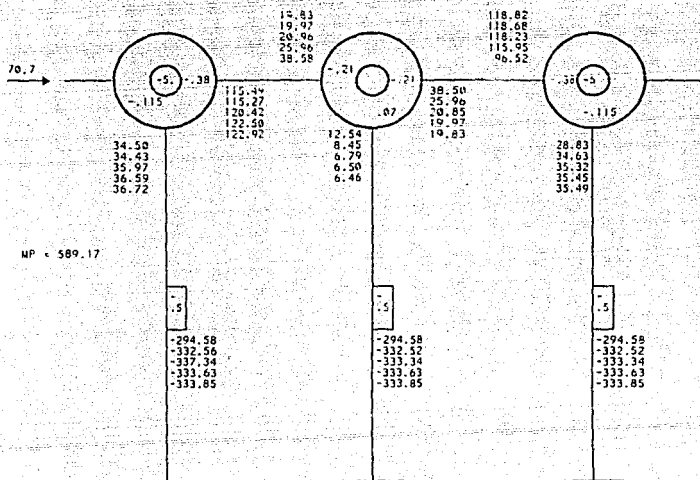
$$F_d = -1.5/n = -0.500$$

MOMENTOS FINALES POR CARGAS HORIZONTALES.



$$I M. cd = \frac{1767.48}{25} = 70.7 \text{ ton}$$

ANALISIS DEL MARCO POR CARGA VERTICAL Y HORIZONTAL.



Carga vertical.

Cortantes.

Isostáticos.

$$V(\text{vol}) = WL = 16.16 = 16.16 \text{ ton.}$$

$$V(\text{int}) = WL = 32.32 = \frac{WL}{2} = 16.16 \text{ ton.}$$

Hiperestáticos.

$$V(\text{hip}) = \frac{14.93 - 7.69}{4} = 1.81$$

Carga vertical mas carga horizontal.

Cortantes.

Isostaticos

$$V(\text{vol}) = 16.16 \text{ ton.}$$

$$V(\text{int}) = 16.16 \text{ ton.}$$

Hiperestáticos

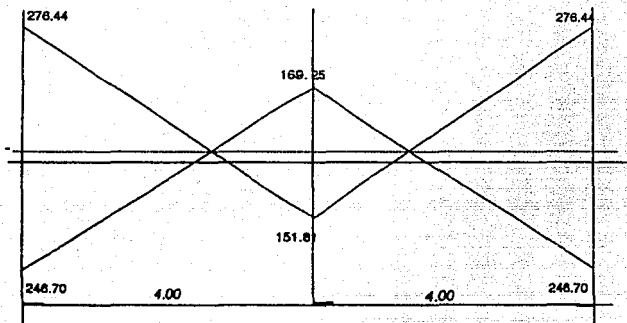
$$V(\text{hip})_1 = 31.16 \text{ ton.}$$

$$V(\text{hip})_2 = 16.16 \text{ ton.}$$

Diagramas

Momentos por fuerza de atraque

Por carga vertical más carga horizontal.



$$M \text{ máximo (+)} = 246.70 \times 10^5 \text{ Kg-m.}$$

$$M \text{ franja de columna (+)} = 0.60 \times 246.70 = 148.02 \text{ ton - m.}$$

$$M_u (+) = 148.02 \times 1.10 = 162.82 \text{ ton - m.}$$

$$M \text{ máximo (-)} = 276.44 \text{ ton - m.}$$

$$M \text{ franja de columna (-)} = 0.75 \times 276.44 = 207.33 \text{ ton-m.}$$

$$M_u (-) = 207.33 \times 1.10 = 228.06 \text{ ton - m}$$

Cálculo del Peralte.

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{K_u b}}$$

$$K_u = F_n f''_c q (1 - 0.5 q)$$

$$\text{Concreto } f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Acero } f_y = 4000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f^*_c = 0.85 f'_c = 0.85 \times 250 = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''_c = 0.85 f^*_c = 0.85 \times 200 = 170 \text{ kg/cm}^2$$

$$q = p \frac{f_y}{f''_c} ; \quad q = 0.0153 \times \frac{4000}{170} = 0.36$$

$$p = 0.75 pb ; \quad p = 0.75 \times 0.0204 = 0.0153$$

$$pb = \frac{4800 f''_c}{f_y (6000 + f_y)} = \frac{4800 \times 170}{4000 (6000 + 4000)}$$

$$Fr = 0.9$$

$$Ku = 0.9 \times 170 \times 0.36 (1 - 0.5 \times 0.36) = 45.16$$

$$d = \sqrt{\frac{228.06 \times 10^5}{45.6 \times 200}} = \sqrt{2225.02} = 50.25 \text{ cm}$$

$$d = 73 \text{ cm}$$

$$h = 80 \text{ cm}$$

$$M \text{ franjas inferiores (+)} = 0.4 \times 246.70 = 96.68 \text{ ton - m.}$$

$$Mu (+) = 1.10 \times 98.68 = 108.55 \text{ ton - m.}$$

$$M \text{ franjas inferiores (-)} = 0.25 \times 276.44 = 69.11 \text{ ton - m.}$$

$$Mu (-) = 1.10 \times 69.11 = 76.02 \text{ ton - m.}$$

$$As = \frac{Mu}{Ku d}$$

$$Ku = Fr f_y (1 - 0.5 q) = 0.9 \times 4000 \times 0.82 = 2952$$

$$As = \frac{1}{2952 \times 73}$$

Areas de Acero

Franja de Columnas

$$+ As = 4.64 \times 10^{-6} (162.82) = 75.55 \text{ cm}^2$$

$$- A_s = 4.64 \times 10^{-6} (228.06) = 105.82 \text{ cm}^2$$

Franja Inferior

$$+ A_s = 4.64 \times 10^{-6} (108.55) = 50.37 \text{ cm}^2$$

$$- A_s = 4.64 \times 10^{-6} (228.06) = 35.27 \text{ cm}^2$$

Usando varillas No. 8 ($\phi = 1''$) $a_s = 5.06 \text{ cm}^2$

$$\left. \begin{aligned} (+) \text{Sep.} &= \frac{200 a_s}{A_s} = \frac{200 \times 5.06}{75.55} = 13.4 \text{ cm} \\ (-) \text{Sep.} &= \frac{1012}{105.82} = 9.6 \text{ cm} \end{aligned} \right\} \text{ Franja de columna.}$$

$$\left. \begin{aligned} (+) \text{Sep.} &= \frac{1012}{50.37} = 20.10 \text{ cm} \\ (-) \text{Sep.} &= \frac{1012}{35.37} = 28.60 \text{ cm} \end{aligned} \right\} \text{ Franja Inferior.}$$

X.4.4.- Revisión de los pilotes a flexocompresión.

Datos.

$$N = 63.48 \text{ ton. } N_u = 1.1(63.48) = 69.83 \text{ ton}$$

$$(Inf) M_x = M_y = 297.13 \text{ ton-m. } M_u = 1.1(297.13) = 326.84 \text{ ton-m.}$$

$$(Sup) M_x = M_y = 260.41 \text{ ton-m. } M_u = 1.1(260.41) = 286.45 \text{ ton-m.}$$

Características del Pilote.

$$\phi = 48'' \quad e = 1 \ 1/2''$$

$$\text{Area: } A = \frac{\pi(D^2 - D_1^2)}{4} = \frac{(121.92^2 - 114.30^2) \pi}{4} = 1413.71 \text{ cm}^2$$

$$A = 0.1414 \text{ m}^2$$

$$\text{M. Inercia : } I = \frac{\left(D^4 - D_1^4 \right)}{64} = \frac{(121.92^4 - 114.30^4)}{64}$$

$$\text{M. Sección: } S = \frac{\pi \left(D^3 - D_1^3 \right)}{32D} = \frac{\pi(121.92^3 - 114.30^3)}{32(121.92)}$$

$$\text{Radio Giro: } r = \frac{\sqrt{D^2 + D_1^2}}{4} = \frac{\sqrt{(121.92)^2 + (114.30)^2}}{4}$$

$$r = 41.78 \text{ cm}$$

MATERIALES:

Acero A-36

$$f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$$

Relacion de esbeltez

$$\frac{k_1}{r} = \frac{1.2(2500)}{41.78} = 71.80 < 120$$

$$f_a = \frac{Nu}{A} = \frac{69830}{1413.71} = 43.39 \text{ Kg/cm}^2$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{f_y}} = \sqrt{\frac{2 \pi^2 \times 2.1 \times 10^6}{2530}} = 128$$

$$\frac{k_1}{r} < C_c$$

$$F_a = \frac{\left(1 + \left(\frac{k_1}{r} \right)^2 / 2 C_c^2 \right) f_y}{F.S.}$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3 \left(\frac{k_1}{r} \right)}{8 C_c} - \frac{\left(\frac{k_1}{r} \right)^3}{8 C_c^3}$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3(71.80)}{8(128)^3} - \frac{(71.80)^3}{8(128)^3}$$

$$F.S. = 1.67 + 0.21 + 0.02 = 1.90$$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(71.80)^2}{2(128)^2} \right] 2530}{1.90} = 1122.08 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{43.39}{1122.08} = 0.039 < 0.15$$

$$\therefore \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

$$F_b = 0.6 F_y = 0.6(2530) = 1518 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_b = \frac{M_u}{S} = \frac{32684000}{40481.03} = 807.39 \text{ Kg/cm}^2$$

$$0.039 + \frac{807.39}{1518} = 0.39 + 0.53 = 0.92 < 1.3$$

El Pilote si pasa a flexocompresión.

X.5.- Viaducto.

A) Descripción.

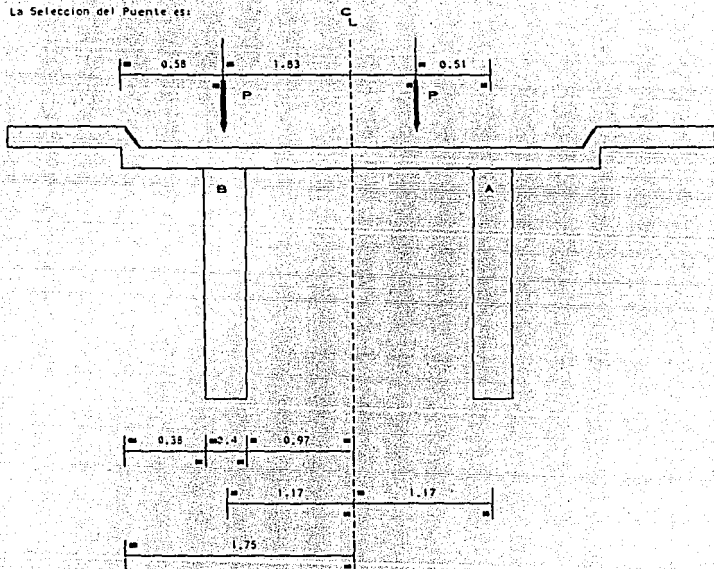
Desde la rectificación de la margen del río hasta la Plataforma de Operación, se encuentra ubicada una vía de acceso a los Duques de Alba de Amarre, Plataformas de Atrake y la misma Plataforma de Operación esta vía de acceso recibe el nombre de Viaducto. La estructura que compone este Viaducto es la siguiente:

Módulo Precolados de Concreto $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ de 5.56×7.98 mts. formados por una losa de 18 cms. de espesor para carpeta de circulación de vehículos y 2 banquetas de 10 cm. de espesor para la circulación peatonal todo módulo se apoya en los caballetes metálicos por medio de 2 trabes (T - 1) de 40×100 cms., los caballetes se forman vigas de IPR - 457 x 170 Kg/m¹ y pilotes de tubo ϕ 24" con espesor $e = 19$ mm. (3/4") los cuales son atiensados con vigas IPR - 406 x 74.5 Kg/m.

X.5.1 ANALISIS DE CARGAS:

Se analizan Cargas Permanentes más Cargas Vivas:

La Selección del Puente es:



Se considera esta como la posición mas desfavorable.

El camino de diseño es el H - 20 P 7.26 ton.

Cargas Vivas:

$$M_{cvi} = 7260 (1.83)(1.3) = 17,270 \text{ K-m}$$

$$I_{MA} = 0.51(P) + 2.34 (P) - R_B(2.34) = 0$$

$$R_B = \frac{0.51((7260) + (2.34)(7260))}{2.34}$$

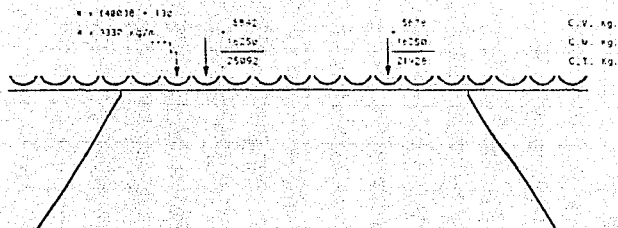
$$R_B = 8842.30$$

$$I_{MB} = R_A(2.34) - 7260(1.83) = 0 \quad \text{por lo tanto } R_A = 5678 \text{ Kg.}$$

X.5.1.1. OBTENCIÓN DE LAS REACCIONES DEBIDAS A CARGAS MUERTAS.

$$R_1 = R_2 = 32.5 / 2 = 16.25$$

Resumiendo las cargas son :



Peso total sobre el marco :- $P = 3330 + 15,50 + 25 092 + 21 928 = 98 033$ kg.

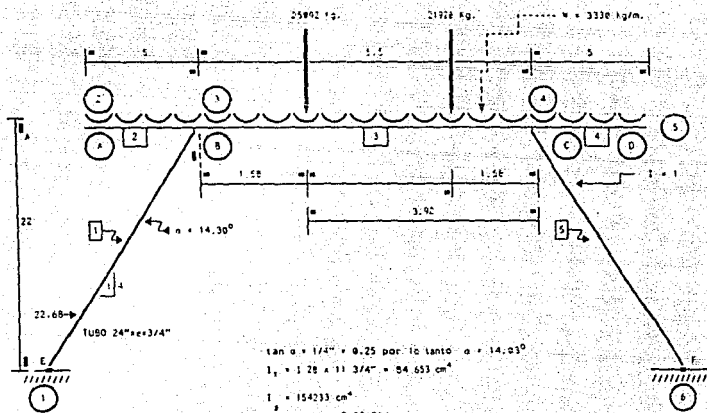
Fuerzas sísmica : $F = 0.12 (98,6) = 11.8$ ton.

$$E = 2.103.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2.103.093.15 \text{ t/m}^2$$

VIGA: IPR 18" X 11 3/4" A 170

X.5.1.2. MARCO POR ANALIZAR



$$\tan \alpha = 1/4'' = 0.25 \text{ por lo tanto } \alpha = 14.03^\circ$$

$$I_x = 1.28 \times 11 \frac{3}{4}'' = 54.653 \text{ cm}^4$$

$$I = 154233 \text{ cm}^4$$

$$MAB = MCD = \frac{3.33(25)^2}{2} = 41.63$$

$$MBC = \frac{25.392(11.58) + 3.92^2}{5.5^2} + \frac{21.928(43.92) + 1.58^2}{5.5^2} - \frac{0.170(15.5)^2}{12}$$

$$MBC = 20.14 + 7.09 + 0.43 = 27.66$$

$$MEC = 27.66$$

$$M_{CB} = \frac{25 \cdot 0.12 \cdot (1.55)^2 \cdot 3.92}{5.6^2} - \frac{21.928 \cdot (3.92) \cdot 1.58^2}{5.1^2} - \frac{0.172 \cdot (5.1)^2}{12}$$

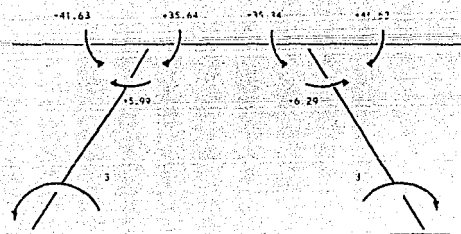
$$M_{CB} = 8.12 + 17.6 + 0.43 + 26.15$$

$$M_{CB} = 26.15$$

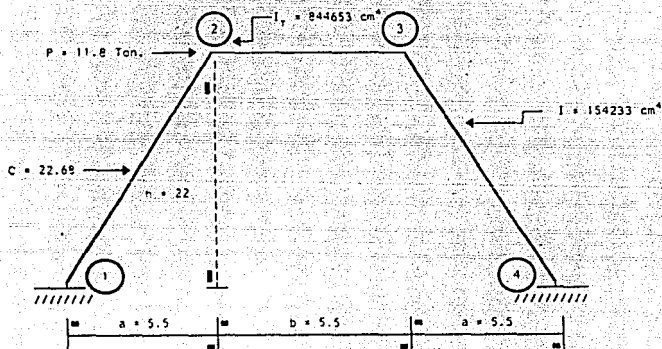
$$\frac{I}{L_{BC}} = \frac{94052}{550} = 153.01 \quad 0.69 \text{ cm}^4$$

$$\frac{I}{L_{CD}} = \frac{154233}{2200} = 69.65 \quad 0.31 \text{ cm}^4$$

| | BA | BE | BC | CB | CD | CF |
|----------------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| FD: | 0 | 0.31 | 0.59 | 0.69 | 0 | 0.31 |
| M _e | -41.63 | --- | +27.06 | -26.15 | +11.63 | --- |
| | | +4.33 | +9.64 | -10.69 | | +4.6 |
| | --- | --- | -1.34 | +4.02 | --- | --- |
| | | +1.06 | +3.68 | -3.23 | 0 | -1.49 |
| | -41.63 | 5.99 | 35.64 | -35.34 | +41.63 | -0.29 |



**X. 5. 2. ANALISIS POR CARGA HORIZONTAL DEL MARCO
DE VIADUCTO SEGUN VALERIAN L.**



CONSTANTE :

$$\theta = \frac{I_1 - 2 \cdot b}{I_2 - 3 \cdot a} = \frac{844653 - 2 \cdot 5.50}{154233 - 3 \cdot 22.68} = 0.44$$

$$u = \frac{L}{B} = \frac{16.50}{5.50} = 3$$

$$C = 1 + \frac{1}{2u} = 1 + \frac{1}{2 \cdot (0.44)^2} = 2.14$$

$$D = 0 + 2 + 2u = 2u^2 = 0.44 + 2 + 2(3) = 2(3)^2$$

$$F = \frac{0.44 + 2 + 3}{26.44} = 0.21$$

$$M_1 = M_4 = - \frac{Ph}{2} = \frac{11800(0.21)(22)}{2} = 27258 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = M_3 = - \frac{Ph(1 - F)}{2u} = \frac{1800(22)(1 - 0.21)}{2(3)} = 34191 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

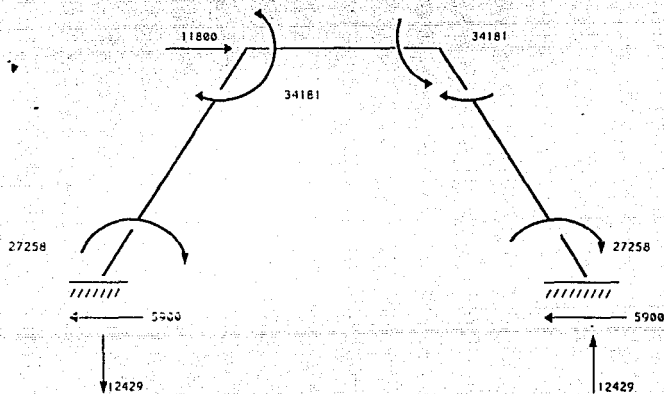
CALCULO DE FUERZAS :

$$H_1 = \frac{P}{2} = \frac{11800}{2} = 5900 \text{ Kg.} ; H_2 = 5900 \text{ Kg.}$$

$$V_1 = -V_2 = \frac{Ph(1-F)}{L} = \frac{11800(22)(1-0.21)}{16.5} = 12429 \text{ Kg.}$$

X. 5. 2. 1 RESUMEN DE ELEMENTOS CARGA. HORIZONTAL

(EFECTOS)



$$\cos \alpha = \frac{12429}{FH} \Rightarrow FH = \frac{12429}{\cos \alpha}$$

$$FH = 13.758 \text{ Kg.}$$

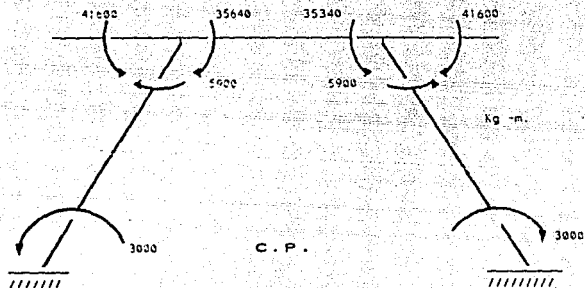
$$\cos \alpha = \frac{12.429}{13.758}$$

$$\cos \alpha = 0.9034$$

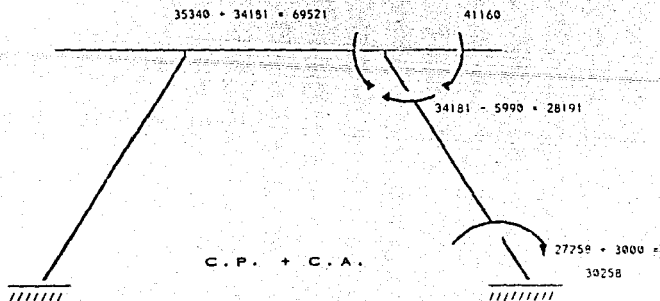
$$\alpha = 25.39^\circ$$

X.5.2.2 RESUMEN DE ELEMENTOS CARGA VERTICAL

(EFECTOS)



SUPERPOSICION DE EFECTOS PARA DISEÑO.



Fza. Normal Resultante: $13758 + 51527 = 65285 \text{ kg.} < 75800 \text{ kg.}$ (Resiste el ...)

X.5.3.- Revisión del pilote.

Cargas de Diseño: Pilote ϕ 24" e = 3/4"

| | |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| FN = 65 285 Kg | I = 154 233 cm ⁴ |
| Mmáx = 30 258 Kg - m | A = 353.4 cm ² |
| | r = 20.8 cm |
| $f_a = \frac{65\ 285}{353.4} = 184.7$ | $f_a = \frac{FN}{A}$ |
| | S = 5 060 cm ³ |
| | L = 22.7 m |

$$R_E = \frac{(1.2)(2270)}{20.8} = 131 \quad \therefore F_a = 612 \text{ K/cm}^2 \quad R_E = \frac{1.2 L}{r}$$

$$f_b = \frac{3\ 025\ 800}{5060} = 598 \text{ K/cm}^2 \quad \frac{M_{máx}}{S} = f_b$$

$$F_b = 1520 \text{ k/cm}^2$$

$$P_E = \frac{\pi^2 (2.1 \times 10^6) (154233)}{(1.2 \times 2270)^2} = 430.806 \text{ Kg.} \quad P_E = \frac{\pi^2 E_s I}{(1.2 \times L)^2}$$

A.F.I.

$$\frac{184.7}{612} + \frac{598 \left(\frac{1}{1 - \frac{65258}{430,806}} \right)}{1520} \leq 1.33$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b \left[1 - \frac{FN}{P_E} \right]}$$

$$0.30 + 0.46 = 0.76 \leq 1.33$$

X.5.4.- Revisión de la viga.

Mmáx = 69521 Kg - m. IPR 18" x 11 3/4 a 170 Kg/m.

$$A = 0.21619 \text{ m}^2 \quad A = 216.19 \text{ cm}^2$$

$$I = 0.0008465 \text{ m}^4 \quad I = 84653 \text{ cm}^4$$

$$S = 3606 \text{ cm}^3$$

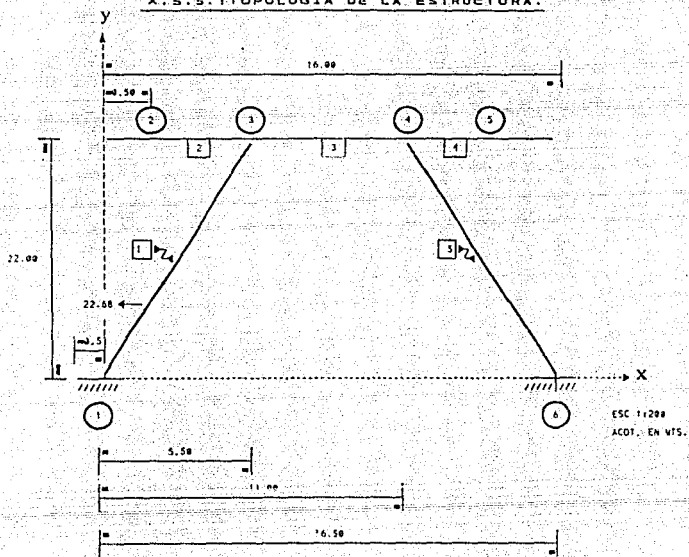
$$r = 19.78$$

$$S_{nec} = \frac{M_{max}}{F_b} = \frac{6952100}{1520} = 4573 \text{ cm}^3 > 3606 \text{ cm}^3$$

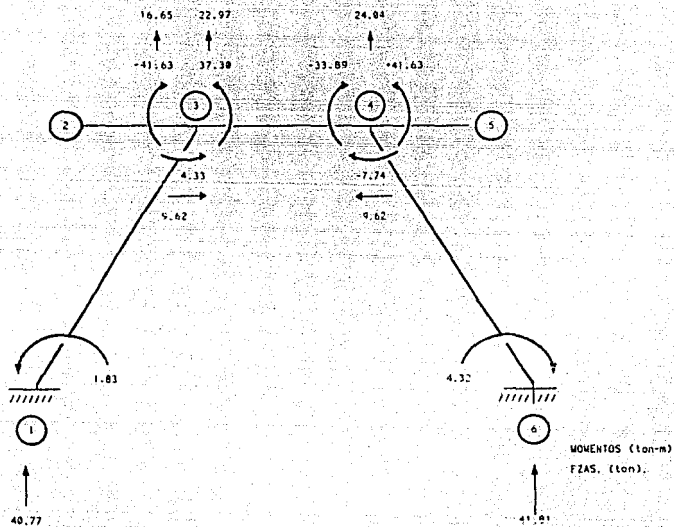
$$S_{nec} > S$$

X.5.5 ANALISIS DEL CABALLETE POR COMPUTADORA.

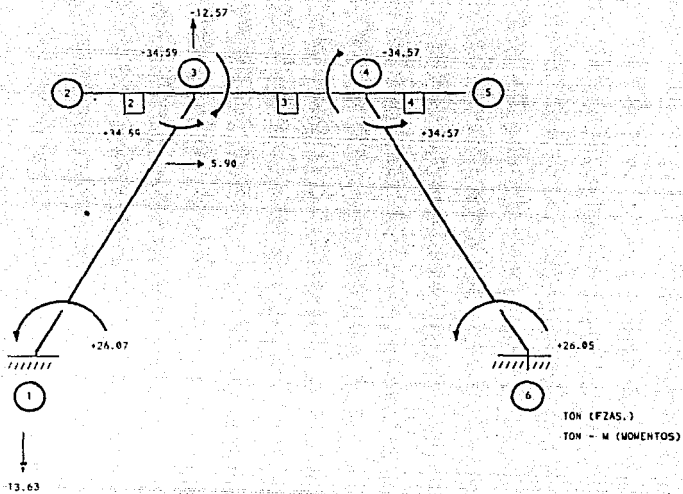
X.5.5.1 TOPOLOGIA DE LA ESTRUCTURA.



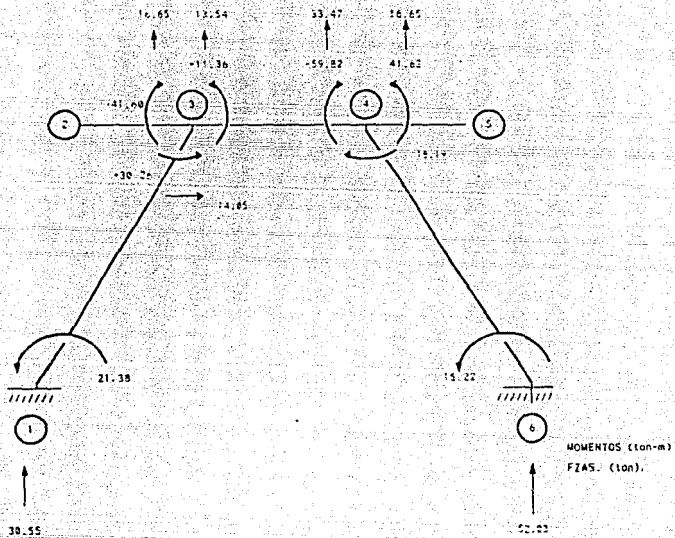
X.5.5.2 ACCIONES DEBIDAS A CARGA PERMANENTE.



X.5.5.3 ACCIONES DEBIDAS AL SISMO:



X.5.5.4. SUPERPOSICION DE EFECTOS (100% C.P.+ 75C.A.)



X.5.5.5.- Conclusiones del análisis por computadora:

a) Elementos mecánicos de diseño:

a1) Pilotes

FN = 52.03 ton. (Combinación)

M_{máx.} = 30.26 ton - m (Combinación)

a2) VIGA:

M_{máx.} = 59.82 ton - m (Combinación)

FN = 14.05 ton (Combinación)

Cortante; Fx = 33.47 ton (Combinación)

del análisis anterior se concluye:

- Los pilotes se encuentran trabajando a 70 % aproximadamente . se puede afirmar que la sección es correcta.

- Respecto a la Viga se procede a su diseño:

X.5.5.6.- Diseño.

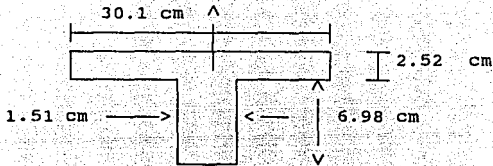
Revisión de la viga: Sección IPR 18" x 11 3/4" a 170 K/m.

Tramo 3 - 4

$$M_1 / M_2 = 11.36 / 59.82 = 0.19$$

$$C_b = 1.75 + 1.05(0.19) + 0.3(0.19)^2 \leq 2.3$$

$$C_b = 1.96 < 2.3$$



$$I_y = \frac{2.52(30.1)^3}{12} = 5727 \text{ cm}^4$$

$$A = 30.1(2.52) + (6.98)(1.5)$$

$$A = 86.4 \text{ cm}^2$$

$$r_y = \sqrt{\frac{5727}{86.4}}$$

$$\therefore r_y = 8.14 \quad r_y = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$C_c' = \sqrt{\frac{35.86 \times 10^6 \times 1.96}{2530}} = 166.67 ; \quad \frac{L}{r_y} = \frac{550}{8.14}$$

$$C_c' > \frac{L}{r_y} \quad (\text{Pandeo inelástico}) \quad 166.67 > 67.57$$

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{2530 (67.6)^2}{107.6 \times 10^6 \times 1.96} \right] 2530$$

$$F_b = 1547.9 \text{ kg/cm}^2 > 1520 \text{ K/cm}^2$$

$$S_{nec} = \frac{(59.82) \times 10^5}{1520 \times 1.3} = 3027 \text{ cm}^3$$

Factor por Condición Analizada (C.P+ C.A. (0.75))

LA VIGA PROPORCIONA: $S = 3606 \text{ cm}^3 \therefore \text{PASA}$

Voy a Comprobar revisado con (C.P. + C.A.) e incrementos
Esf. 33 %

$$M_{\max} = (33.89 + 34.57) = 68.46 \text{ ton} - \text{m}$$

$$S_{\text{req}} = \frac{68.46 \times 10^5}{1520(1.3)} = 3464 \text{ cm}^3 < 3606 \text{ cm}^3 \text{ de la viga}$$

REVISION TRAMO VOLADIZO: $M_{\max} = 41.62 \text{ ton} - \text{m}$

$$M_1 / M_2 = 0 / M_2 = 0 \quad \therefore \quad C_b = 1.75$$

$$C_c' = \sqrt{\frac{35.86 \times 10^6 \times 1.75}{2530}} = 157.5 > L/r_y = 67.6$$

(Pandeo Inelástico)

$$C_c' = \frac{L}{r_y} \quad 157.5 > 67.6$$

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{2530 (67.6)^2}{107.6 \times 10^6 \times 1.75} \right] 2530 = 1531 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_{\text{req}} = \frac{41.62 \times 10^5}{1520} = 2738 \text{ cm}^3 < S_{\text{viga}} = 3606 \text{ cm}^3$$

REVISION CORTANTE:

$$V_{\max} = 33 \text{ 470 Kg.}$$

Espesor necesario del alma: $C = V_{\max} / f_v t$

$$C = 33 \text{ 470 Kg} / 1 \text{ 010 K/cm}^2 (46.9 - 2(2.52)) \text{ cm.}$$

$$C = 0.79 \text{ cm.} < C_{\text{viga}} = 1.51 \text{ cm Pasa.}$$

Revisión de la viga a flexocompresión

$$F_N = 14.05 \text{ ton.}$$

$$\text{Props. Viga A} = 216.19 \text{ cm}^2$$

$$M_{\max} = 59.82 \text{ ton} - \text{m}$$

$$I = 84653 \text{ cm}^4$$

$$S_r = 36606 \text{ cm}^3$$

$$r_m = 7.01$$

$$R_E = \frac{14050}{7.01} = 78.45 \rightarrow F_a = 1097 \text{ K/cm}^2$$

$$F_b = 5982000/3606 = 1659 \text{ K/cm}^2 ; 5.8 \times 10^6 \text{ Kg.}$$

$$F_b = 1520 \text{ K/cm}^2$$

$$F_b = M_{\text{báx}}/S_r = 58000.107 \text{ Kg.} \quad P_E = \frac{\pi^2 E_s I}{(1 \times L)^2}$$

$$P_E = \frac{\pi^2 (2.1 \times 10^6) (84653)}{(1 \times 550)^2} = 5.8 \times 10^6 \text{ Kg.}$$

$$65/1097 + \frac{1659(1)}{1520 \left(1 - \frac{14.05}{5800}\right)} \rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b \left[1 - \frac{\rho}{P_E}\right]} \leq 1.33$$

$$\frac{65}{1097} + \frac{1659}{1520 \left[1 - \frac{14050}{5800000}\right]}$$

$$0.059 + 1.09 \leq 1.33$$

$$1.15 < 1.33$$

Características Pilote $\phi 24''$ $e = 1/2''$ 1 5

$$I = \frac{\pi}{64} (24 \times 2.54^4 - 23 \times 2.54^4) = 106 \ 112 \text{ m}^4$$

$$A = \frac{\pi}{4} (24 \times 2.54^2 - 23 \times 2.54^2) = 238 \text{ cm}^2 = 0.0238 \text{ m}^2$$

VIGA IPR 18" X 11 3/4"

$$I = 84653 \text{ cm}^4 = 0.00084653 \text{ m}^4$$

$$A = 216.18 \text{ cm}^2 = 0.021619 \text{ m}^2$$

Pilote ϕ 24" e 3/4"

$$I = \frac{(d^4 - d_1^4)}{64} = \frac{\pi(60.96^4 - 57.15^4)}{64} = 15423.7 \text{ cm}^4$$

$$A = \frac{\pi(d^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi(60.96^2 - 57.15^2)}{4} = 327.63 \text{ cm}^2$$

$$I = 0.00154233 \text{ m}^4$$

$$A = 0.0327 \text{ m}^2$$

X.5.6.- Revisión de alternativa con pilotes 24" e = 0.5"

a) VIGA.- Se tiene propuesta IPR 18" X 11 3/4" a 170

$$S = 3603 \text{ cm}^3; A = 216.19 \text{ cm}^2; I = 84653; r_{min} = 7.01 \text{ cm}$$

- Revisión a flexión (Tramo Intermedio)

$$S_{nec} = M/F_b = 67.43 \times 10^5 / 1520 \times 1.33 = 3335.5 \text{ cm}^3 < 3603 \text{ cm}^3$$

pasa.

- Tramo en voladizo (flexión)

$$S_{nec} = 41.62 \times 10^5 / 1520 = 2738 \text{ cm}^3 < 3606 \text{ cm}^3 \text{ pasa.}$$

$$S_{nec} < S$$

- Revisión a cortante:

$$V_{m\acute{a}x} = 36.59 \text{ ton. (C.P. + C.A.)}$$

$$C_{nec} = V_{m\acute{a}x} / 1.33 \text{ fvt} = 36590 / 1.33 (1010) (46.9 - 2(2.52))$$

$$C_{nec} = 0.65 \text{ cm} < C_{viga} = 1.51 \text{ cm.}$$

PARA REVISION DE PILOTES SE TIENE

a) (C.P. + C.A.) $M_{\max} = 39.77 \text{ T} - \text{m}$

$F_N = 27.15 \text{ Ton.}$

b) (C.P.) $M_{\max} = 8.68 \text{ T} - \text{m}$

$F_N = 41.80 \text{ ton.}$

PILOTE $\phi 24''$ $e = 1/2''$

$A = 238 \text{ cm}^2$ $S = \frac{106112}{12(2.54)} = 3481 \text{ cm}^3$

$I = 106112 \text{ cm}^4$ $r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{106112}{238}} = 21.11$

$f_y = 52000 \text{ Lbs./ inch}^2 = 3659 \text{ K/cm}^2$

$\therefore f_s = 0.6 f_y = 2195 \text{ K/cm}^2$

REVISION CONDICION a)

$f_a = 27150/238 = 114 \text{ K/cm}^2$ $\frac{F_N}{A} = \frac{Kg}{\text{cm}^2}$

$R_E = \frac{(1.2)(2270)}{21.1} = 129 \rightarrow F_a = 631 \text{ K/cm}^2$

$f_b = 39.77 \times 10^5 / 3481 = 1142 \text{ K/cm}^2$ $\therefore F_b = 1520$

$114/631 + \frac{1142}{1520} \leq 1.33$

$0.18 + 0.75 \leq 1.33$

$0.93 < 1.33$ Resiste esta condición.

REVISION CONDICION b)

$$M_{\text{máx}} = 8.68 \text{ ton} - \text{m.}$$

$$FN = 41.80 \text{ ton.}$$

$$f_a = 41800/238 = 175.6 \text{ K/cm}^2$$

$$R_E = 129 \quad \therefore F_a = 631 \text{ K/cm}^2$$

$$f_b = 6.68 \times 10^5 / 3481 = 249.3 \text{ K/cm}^2$$

$$175.6/631 + \frac{249.3}{1520} \leq 1.00$$

$$0.28 + 0.16 \leq 1.00$$

$$0.44 \leq 1.00$$

Flexocompresión en viga:

$$FN = 15.46 \text{ ton} ; M_{\text{máx}} = 67.43 \text{ ton} - \text{m} \quad \therefore m_A = 216.19 \text{ de } 10.5.5.6$$

$$f_a = 15\,460 / 216.19 = 71.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_E = \frac{(1.2)(550)}{7.01} = 94.15 \quad \therefore F_a = 967 \text{ K/cm}^2$$

$$f_b = 6\,743\,000 / 3606 = 1870 \text{ K/cm}^2$$

$$P_E = \frac{\Pi^2 (2.1 \times 10^6) (84653)}{1.2 \times 550^2} = 4027,852 \text{ Kg.}$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 (1.86 / 67.43)$$

$$C_m = 0.61$$

$$\frac{71.5}{967} + \frac{1870 (0.61)}{1520 \left[1 - \frac{15.46}{4028} \right]}$$

$$0.07 + 0.75 \leq 1.33$$

$$0.82 \leq 1.33 \text{ pasa}$$

REVISION CONDICION b)

$$M_{\max} = 8.68 \text{ ton} - \text{m.}$$

$$FN = 41.80 \text{ ton.}$$

$$f_a = 418000/238 = 175.6 \text{ K/cm}^2$$

$$R_E = 129 \quad \therefore F_a = 631 \text{ K/cm}^2$$

$$f_b = 6.68 \times 10^5 / 3481 = 249.3 \text{ K/cm}^2$$

$$175.6/631 + \frac{249.3}{1520} \leq 1.00$$

$$0.28 + 0.16 = 1.00$$

$$0.44 \leq 1.00$$

X.5.7.- Flexocompresión en viga:

$$FN = 15.46 \text{ ton} ; M_{\max} = 67.43 \text{ ton} - \text{m}$$

$$f_a = 15460/216.19 = 71.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_E = \frac{(1.2)(550)}{7.01} = 94.15 \quad \therefore F_a = 967 \text{ K/cm}^2$$

$$f_b = 6743000/3606 = 1870 \text{ K/cm}^3$$

$$P_E = \frac{\pi^2 (2.1 \times 10^6) (84653)}{1.2 \times 550^2} = 4027,852 \text{ Kg.}$$

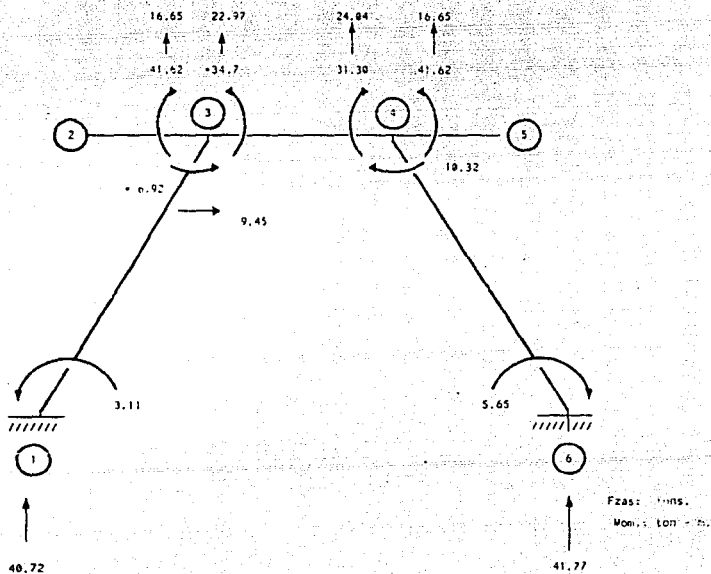
$$C_m = 0.6 + 0.4 (1.86/67.43)$$

$$C_m = 0.61$$

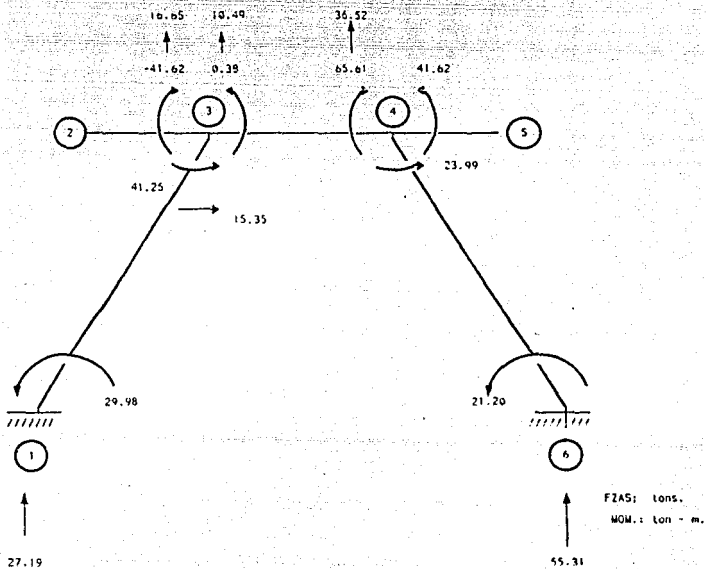
$$\frac{71.5}{967} + \frac{1870 (0.61)}{1520(1-15.46/4028)} \leq 1.33$$

$$0.07 + 0.75 \leq 1.33$$

$$0.82 < 1.33$$

X. S. B. ALTERNATIVA PILOTES $\phi=24''$ $e=3/4''$ A-36

ALTERNATIVA PILOTES $\phi=24''$ $e=3/4''$ ACERO A-36



X.5.9.- Revisión de la viga a flexocompresión:

Alternativa pilotes 24" e = 3/4"

condición crítica (C.P. + C.A)

FN = 15.35 ton.

M = 65.61 ton-m.

Proposición viga:

A = 216.19 cm²

I = 84 653 cm⁴

S = 3 606 cm³

r_{min} = 7.01 cm.

Formula de interacción.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b C_m}{F_b (1 - P/PE)} \leq 1.33$$

$$f_a = \frac{15\ 350}{219.19} = 71 \text{ kg/cm}^2$$

$$RE = \frac{1.2 (490)}{7.01} = 84 \quad \therefore \quad F_a = 1050 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = \frac{6\ 561\ 000}{3\ 606} = 1819.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$PE = \frac{\pi^2 (2.1 * 10^6) 84\ 653}{(1.2 * 490)^2} = 5057 \text{ ton.}$$

$$C_m = 0.06 + 0.4 (0.38 / 65.61) = 0.60$$

$$\frac{71}{1050} + \frac{1819.5 (0.60)}{1520 (1 - (15.35 / 5057))} \leq 1.33$$

$$0.06 + 0.72 \leq 1.33 \quad \therefore \quad 0.78 \leq 1.33 \text{ pasa}$$

Prescindiendo del factor C_m

$$0.06 + 1.12 \leq 1.33 \quad \therefore \quad 1.26 \leq 1.33 \text{ Pasaria}$$

X.6.- Pasarela.

X.6.1.- Descripción.

El acceso de personal para la operación y mantenimiento de las plataformas de Atraque, y los duques de alba de amarre posteriores a la plataforma de operación se hará por medio de las pasarelas, estructuras formadas por vigas preforzadas - post-tensadas tipo "T" de diferentes longitudes con las dimensiones siguientes: 20 x 90 x 150 cm. Apoyadas en pilotes ϕ 24" con espesor $e < 13$ mm. (12.7 mm).

Tabla de tipos y longitudes de traveses preforzados.

| Tipo | Tramo | Longitud | Tipo esfuerzo. |
|------|------------------|----------|----------------|
| I | 7,8,9,11,12 y 13 | 18.46 | Post-tensada. |
| II | 10 | 10.96 | Post-tensada. |
| III | 3 | 12.46 | Post-tensada. |
| IV | 4 | 12.46 | Post-tensada. |
| V | 5 y 6 | 14.50 | Post-tensada. |
| VI | 1 y 2 | 13.90 | Pre-colada. |

Se presentan 2 ejemplos unicamente, pero se analizaron todos los tipos y con ello se forma la tabla de características para traveses preforzados.

X.6.2.- Ejemplo N° 1.

Trabe Pre-esforzada - Post-tensada $L = 10.96$

Tipo II

Concreto: $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ firme = $0.8 \sqrt{f'c}$

Trabe: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Acero PREESF :

$$f_u = 19,000$$

$$f_{pl} = 0.7 \times 19,000 = 13,300 \text{ fase de preesf.}$$

$$f_{pe} = 0.8 f_{pl} = 0.8(13,300) = 10,640 \text{ fase de servicio.}$$

Acero estructural: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 $f_s = 2000 \text{ kg/cm}^2$

$$A = 20 \times 90 + 2 \left[\frac{10 + 5}{2} \times 65 \right] = 2275 \text{ cm}^2$$

Cargas.

$$W_{trms} = 2400(1) (1) (0.05) \text{ Kg/m}^2$$

$$W_{papo} = \left[(0.2 \times 0.90) + \left(\frac{0.1 + 0.05}{2} \times 0.65 \right) 2 \right] \times 2.4$$

$$W_{papo} = 2.4(0.2775) = 0.666 \text{ Ton/m}$$

$$W_{wviva} = 500 \text{ Kg/m (Reglamento de const. portuaria).}$$

Cargas por metro de trabe.

$$w_t^2 = 1596 \text{ Kg/m} \quad \left\{ \begin{array}{l} W_{trms} = 120(1.5) = 180 \text{ Kg/m} \\ W_{papo} = 0.2775 \times 1 \times 2400 = 666 \text{ Kg/m} \\ W_w = 500 (1.5) = 750 \text{ Kg} \end{array} \right.$$

Calcúlo del centroide: Y'

$$\text{Aplicando el teorema de Steiner: } Y' = \frac{\sum YA}{\sum A}$$

$$\text{Respecto al lecho bajo: } Y = 59.4$$

$$\text{Respecto al lecho superior: } Y = 30.6$$

Momento de inercia centroidal: $I_{xx} = 2'289\,404 \text{ cm}^4$

Al centro de la sección: Recubrimiento Mínimo.

$$e_{\text{máx}} = 59.4 - (5 - 0.95 + 3.2) = 50.25$$

Momentos actuantes: $L_{\text{efectiva}} = 10.70 \text{ m}$

$$M_{\text{firme}} = \frac{180 \times 10.7^2}{8} = 2576 \text{ Kg-m.}$$

$$M_{\text{popo}} = \frac{666 \times 10.7^2}{8} = 9531 \text{ Kg-m.}$$

$$M_{\text{R.V.}} = \frac{750 \times 10.7^2}{8} = 10,733 \text{ Kg-m.}$$

$$r^2 = I/A = \frac{2'289'404}{2775} = 825 \text{ cm}^2$$

La excentricidad a utilizar es: $e = 50 \text{ cm.}$

Datos para el diseño:

$$A = 2775 \text{ cm}^2.$$

| | | |
|--|--------------------------|---|
| $M_{\text{popo}} = 9531 \text{ Kg-m}$ | 953100 Kg-cm | $C_t = L_{\text{sup}} = 30.6$ |
| $M_{\text{firme}} = 2576 \text{ Kg-m}$ | 257600 Kg-cm | $C_b = L_{\text{inf}} = 59.4$ |
| $M_{\text{c.v}} = 10733 \text{ Kg-m}$ | $1'073300 \text{ Kg-cm}$ | $I = 2'289404 \text{ cm}^4$ |
| | | $F_{\text{tension máx}} = 10 \text{ Kg/cm}^2$ |

Se analizan las siguientes etapas:

- 1) Popo + Preesf.
- 2) Popo + Preesf + Pfirme + C.C.V.

1) Aplicando del Preesf + Popo.

Suponiendo un preesf inicial de $F_0 = 70,000 \text{ Kg.}$

$$\text{Fibra } F = \frac{70000}{2775} - \frac{70000(50)(30.6)}{2'289404} - \frac{953100 \times 30.6}{2'289404}$$

$$\text{Sup: } F = 25.22 - 46.78 + 12.74 = -8.82 \text{ Kg/cm}^2 \text{ pasa.}$$

$$\text{Fibra: } F = \frac{70000}{2775} + \frac{70000(50)(59.4)}{2'289404} - \frac{953100 \times 59.4}{2'289404}$$

$$\text{mf: } F = 25.22 + 90.81 - 24.7 = 91.3 \text{ Kg/cm}^2 \text{ pasa.}$$

Aquí ya actua el preesf efectivo.

$$F = \frac{70000}{1.2} = 58,333 \text{ Kg.}$$

2) Popo + Preesf + Pfirmes + C.V.

$$\text{Fibra Sup: } F = \frac{58333}{2775} - \frac{58333(50)(30.6)}{2'289404} + \frac{2'284000(30.6)}{2'289404}$$

$$F = 21.02 - 38.98 + 30.04 = 12.08 \text{ Kg/cm}^2 \text{ pasa.}$$

$$\text{Fibra Inf: } F = \frac{58333}{2775} + \frac{58333(50)(59.4)}{2'289404} - \frac{2'284000(59.4)}{2'289404}$$

$$F = 21.02 + 75.67 - 59.26 = 37.43 \text{ Kg/cm}^2 \text{ pasa.}$$

$$P_t = 39689.1 \text{ Kg (tensión).}$$

Compresión

$$F = 37.43 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = FA = 37.43 \times 3165$$

$$P = 118,465.95 \approx 118\,466 \text{ Kg (compresión).}$$

Alternativa N° 2. Ensayando con un preesf inicial

$$F_0 = 50,000 \text{ Kg.}$$

$$\text{Análisis de las dos etapas: } F_0 = \frac{50000}{1.25} = 40\,000 \text{ Kg.}$$

1) Popo + Preesf.

$$\text{Fibra sup: } F = \frac{50000}{2775} - \frac{50000(50)(30.6)}{2'289404} + \frac{953100(30.6)}{2'289404}$$

$$F = 18.01 - 33.41 + 12.74 = -2.66 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{pasa}$$

$$\text{Fibra inf: } F = \frac{50000}{2775} + \frac{50000(50)(59.4)}{2'289404} - \frac{953100(59.4)}{2'289404}$$

$$F = 18.01 + 64.86 - 24.73 = 58.14 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{pasa}$$

2) Popo + Preesf + Pfirmo + C.V. Aquí se considera: $F = 40,000$

$$\text{Fibra sup: } F = \frac{40000}{2775} + \frac{40000(50)(30.6)}{2'289404} + \frac{2'284000(30.6)}{2'289404}$$

$$F = 14.41 - 26.73 + 30.53 = 18.21 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Fibra inf: } F = \frac{40000}{2775} + \frac{40000(50)(59.4)}{2'289404} - \frac{2'284000(59.4)}{2'289404}$$

$$F = 14.41 + 51.89 - 59.26 = 7.04 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{pasa}$$

Revisión del area de concreto.

$$A_c = \frac{F_o h}{F_c c_i} = \frac{50000 \times 90}{157.5 \times 30.6} = 933.7$$

$$933.7 > 2775$$

Se observa que la estructura trabaja bajo esfuerzos permisibles en ambos casos.

A continuación se calculan las coordenadas de la parábola.

$$Y = Kx^2 \quad \therefore$$

$$K = \frac{50.2}{(548)^2} = 1.67165 \times 10^{-4}$$

$Y = Kx^2$ pero; cota lecho bajo = $k(x^2) + 9.2$

Nota: Origen (0,0) Ax Cl en el lecho bajo.

| Punto | Coordenadas (cm) |
|-------|------------------|
| 1 | 0, 0, 9.20 |
| 2 | 137, 12.33 |
| 3 | 274, 21.75 |
| 4 | 411, 37.44 |
| 5 | 548, 59.4 |

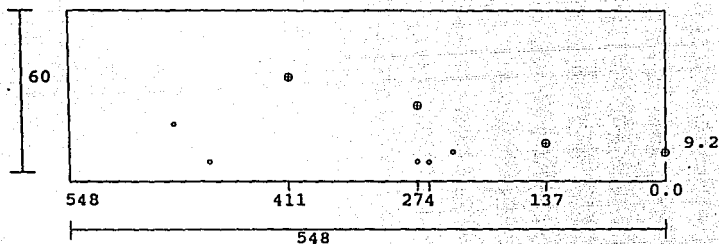


Fig X.6.1.

Análisis y diseño por Cortante:

Datos:

$L = 10.7 \text{ m}$

$W_t = 1596 \text{ kg/m}$

$h = 0.90$

$f'c = 350$

$$V_{\text{máx}} = \frac{1596 \times 10.7}{2} = 8539$$

Cálculo del valor del ángulo α :

$Y = kx^2 \therefore Y' = k2x$

Sustituyendo valores:

$$Y' = K(2 \times 548) = 1.67132 \times 10^{-4} \times 1096$$

$$Y' = 0.1832$$

$$\therefore \alpha = 10.3^\circ$$

La fuerza efectiva de preesf. es: $F = 40,000 \text{ Kg.}$

$$F_v = 40000 \text{ sen } 10.3^\circ = 7152 \text{ Kg.}$$

Cortante excedente.

$$V = 8539 - 7152 = 1587 \text{ Kg.}$$

Como el valor anterior es insignificante se habilita el estribo por especificaciones.

$$E_v = @ 50 \text{ cm.}$$

X.6.3.- Ejemplo N° 2.

Trabes preesforzadas en pasarela $L = 14.50 \text{ m.}$

Trabe tipo V

1. Dimensiones generales:

$$\text{long total} = 14.5$$

$$\text{long entre apoyos} = 13.85$$

2. Cargas.

$$\text{Peso firme } W_{\text{f}} = 1.0 \times 1.0 \times 0.05 = 120 \text{ Kg/m}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{||}} = W_{\text{||}} &= 0.20 \times 0.9 \times 1.0 \times 2400 + \left[\frac{0.10 + 0.05}{2} \right] \times \\ & 0.65 \times 2400 \text{ XLD} \\ &= 434 + 234 = 666 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Carga viva } W_{\text{V}} = 500 \text{ Kg/m por reglamento.}$$

$$W_{\text{||}} = 500 \times 1.5 = 750 \text{ Kg/m}$$

$$W_r = 1929 \text{ Kg/m}$$

$$W = 1929 \times 18.5 = 35686.5 \text{ Kg.}$$

$$V = 17,883.25 \text{ Kg.}$$

3. Materiales concreto $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ presforzado

$$f_c = 0.45f'c = 157.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (firme).}$$

$$\text{Acero: } f_{pn} = 19000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{pl} = 0.7(19000) = 13300 \text{ Kg/cm}^2 = f_s$$

$$f_{pc} = 0.8(13300) = 10640 \text{ Kg/cm}^2$$

4. Centroide

| | AREA | Y | AT |
|----|---------------------------------|------|--------------------|
| 1. | 20 x 90 = 1800 | 45 | 81000 |
| 2. | 5 x 65 = 325 | 2.5 | 812.5 |
| 3. | 5 x 65 = 325 | 2.5 | 812.5 |
| 4. | $\frac{5 \times 65}{2} = 162.5$ | 6.67 | 1083.9 |
| 5. | $\frac{5 \times 65}{2} = 162.5$ | 6.67 | 1083.9 |
| | $\Sigma = 2775.0$ | | $\Sigma = 84792.8$ |
| | Y = 30.56 | | |

5. Momento de inercia.

$$I_{xx} = I + A_1Y_1^2 + L \left[I_2 + A_2Y_2^2 + I_3 + A_3Y_3^2 \right]$$

$$= 1'215,000 + 375,324 + 2 \left[677 + 255,893 + 286 + 92744 \right]$$

$$I_{xx} = 2'289 404 \text{ cm}^4$$

6. Momentos sobre la trabe.

$$W_r = 180 + 1000 + 750 = 1930$$

$$M_t = \frac{W_r \times L^2}{8} = \frac{1930 \times 1445^2}{8} = 50374 \text{ Kg - m}$$

7. Diseño.

a) Propiedades de la sección.

$$A = 2775 \text{ cm}^2$$

$$I = 2'289,404 \text{ cm}^4$$

$$\bar{Y} = 59.4 \text{ cm}$$

$$r^2 = I/A = 2'289,404/2775 = 825 \text{ cm}^2$$

$$K_1 = r^2/L_{sup} = r^2/c_1 = 825/30.6 = 26.96$$

$$K_b = r^2/L_{inf} = r^2/c_b$$

$$r^2/T = 825/59.4 = 13.89$$

b) Diseño preliminar.

Preesfuerzo efectivo: $F = M_t/0.4 h$

$$F = \frac{5037400}{0.4(90)} = 139,928 \text{ Kg.}$$

Considerando un 20% de perdidas.

Preesfuerzo inicial: $F_0 = 1.2(139,928) = 167,914 \text{ Kg.}$

c) Diseño definitivo:

Posición del C.G. del Acero:

$$e = K_b + \frac{M_n}{F_0}$$

$$M_n = \frac{1180 \times 14.45^2}{8} = 30798 \text{ Kg-m}$$

$$K_b = 13.89 \text{ cm}$$

$$F_o = 167,914 \text{ Kg}$$

$$e = 13.89 + \frac{3079800}{167914} = 32.23 \text{ cm}$$

Preesfuerzo efectivo.

$$F = \frac{M_t}{e+Kt} = \frac{5037400}{32.23 + 26.96} = 85105.59 \approx 85106$$

$$F = 85106 \text{ Kg}$$

Preesfuerzo inicial.

$$F_o = 85106(1.20) = 102,127 \text{ Kg.}$$

Area de Acero.

$$A_s = \frac{F}{f_s} = \frac{85106}{13300} = 6.39 \approx 6.4 \text{ cm}^2$$

Area de concreto.

$$A_c = \frac{F_o \cdot h}{f_c L_{sup}} = \frac{102127(90)}{157.5(30.6)} = 1907$$

$$A_c = 1907 < 2775 \text{ cm}^2 \text{ Pasa.}$$

8. Verificación de esfuerzos:

$$\begin{array}{ll} F = 85106 \text{ Kg} & C_t = 30.6 \text{ cm} \\ A_c = 2775 \text{ cm}^2 & C_b = 59.4 \text{ cm}^2 \\ e = 32.23 \text{ cm} & r^2 = 825 \text{ cm}^2 \end{array}$$

$$M_m = 30798 \text{ Kg-m}$$

$$M_{cv} = \frac{1180 + 1445^2}{8} = 30798 \text{ Kg - m}$$

$$I = 2'269,404 \text{ cm}^4$$

1ª etapa de aplicación del preesfuerzo.

$$f = \frac{F}{A_c} + \frac{F_e C}{I_{xx}}$$

Fibra sup.

$$f = \frac{85106}{2775} - \frac{85106 (32.23) (30.6)}{2'289404} = 30.67 - 36.66$$

$$f = -5.99 \approx 6.00 \text{ tensión.}$$

Fibra inf.

$$f = \frac{85106}{2775} + \frac{85106 (32.23) (59.4)}{2'289404} = 30.67 + 70.17$$

$$f = 101.84 \text{ compresión.}$$

2ª etapa Preesfuerzo + Peso propio.

esfuerzo debido al popo.

$$f = + \frac{M_{\text{popo}}}{I} C_T$$

Fibra superior.

$$\frac{3079800 (30.6)}{2'289,404} = 41.16 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión)}$$

Fibra inferior.

$$\frac{3079800 (59.4)}{2'289,404} = -79.90 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión)}$$

3ª etapa: Preesfuerzo + P_{popo} + Carga Viva.

Esfuerzos debidos a la carga viva.

$$f = + \frac{M_{vc} C}{I} = \frac{750(14.45)^2}{8}$$

Fibra superior:

$$f = \frac{1957500(30.6)}{2'289404} = + 26.16 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compresión)}$$

$$f = \frac{1957500(59.4)}{2'289404} = - 50.79 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (tensión)}$$

9.- Diagramas de la 3ª etapa.

Conclusión.

Se ve que en el lecho inferior hay esfuerzo de tensión de -28.86 Kg/cm^2 . Por lo que se procede a incrementar la fuerza preesforzante. Esto es factible ya que en el lecho superior se tiene una comp. máx de 61.38 Kg/cm^2 muy inferior a la admisible de 157.5 Kg/cm^2 .

Proponemos incrementar la excentricidad del acero para dar un mayor momento preesforzante:

$$e = 50 \text{ cms.}$$

Se verá que ocurre si el preesfuerzo efectivo es $F = 120,000 \text{ Kg.}$ de donde:

$$\text{Preesfuerzo inicial: } F_0 = (1.2)(120,000) = 144,000 \text{ Kg.}$$

Area de Acero.

$$A_s = F_0 / F_s = 144000 / 13300 = 10.83 \text{ cm}^2$$

Area de Concreto.

$$A_c = \frac{F_0 h}{f_c C_t} = \frac{144000(90)}{157.5(30.6)}$$

$$A_c = 2689 \text{ cm}^2 < 2775 \text{ cm}^2 \text{ Pasa}$$

Verificación de esfuerzos:

$$\begin{array}{ll} F = 120,000 \text{ Kg} & M_n = 30,798 \text{ Kg-m} \\ A_c = 2,775 \text{ cm}^2 & M_{cv} = 19,575 \text{ Kg-m} \\ e = 50 \text{ cm} & \\ C_r = 30.6 \text{ cm} & I = 2'289,404 \text{ cm}^4 \\ C_b = 59.4 \text{ cm} & \end{array}$$

1ª Etapa Aplicación de Preesfuerzo.

$$f = \frac{F}{A_c} \pm \frac{F \cdot e \cdot C}{I}$$

Fibra superior:

$$f = \frac{120000}{2775} - \frac{120000(50)(30.6)}{2'289,404} = -36.95 \text{ (Tensión)}$$

Fibra inferior:

$$f = \frac{120000}{2775} - \frac{120000(50)(59.4)}{2'289,404} = 198.91 \text{ (Compresión)}$$

2ª Etapa Preesfuerzo + P_{opo}

$$f = \pm \frac{M_{P_{opo}} \cdot C_t}{I}$$

Fibra superior:

$$f = \frac{3079800(30.6)}{2'289,404} = + 41.16 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Compresión).}$$

Fibra inferior:

$$f = \frac{3079800(59.4)}{2'289,404} = - 79.91 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Tensión).}$$

3ª Etapa:

Preesf + P_{opo} + C.V.

Fibra Superior

$$F.S. f = \frac{MvCt}{I} = \frac{1957500(30.61)}{2'289404} = + 26.16 \text{ (Comprensión)}$$

Fibra Inferior

$$f = \frac{1957500(59.4)}{2'289404} = - 50.79 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (tensión)}$$

Diagrama de la 3ª etapa.

$$e = 50$$

$$F = 90000 \text{ Kg}$$

$$F_o = 1.2(90000) = 108000 \text{ Kg}$$

$$A_s = \frac{F_o}{F_s} = \frac{108000}{13300} = 8.12$$

Usando torones ϕ 1.27 cm ($A_s = 0.99 \text{ cm}^2$)

$$N^\circ \text{ torones} = \frac{8.12}{0.99} = 8.2 \approx 8 \text{ torones.}$$

$$A_s(\text{real}) = 8(0.99) = 7.92 \text{ cm}^2$$

El esfuerzo a que trabaja el acero a la hora de preesf. es:

$$f_t = \frac{108,000}{7.92} = 13,636.3 \text{ Kg/cm}^2 < \text{Esfuerzo del gasto}$$

$$f_{p1} = 15200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Area/concreto } A_c = \frac{F_o h}{f_c C_t} = \frac{108000(90)}{157.5(30.6)} = 2017 \text{ cm}^2 < 2775 \text{ cm}^2$$

pasa

Esfuerzos debidos al preesfuerzo.

$$F.Svp \quad f = \frac{90000}{2775} - \frac{90000(50)(30.6)}{2'289,404} = -27.72 \text{ Kg/cm}^2 \text{ tensión}$$

$$F.Inf \quad f = \frac{90000}{2775} \pm \frac{90000(50)(59.4)}{2'289,404} = 149.19 \text{ Kg/cm}^2 \text{ compresión.}$$

Localización del Acero del preesfuerzo.

Cálculo de cotas.

Ec Gral de la parábola $Y = kx^2 \therefore k = \frac{Y_{máx}}{x_{máx}^2}$

$$x_{máx} = 722.5$$

$$Y_{máx} = 59.4 - 9.4 = 50 \text{ cm}$$

$$k = \frac{50}{722.5^2}$$

$$k = 9.6 \times 10^{-5}$$

$$\text{Secc B. } Y' = k(361.25)^2 = 12.5 \quad \text{CLB} = 12.5 + 9.4 = 21.7$$

$$\text{Secc C. } Y' = k(180.625)^2 = 3.13 \quad \text{CLB} = 3.13 + 9.4 = 12.53$$

$$\text{Secc A. } Y' = k(581.875)^2 = 28.13 \quad \text{CLB} = 28.13 + 9.4 = 37.53$$

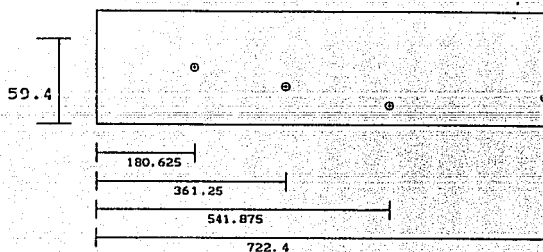


Fig X.6.2.

Análisis y revisión de pilotes.

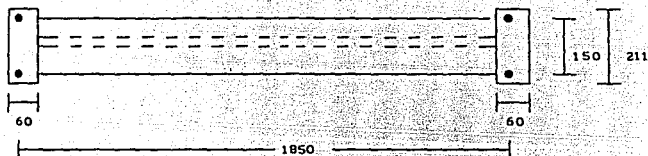


Fig X. 6.3.

Elementos mecánicos trabe preesforzada.

$$Pr = 1930 \times 18.50 = 35705 \text{ Kg}$$

$$M_o = \frac{1930 \times 18.50^2}{12} = 55045.21 \text{ Kg - m.}$$

Rigideces.

$$\text{Pilote } \phi = 24'' \text{ e} = 3/4''$$

$$\begin{aligned} A &= 345.43 \text{ cm}^2 \\ I &= 154,231.55 \text{ cm}^4 \\ S &= 5,060.14 \text{ cm}^3 \\ r &= 20.89 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi(d_{ext}^2 - d_{int}^2)}{4} \\ \lambda &= \frac{(60.96^2 - 57.15^2)}{4} \end{aligned}$$

$$\text{para } h = 2500 \text{ m.}$$

$$A = 345.45 \text{ cm}^2$$

$$k_c = \frac{4EI}{h} = \frac{154231}{2500} = 61.7$$

Pedestal.

$$\text{Secc. } 60 \times 30$$

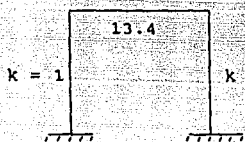
$$\begin{aligned} L &= 20 \text{ cm} \\ f'c &= 250 \text{ Kg/cm} \\ I &= 135 \end{aligned}$$

$$k_p = \frac{4EI}{L} = \frac{12.9 \times 135000}{210} = 8292.86 \text{ cm}^3$$

$$\text{Acero } A = 36 E_s = 2039000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 10000 \sqrt{f'c} = 158,113.9 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2,039,000}{158,113.9} = 12.9$$



Factores de distribución.

$$2 \text{ y } 3 \text{ Fd} = -\frac{1}{2} \left(\frac{134.4}{134.4 + 1} \right) = -0.49$$

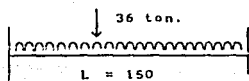
$$3 \text{ y } 2 \text{ Fd} = -\frac{1}{2} \left(\frac{1}{134.4 + 1} \right) = -0.01$$

Figura X.6.4.

Columnas

$$F_d = -\frac{3}{2} \quad F_{v2} = \frac{1.5}{2} = -0.75$$

Condiciones de Carga vertical.



X.6.5.

$$M = \frac{PL^2}{12}$$

$$P_0 P_0 = 1 \text{ ton.}$$

$$M_c = 6.75 + 0.19 = 6.94 \text{ ton-m}$$

$$\frac{P}{2} = 18.0 + 0.5 = 18.5 \text{ ton.}$$

Condiciones de Carga horizontal.

$$P_r = 37.0 \text{ ton.}$$

$$C.S = 0.12$$

$$V.S = 0.12(37.0) = 4.44 \text{ ton}$$

$$M_p = \frac{V_h}{3} = \frac{4.44(25)}{3} = 37 \text{ ton - m}$$

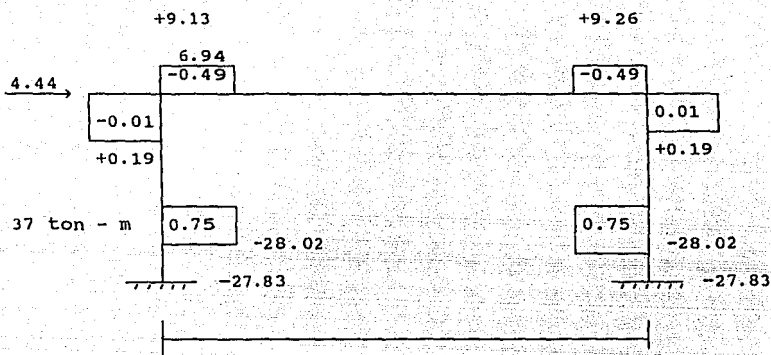


Fig X.6.6.

Cortantes finales.

| | | | | |
|-------------------|------------------------|---|------------------------|---|
| V isostáticos. | +18.50 | ↓ | -18.50 | ↓ |
| V hiperestáticos. | $\frac{+36.78}{55.28}$ | ↓ | $\frac{+36.78}{18.26}$ | ↑ |
| | | ↓ | | ↑ |

(Cortante o Reacción)

$$V = R_c \ 55.28$$

Figura X.6.7.

Elementos Mecánicos (Revisión de pilotes.)

P = 55.28 ton.

$$M_u = 27.64 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M_l = 27.83 \text{ ton} - \text{m}$$

$$f_a = \frac{P_n}{A} = \frac{1.1 \times 55280}{353.43} = 172.05 \text{ Kg/cm}^2$$

Relación de esbeltez.

$$\frac{Kl}{r} = \frac{1.0 \times 2500}{20.89} = 119.67 < 172.05 \text{ pasa.}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times 2.039 \times 10^6}{2530}} = \sqrt{15908.40}$$

$$C_c = 126.13$$

$$\frac{Kl}{r} < C_c$$

$$F_a = \frac{\left[\frac{1 - \left(\frac{Kl}{r} \right)^2}{2 C_c^2} \right] f_y}{F_3} = \frac{\left[1 - \frac{(119.67)^2}{2(126.13)^2} \right] 2530}{1.92}$$

$$F_a = 724.61 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_n = \frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{(8C_c)^3}$$

$$1.66 + 0.26 + 0.10 = 1.92$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{172.05}{724.61} = 0.24 > 0.15 \text{ de donde:}$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_b}{\left[1 - \frac{f_a}{F'c} \right] F_b} \leq 1.0$$

$$C_m = 0.85$$

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{278300}{5060.14} = 549.98 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$F_b = 0.6 F_v = (0.6) 2530 = 1520 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$F'c = \frac{10480000}{\left(\frac{kl}{r} \right)^2}$$

$$F'c = \frac{10480000}{(119.67)^2} = 731.8 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$0.24 + \frac{0.85 (549.98)}{\left[1 - \frac{172.05}{731.8} \right] 1520} = 0.24 + \frac{467.48}{1162.65} = 0.24 + 0.40$$

$$F'c = 0.64 < 1.00 \text{ pasa}$$

Los pilotes estan trabajando al 49%

$$\frac{f_a}{F_a} > 0.15$$

XI.- Procedimiento de construcción.

XI.1.- Programa de construcción.

Se elaboró un programa de construcción en el cual se basó, en las necesidades que se tiene para la terminación de la obra; según con el presupuesto que se cuenta, fecha de entrega de los materiales propios de la construcción.

El estudio de este programa se ajustó al máximo debido a las necesidades internas de Petróleos Mexicanos dado que cada vez es más apremiante que este tipo de instalaciones entren en servicio ya que la flota petrolera que cruza los mares de nuestro territorio así como la importación de productos elaborados necesitan de puertos funcionales.

XI.1.1.- Equipo empleado.

En el equipo empleado en la construcción del muelle N° 4 en la terminal marítima de Pajaritos, Ver.

| Descripción | Cantidad | Empleo |
|--|----------|--|
| Máquina de soldar combustión interna 380 Amps. | 10 | Soldado de varillas para pilote obra falsa, prefabricación de tubería y trabajos diversos. |
| Máquina de soldar eléctricas | 3 | Soldado de varillas para pilotes obra falsa y trabajos diversos. |
| Dosificadoras capacidad 20 de m.p.h. | 2 | Colados de pilotes colado de caballetes, duques de alba precolados. |
| Vibradores de chicote. | 8 | Colado de concreto general |
| bombas de concreto capacidad 20 m.p.h. | 2 | Colado de pilotes, precolados y colados en general |

| Descripción | Cantidad | Empleo |
|---|----------|--|
| Grúa hidráulica capacidad de 35 tons. | 1 | Transporte y estiba de pilotes y elementos precolados. |
| Grúa capacidad de 50 tons. | 2 | Manejo de pilotes de estiba a chalán transportador y para hincado. |
| Chalán con capacidad de 30 tons. | 3 | Transporte de pilotes, maniobras y transporte de estiba. |
| Chalán con capacidad de 100 tons. | 1 | Para equipo de piloteo. |
| Martinete doble acción capacidad 7500 kg/m ² | 1 | Para hincado de pilotes. |
| Torre de piloteo de 27 mts. de altura con accesorios. | 1 | Para hincado de pilotes. |
| Winches Manuales con capacidad de 5 tons. | 5 | Para el alimento del chalán de hincado de pilotes. |
| Anclas con peso de 2 tons. | 5 | Para el alineamiento del chalán de hincado de pilotes. |
| Remolcador con capacidad de 175 H.P. | 1 | Transporte de materiales y movimientos de chalán piloteador |
| Lancha con motor fuera de borda de 15 H.P. | 2 | Transporte de personal y trabajos diversos. |
| Camiones de redilas capacidad 7 tons. | 2 | Transporte de material y trabajos diversos. |
| Camiones de volteo capacidad 7 m ³ . | 10 | Para rellenos y trabajos diversos. |
| Tractor de cargador frontal capacidad 1 1/2 Yd ³ . | 1 | Para rellenos, limpiezas de áreas y trabajos diversos. |

| Descripción | Cantidad | Empleo |
|--|----------|--|
| Gato hidráulico con capacidad | 1 | Para postensado de trabes. |
| Herramienta menor | lote | Trabajos diversos. |
| Tractor remolque con plataforma con capacidad 30 tons. | 1 | Transporte de tubería y materiales de construcción. |
| Camión winche con capacidad de 5 tons. | 2 | Transporte, montaje y trabajos diversos de tuberías. |
| Equipo para limpieza con chorro arena con accesorios. | 2 | Limpieza de estructuras metálicas y tuberías. |
| Compresor con capacidad de | 2 | Limpieza de tuberías y estructuras metálicas. |
| Ollas para pintura con sus accesorios. | 4 | Pintura de tuberías y estructuras |

XI.1.2.- Revisión y estudio de proyecto.

Una vez recibidos en la superintendencia de construcción todos los planos que consta el proyecto, fueron revisados para su mejor comprensión por todos y cada uno de los jefes de sección, así como el personal técnico de la compañía contratista. Se hizo una junta de trabajo para determinar las necesidades de cada uno de los departamentos que intervinieron en la construcción del muelle.

Una vez terminada esta fase se procedió al estudio y revisión de las requisiciones de materiales tanto nacionales como extranjeros formulándose listas de materiales para compras locales y fueron aprobadas para su adquisición.

XI.1.3.- Obras provisionales.

En los terrenos continuos al muelle se hizo una planeación

para localizar las obras provisionales que eran necesarias tales como:

- Bodega para almacenar cemento.
- Areas de precolados de pilotes y curado de los mismos.
- Area de almacenamiento y estiba de los pilotes prefabricados.
- Area de colado de trabes postensadas y almacenamiento.
- Area de soldadura y armado, enderezado del acero de refuerzo para pilotes y demás elementos.
- Localización de dosificadoras en los lugares más convenientes.
- Cuarto de herramientas.
- Bodega para materiales diversos.
- Oficinas: Administración, tomaduría de tiempo, control de obra, teléfonos.
- Sanitarios.
- Corriente eléctrica.
- Agua potable.
- Comedor.
- Area de materiales diversos.

Una vez hecha la planeación se procedió a la limpieza y nivelación de dichos terrenos, utilizando un tractor D-4, un cargador frontal de 1 1/2 yarda cubica, camiones de volteo de 7 m.

XI.2.- Colado de pilotes.

Para la construcción del muelle se necesitaron construir 449 pilotes de concreto con una sección de 0.45 * 0.45 mts., en las siguientes longitudes 141 piezas de 26.50 metros, 162 de 28.50 metros, y 146 piezas de 30.00 metros.

Para hacer estos precolados se necesitó contar con una mesa de las dimensiones siguientes 35.00 mts., de largo por 20.00 mts., de ancho.

Sobre el terreno natural, perfectamente compactado se coló una plantilla de concreto. Una vez que se encontraba perfectamente nivelada se coloca una membrana de polietileno, para evitar que se pegara una vez fraguado el concreto del pilote con la cama.

Se procedió a la colocación de los armados para que posteriormente se instalen los costados de cimbra de madera de triplay marino previamente prefabricados los tableros de esta cimbra. Antes de iniciar el colado se revisó su alineamiento y su sección, autorizándose el colado de estos elementos. Así mismo se tenía cuidado de que la cimbra de los costados tuviera suficiente grasa para facilitar el descimbrado, una vez fraguado el concreto.

Una vez que se ordenaba el colado de una cama de pilotes, la cual constaba de 10 elementos, separados uno del otro 45 cms., este espacio es dejado para ser troquelado de la cimbra de los pilotes; se procedió a descimbrar después de 12 horas de colado, para que posteriormente por medio de vapor por un tiempo de 6 horas se curaba hasta alcanzar una resistencia del 60%, mientras se efectuaba este curado con vapor, se preparaba otra segunda cama de pilotes volviéndose a repetir el mismo procedimiento.

Termido el curado de vapor de la primera cama se previó el problema que presentaría al izarlos, para evitar fisuras o fracturas de los mismos. Se le adaptaron a los pilotes antes de colar unos ganchos de varilla colocados en los puntos que marca una viga continua de tres apoyos y volado en los extremos.

Lo anterior dió magníficos resultados tanto en su transporte terrestre, marítimo y maniobras de izado para su hincado, ya que se movieron satisfactoriamente cerca de 500 pilotes; cuyos despegues fueron hechos sin tener problemas de consecuencia.

También se les dió un número y fecha de colado marcado en la cabeza de cada uno de los pilotes, para poder localizar fácilmente en caso de alguna falla en la calidad del concreto, ya que el laboratorio de pruebas, se entrega semanalmente el reporte de calidad de dicho concreto.

Para el colado de pilotes la superintendencia de construcción estableció los siguientes lineamientos.

XI.2.1.- Observaciones que se deben de tomar antes de colar cada pilote.

- El refuerzo debe ser el indicado al igual que el número y separación de estribos.

- La cimbra debe estar perfectamente alineada y nivelada, las dimensiones que marca el plano con su respectivo chalán.

- El pilote antes de su colado deberá tener colocados los ganchos de izaje en los puntos indicados.

- Durante el colado de cada pilote se tomarán muestras para comprobar su resistencia debiendo ser estas tres por cada pilote.

- El concreto tendrá una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, se usará como cementante una mezcla de cemento portland tipo II y puzolana en proporción de 1.5 en peso o cemento portland tipo V siendo este último el que se usó en la construcción de estos pilotes.

- Debiéndose obtener un concreto denso con tamaño máximo de agregado grueso de 4 cm. (1 1/2") y revendimiento de máximo de 6 cms.

- El acero de refuerzo es de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

XI.2.2.- Transporte de pilotes.

Para poder abastecer de pilotes a la máquina encargada del hincado se utilizaron dos grúas, una de las cuales era la encargada de despegar de la mesa de colados los pilotes en

los tres puntos de izaje transportandolos al lugar de estiba. La otra grúa era la encargada de izar y transportar del lugar de estiba al chalán hecho especialmente para el transporte marítimo de los pilotes.

XI.2.3.- Trazo topográfico.

Una vez que fué resultado el colado de pilotes y el transporte de los mismos a los lugares de hinca, expondré en forma breve el sistema de coordenadas usado en la terminal marítima de Pajaritos, Ver.

Las coordenadas utilizadas son las oficiales de la dirección General de Obras Marítimas que dependen de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, teniendo su origen en la mojonera que se encuentra localizada en el extremo Norte de la escollera lado Oeste en Coatzacoalcos, Ver. (Bocana de dicho río).

Partiendo de la mojonera con coordenadas $Y = - 4736.18$, $x = + 1859.93$; se trazó una línea auxiliar base paralela a la margen Sur de la laguna de Pajaritos, colocando en los puntos de inflexión, mojoneras dandoles valores correspondientes, localizando la línea del centro del muelle en construcción. Procediendose a colar una plancha de concreto de 60 cms., de ancho por 40 metros, de largo para marcar dicho elemento las coordenadas de los bancos de pilotes del muelle en construcción. Este tipo de mojonera se hizo en las abcisas como las ordenadas ($X - Y$).

Una vez terminada esta fase se verificó exhaustivamente los puntos de la coordenadas de los bancos de pilotes de cada uno de los elementos que constituyen el muelle. Para localizar los pilotes inclinados dentro de la laguna, se colocaban dos tránsitos, uno en el eje de las " X " y otro en el eje de las " Y ", en la intersección de las visuales de ambos aparatos es el punto buscado para la hinca del pilote.

Cuando no era posible que la normal al eje auxiliar base

fuera visible, entonces se trazaba un triángulo cualquiera con dos distancias procedía en la forma anterior antes descrita.

XI.2.4.- Hincado del pilote.

El proyecto del muelle consta de los elementos descritos con indican en las posiciones de las tablas correspondientes a la intersección del eje de cada pilote con el plan de la elevación de recorte, que a su vez corresponda a la parte inferior de los cabezales de cada estructura.

La inclinación de los pilotes se indica en los dibujos correspondientes siendo en todos los casos 1:4 (1 horizontal, 4 vertical).

El equipo con que se contaba era el siguiente:

- 1 Chalán de 300 tons., de capacidad
- 1 Grúa de 45 tons., de capacidad
- 1 Martinete Delmag D-30 diesel
- 1 Torre Guía de 27 mts., de altura
- 5 Winches manuales
- 5 Boyarines
- 375 Metros de cable de acero de 1"φ
- 1 Lote de heramienta menor
- 2 Chalanes Cabría de 100 tons., cada uno
- 1 Chalán de 30 tons., adaptado para el acarreo marino de pilotes
- 1 Remolcador marino de 175 H.P.
- 1 Lancha de motor fuera de borda para el transporte de personal

XI.2.5.- El procedimiento que se utilizó fue el siguiente.

Se coloca el chalán piloteador en posición, mediante las anclas que van colocadas de la siguiente forma: En la proa tres anclas, una ancla a estribor, una al centro y otra a babor. En la popa dos anclas, una a babor y otra a estribor; todas estas anclas eran unidas mediante cables de acero a los winches de maniobras manuales e indicando mediante boyarines las posiciones de las anclas en el agua. Llegando el chalán con pilotes se colocaban en la proa del piloteador, se procedía a estibar el pilote para se izado y colocarse en la gufa piloteadora, teniéndose cuidado de que sufriera del martillo quedara centrada, una vez hecho esto se retira el chalán de acarreo y sin que el pilote roce del fondo marino se empieza a hacer el movimiento con los winches manuales hasta que el pilote este en su sitio, verificandose la inclinación en la torre piloteadora mediante un escantillón, se vuelve a comprobar su posición mediante dos tránsitos que están en tierra, que haciendo cualquier indicación para el ajuste utilizando radios portátiles, terminadas estas fase se baja el pilote al fondo marino se cierra la abrazadera guía en la parte baja de la torre y se checa la sufridera de la cabeza del pilote, esto se hace para evitar daños a los elementos de hincado.

Se dispara el martillo para iniciar la hinca del elemento llevando un reporte de comportamiento, previamente se marcaron con pintura a cada metro de la punta hacia la cabeza su número correspondiente. Suspendiéndose el hincado hasta el rebote, ésto se hacia hasta alcanzar que en diez golpes penetrará el pilote 5 cms.

Terminando el hincado se retira hacia atrás el chalán piloteador para que entre el chalán proveedor e iniciar nuevamente el proceso de hincado como antes se expuso; excepto la posición de las anclas, estos se hara cuando cambie la localización del chalán piloteador atacando otro banco de pilotes.

XI.2.6.- Recorte de pilotes.

Durante el hincado de los pilotes en la secuencia indicada,

se procedió al recorte de los mismos, cuidando que el recorte no quede abajo del nivel indicado de la marca correspondiente, las longitudes de las varillas sobrantes de los pilotes no se recortarán a no ser que excedan de dos metros, y estorben la operación que se haga cerca del pilote, en este caso se recortarán dejando libre un mínimo de 1.20 metros, de longitud que se alojarán posteriormente en la superestructura.

Se procedió a contraventear las cabezas de los pilotes entre sí con el objeto de evitar desplazamientos de consideración entre ellos, durante el recorte y la colocación de la obra falsa.

El procedimiento del recorte se efectuó manualmente, las herramientas utilizadas fueron: marro de 12 libras y cuñas, descarnando el pilote hasta el nivel de recorte, para que posteriormente con equipo de oxiacetileno cortando el sobrante.

XI.3.- Obra falsa y cimbra de contacto inferior.

Una vez terminado el recorte de un elemento del muelle (caballetes, duques de alba, plataforma de atraque y operación). Para ilustrar mejor la fase de construcción, tomaremos como ejemplo:

La plataforma de operación, ya que este elemento presentó el problema mayor de la obra falsa y de cimbrado cuyas dimensiones son 30 * 35 mts., como se puede apreciar es el elemento de mayores dimensiones. El procedimiento de construcción que se llevó a efecto se hizo de la siguiente manera:

- Se colocarán cuatro abrazaderas, una en cada cara del pilote con una dimensión de 20.3 * 20.3 cms. (8" * 8"), sujetas estas por unos pernos con una placa en un extremo y en el otro con tuercas. El diámetro de estos pernos son de 38.1 mm. (1 1/2"), torquelados a su máximo para que trabajen a fricción, colocandose en cada uno de los pilotes.
- Se procedía a colocar tubos de diámetro de 30.48 cms.

(12"), arriba de las abrazaderas antes descritas en el sentido longitudinal colocando un tubo en cada extremo por cada banco de pilotes, estos tubos actuaban como vigas de soportes. Para evitar un peso adicional debido a la fluctuación de mareas y se introdujera agua en las tuberías, se colocarán tapas en los extremos de dichas tuberías.

Para evitar posible fallas de deslizamiento de las abrazaderas se colocaron estribos en la cabeza del pilote sujetando estos tubos que actuaban como vigas, o sea se estaba haciendo un sistema colgante combinado, con el sistema de abrazaderas, todos estos elementos eran verificados por la supervisión y por cada uno de sus departamentos, tales como topografía y obra civil. Una vez verificado esto, se procedía a colocar los cargadores de madera de 10 * 30.48 cms. (4" * 12"), con una longitud de 4.24 mts., en el sentido transversal a una separación entre ellos de 90 cms., para sujetar estos elementos a la tubería, se colocaron troqueles con alambroón de 1/4" para conservar su verticalidad, colocados estos cargadores se vuelve a verificar su nivel, que se hara mediante cuñas, así como el troquelado de cada uno de los elementos, para finalizar con la colocación, en el sentido longitudinal se coloco duela de 2.54 * 15.24 cms. (1" * 6"), con una longitud de 14.27mts. (14"), volviendose a verificar niveles, troqueles, etc.

XI.3.1.- Armado de acero de refuerzo y colocado de concreto.

Una vez hecha la obra falsa y colocada la cimbra de fondo de la plataforma de operación como ejemplo, se procedió al armado de dicho elemento, las varillas eran cortadas y habilitadas en el patio localizado en tierra y transportadas de este lugar por medio de chalanes o balsas construidas a expreso sobre tambores vacíos; una vez terminada esta fase de armado de esta plataforma, vuelve a verificarse por la supervisión la separación entre varillas, diámetros, amarres, recubrimiento del fondo, colocación de drenes para agua pluvial, disparos de varillas para muros interiores, anclajes, pasos de ductos eléctricos, etc. Concluida esta verificación se procede a colocar la cimbra lateral (costados), cuidando de contraventear esta cimbra con la obra falsa. Especialmente las ménsulas donde irán los apoyos para el puente de tuberías y viaductos.

Como se puede apreciar la losa que se va a colar es de dimensiones de 30 x 35mts., con un espesor de 1.20 mts., dandonos por consiguiente un volumen de concreto de 1260 m³., con un peso de 3024 tons.

Es difícil por el tipo de peso a manejar y el volumen, se procedió a colarlo por etapas en la siguiente forma; Se coló el concreto en capas horizontales de 40 a 50 cms., la primera capa sobre la cimbra se dejó endurecer, para ayudarnos a soportar el gran peso que significaba toda la estructura, sacando pruebas de laboratorio para detectar la resistencia del concreto a los 3 y 7 días, la segunda capa por especificación se requirió una compactación más enérgica que las subsiguientes, asegurandose en esta forma un contacto adecuado en la junta.

Se llegó a la conclusión de hacer tres capas de 40 cms., cada una. En la colocación del concreto se puso mayor énfasis en evitar una segregación objetable. Para evitar la segregación el concreto se depositó lo más cerca posible de su posición final y evitar que fluyera lateralmente a una distancia máxima de un metro. Este colado se efectuó a través de bombeo desde el camión de concreto (olla), al lugar de colocación. Para que el concreto fuera bombeado con facilidad, se llevo a efecto un estricto control de la mezcla ya que debía ser plastico-cohesivo de resistencia media. Se estableció un revendimiento óptimo el cual se mantuvo a través de toda la obra, no manteniéndose revendimientos inferiores a 5 cms. ni mayores de 14 cms.

Para que una mezcla pueda bombearse satisfactoriamente a distancias largas se requiere además de arena, cemento y agua, para tomar en cuenta la pérdida del revenimiento como resultado de la compresión a que esta sujeta la mezcla.

El tamaño máximo de agregado grueso estaba limitado por el diámetro de la tubería, la cantidad del agregado en la mezcla, la resistencia deseada y por el espaciamiento del acero de refuerzo. Como regla general de la superintendencia de construcción no permitió el empleo de agregados gruesos mayores de 38 mm. (1 1/2").

Antes de iniciar el bombeo del concreto se lubricó la tubería mediante un mortero de consistencia semejante a la del concreto empleado, pero sin agregado grueso. Por lo general, de 0.5 de m., de mortero era suficiente para la lubricación de esta tubería que es de un diámetro de 10 cms. (4"), de aluminio para su fácil manejo, haciendo la colocación final mediante una trompa de elefante.

En esta misma forma se colaron los demás elementos de que consta el muelle.

La obra falsa y la cimbra de fondo, los laterales o costados se retiraron cuando los cilindros de concreto que obtuvo el laboratorio durante el proceso de colado demostraron que estos ya habían adquirido el 70% mínimo permitido por las especificaciones de su resistencia.

XI.3.2.- Armado, cimbrado y colado de muros interiores de la plataforma.

Como se explicó anteriormente se dejarón ahogadas las varillas verticales de los muros interiores, dados, columnas, etc., arriba del nivel superior de la losa principal, procediéndose a colocar las varillas horizontales de los elementos antes descritos, verificando la supervisión la correcta colocación, número, diámetro, así como su alineamiento. Obteniéndose este visto bueno, se procede al cimbrado de los muros interiores, dados, columnas, etc., este cimbrado se hará con tableros de triplay marino ya que el concreto sera aparente; teniendo especial cuidado en la colocación de anclajes en los dados, de los ganchos, de escape de las torres contra-incendio, etc., volviéndose nuevamente a checar por la supervisión alineamiento de cimbra, nivel de enlace, torquelados, poniéndose especial cuidado de los anclajes, una ligarlos con la losa de piso terminado. En esta etapa se colocarán también los tubos que serviran para el agua contra incendio, ductos para la instalación eléctrica, o bien se dejarán los huecos necesarios para colocarlos, se hacen los disparos para los hidrantes.

Protegiendo los tubos de acero al carbón mediante una protección mecánica, que consiste en lo siguiente: Limpieza

a base de rasqueteo y cepillo, pintura primaria a base de alquitrán de hulla, una capa de esmalte a base de alquitrán de hulla, se colocó en embebido una maya de vidrio flex, que es una maya de fibra de vidrio y como acabado un fieltro de vidromat.

XI.3.3.- Material de relleno para la plataforma de operación.

Una vez alcanzada la resistencia del concreto al 70 % se procedió a descimbrar muros, dados, columnas, etc., para dar paso al relleno de material de grava cementada y con un peso volumétrico de 1.6 tons/m³, compactándose al 90 % proctor estandar colocándose en capas de 20 cms., Teniéndose cuidado de escarificar la capa inmediata inferior en una profundidad de 3 a 5 cms., antes de colocar la siguiente capa, haciéndose su recorte al nivel indicado en el proyecto para que posteriormente dar los cambios de pendiente para el bombeo de la losa de piso terminado.

En este punto se procederá a colocar los ganchos de escape, hidrante, el montaje de torres contra-incendio, defensas, cable para tierra, registros eléctricos, tanques metálicos de recepción de las purgas de garzas, soportes para tuberías y herraje en general.

XI.3.4.- Armado y colado de la losa de piso terminado.

Se inicia esta fase, una vez revisado los niveles del relleno para proceder al armado de la losa del piso terminado haciéndolo de la siguiente forma: se habilita el acero en tierra y se transporta por medio de personal a través de los viaductos que para esta fase ya estarán construídos, posteriormente explicaremos este punto.

Al terminarse de habilitar el acero, vuelve una vez más a verificarse los diámetros, las separaciones de recubrimiento, etc., procediéndose a la colocación de reglas para dar el bombeo indicado en los planos; verificándose por medio topográfico sus niveles y proceder de inmediato al colado de la losa, utilizando el sistema de bombeo del concreto de acuerdo con lo descrito anteriormente, sacando

pruebas de control de calidad del concreto y dándole terminación de escobillado para evitar el derrape del personal que operará. Al terminar este punto se prepara la cimbra para las guarniciones en todo su perímetro teniendo el cuidado de verificar se armado, colado, descimbrado y acabado, dejandose tubos ahogados de asbesto-cemento, para la salida de aguas pluviales.

Este es el procedimiento de construcción general para todos y cada uno de los elementos que constituyen el muelle.

XI.4.- Fabricación de traveses postensados para viaducto de tuberías y vehículos.

Como se explicó con anterioridad se preparó una mesa para hacer los precolados, esta nos servirá para la fabricación de estas traveses, que en su caso son 22 traveses con sección 1.30 mts. de peralte, 0.50 mts. de patín, 0.20 mts. de alma, variando sus longitudes desde 13.50 a 8.00 mts., de acuerdo a sus claros en el viaducto de vehículos.

En el viaducto de tuberías fueron 108 traveses con la siguiente sección: 0.70 mts. de peralte, 0.30 mts. de patín, 0.15 mts. de alma, variando sus longitudes desde 13.50 a 8.00 mts., procediéndose la fabricación de estos elementos en la siguiente forma:

- Se hicieron dos formas de cimbras una para el viaducto de vehículos y otra para el viaducto de tuberías dándoles a ambas la sección tipo I. Esta cimbra se hizo de triplay marino, haciendo tablerosa y para darle terminado se forró en su parte interior o sea, la cara que presenta el colado con lamina galvanizada para dar un acabado mejor y nos diera mayor veces de usos.

- Se procede al armado de dichas traveses verificandose sus separaciones y diámetros, previendo varillas a la distancia de 1/4 unos cartabones dejando barbas de varillas en un corte de 45° donde posteriormente se cimbrarán y colocarán los diafragmas. Todas las aristas expuestas tendrán su chaflán, en este punto se dejan colocados los ductos de P.V.C., donde irán alojados los alambres de preesfuerzo, estos ductos serán de un diámetro de 7.62 cms. (3"). La

cantidad de ductos se colocaron de acuerdo con el preesfuerzo máximo en el momento de aplicación dividido entre la fatiga de rotura, siguiendo la catenaria que se indica en el plano colocándose en los casos que se requiera una placa en el patín superior donde irán colocadas las columnas del marco que soportará el segundo lecho de tubería, esta placa ira con sus correspondientes anclajes, una vez verificado todo esto, se procede a cimbrar, con los tableros previamente prefabricados, haciendose su troquelado y su embraizado, dejando unos barrenos en el patín superior, donde se alojarán unos ductos de P.V.C., de 1.91 cms de ϕ . ($3/4$), con una equidistancia de 1.00 m. esta preparación nos sirve para colocar unas escuadras de varillas para soportar la cimbra del viaducto de vehículos y andadores; se verifican separaciones, sus chaflanes, nivel de placas para columnas, etc., dandose la orden de colado. La resistencia a la compresión fué de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$. llevandose control de laboratorio.

Una vez alcanzada esta resistencia se procede a la aplicación del preesfuerzo en la siguiente forma:

- Se corta al acero de preesfuerzo a la longitud requerida dejando aproximadamente 0.50 mts., a ambos extremos de la trabe.

Las características del acero de preesfuerzo fueron de una fatiga a la ruptura de $Fr = 12.500 \text{ Kg/cm}^2$, debiendo no exceder los siguientes valores:

| | |
|--|----------|
| Esfuerzo temporal máximo al tensar | 0.85 Fr. |
| Esfuerzo máximo al anclar | 0.75 Fr. |
| Esfuerzo máximo en operación después de descontar las pérdidas | 0.60 Fr. |

El diámetro de los hilos fué 6.4 mm ($1/4$ ") y una $A_c = 0.32 \text{ cm}^2$, procediéndose a la introducción de dichos alambres a los ductos previamente colocados antes de colado dándonos mediante un pequeño cálculo la cantidad de alambres necesarios para absorber el presfuerzo máximo en el momento de aplicación, dándonos por resultado que en algunas trabes nos dieron 36 hilos, haciendose toron de 12 hilos de cada

uno, o sea que nos dió por resultado 3 torones, otras nos dieron 24 hilos en 2 torones y algunas de 12 hilos con un solo toron.

Una vez introducidos los alambres se procede a la limpieza de los mismos en las cabezas, colocándose los tejos en ambos extremos de las trabes estando listos para la aplicación del presfuerzo mediante un gato hidráulico con accesorios para el tensado.

Alcanzada la tensión por el hilo, que variará según otro pequeño cálculo, que será de dividir el presfuerzo máximo, en el momento de la aplicación entre el número de hilos, siendo nuestro caso el de 36 hilos igual a 3.229 tons., por hilo menos un 15% por pérdida.

En el otro caso de 24 hilos será de 2.255 tons., por hilo menos el 15%. Este mismo cálculo se aplicará a otras trabes. Al estar aplicando con el gato la tensión se introducen las cuñas dentadas de forma cónica; para terminar así después de dar tensión a todos y cada uno de los hilos que componen las trabes. A este método se le llama " FRESYSSINET ".

Una vez terminada la tensión se procede al llenado de cemento-mortero del hueco existente entre la armadura del postensado y la pared del conducto que le sirve de alojamiento; ésto tiene por objeto proteger la armadura contra corrosión establecer una adherencia entre la armadura y el concreto para mejorar la resistencia a la ruptura cuando se trate de una pieza a flexión.

La inyección se verificó con las condiciones siguientes:

- a) El mortero debe llenar completamente el ducto sin bolsas de aire ni de agua segregada.
- b) El mortero no debe contener componente alguno, capaz de atacar al acero.
- c) El mortero después de fraguado debe presentar una resistencia por lo menos igual a $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.

d) La composición del mortero deberá ser de una parte de cemento y otra parte de arena limpia a proporción de 1.5 con agua de 17 a 19 litros para ser una mezcla pastosa (pintura espesa).

XI.4.1.- Colocación y montaje de traves postensadas

Al concluir las fases anteriormente descritas se procede a la verificación de los apoyos en caballetes, duque de alba, plataforma de atraque y plataforma de operación, colocándose placas de neopreno de dureza No. 50 sobre esta se coloca una lámina No. 14, después otra placa de neopreno; éstos serán los apoyos móviles, en cuanto a los apoyos se colocará única y exclusivamente una placa de neopreno, de acuerdo con las indicaciones y nivel de contenido en los planos de referencia. Procediéndose primeramente las traves que forman el viaducto de vehículos haciéndose en la forma siguiente:

- Mediante una grúa hidráulica con una capacidad de 35 tons., con llantas de hule se transporta hasta la orilla de la laguna o embarcadero, para que a su vez en este punto sea tomada por el chalán piloteador, mediante un guarnido y en dos puntos de iza se hace el transporte marítimo de las traves postensadas, colocandolas en su sitio correspondiente. Colocando las traves sobre apoyos móviles o fijos previamente colocados. Para el puente de tuberías se procede de igual forma, con la variante de par de traves lleva precolados y colocados los diafragmas; o sea que se precolo todo el marco, haciendo esta colocación con un igualador en cuatro puntos de iza, en igual forma fueron precoladas las traves para peatones, haciendo igual su colocación, la separación entre las cabezas de las traves fue colocado celotex como junta de expansión a la separación indicada en el proyecto.

XI.4.2.- Armado y colado de diafragmas y losas de piso terminado en viaducto de vehículos.

Como se recordará en la fabricación de las traves postensadas se dejaron preparaciones para recibir el armado de los diafragmas, así como unos ductos de P.V.C. de $3/4 \phi$ en el patín superior, para ahí ser colocadas las escuadras que soportan unos cargadores de madera de 4×4 "

longitudinales posteriormente colocar unos cargadores transversales, para finalmente colocarse la duela de fondo. Verificado ésto topográficamente de trazo y nivel, procediéndose a la colocación del acero de refuerzo que se habilito en tierra transportandolo al lugar de colocación y vuelve otra vez a verificarse por la supervisión la separación del armado de acero de refuerzo, diámetros,

colocación de drenes para agua pluvial, anclajes para postes de alumbrado, disparos de ductos eléctricos, colocación de cable para tierras, verificación de recubrimiento, ventanas para el paso de ductos eléctricos en los diafragmas, placas para soportar las escuadras de los ductos eléctricos, así como la preparación para el colado de los barandales, etc. Terminada ésta supervisión se dió la orden de colado con los lineamientos que se explicaron anteriormente, para la colocación y bombeo de concreto.

Dandose la orden de descimbrado hasta obtener cuando menos el 70% de resistencia, a la compresión que en este caso será de un $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$. Al terminar esta fase se procede al armado, cimbrado y colado de barandales, siguiendo los lineamientos que se describieron con anterioridad con todas sus fases de verificaciones, dando por concluido la construcción de los viaductos para vehículos.

XI.5.- Colocación de defensas de borneo y defensas fijas verticales y horizontales.

Como ya hablamos con anterioridad del número de defensas por parametro de atraque en cada uno de los elementos que construyen este muelle, así como ustedes recordaran también que al estar haciendo los colados de los muros perimetrales se dejaron ahogados los correspondientes anclajes para que en este punto se proceda a la colocación de las defensas de atraque y de borneo.

Los tipos de defensa de atraque corresponden a la fabricadas por Bridgestone Tire Co. L.T.D., fueron colocadas de acuerdo con la tabla contenida en los planos de proyecto.

Las defensas de borneo son fabricadas por la Shibata Industrial Co. L.T.D., en la cantidad y dimensiones que se describieron con anterioridad.

XI.6.- Soldadura y montaje de líneas de servicios y productos.

Antes de iniciar esta fase de construcción se hace una selección y prueba de personal que va a intervenir en la soldadura, de acuerdo con las especificaciones y códigos vigentes, ya que todas en sus juntas por pruebas indestructibles (rayos x), para una correcta aplicación de la soldadura. Una vez aprobado el personal (soldadores); se procede con un grupo a la prefabricación de los cabezales de llegada donde se localizan las garzas marinas, otro grupo esta destinado al montaje, alineación y punteo con soldadura de tuberías rectas, una vez que se tiene alineada, se procede al soldado de la junta para que posteriormente se tome una prueba radiográfica de dicha junta, para verificar las posibles fallas, o la aceptación de la junta. Como se puede observar este tipo de labor se hace en conjunto hasta llegar al armado de todo el sistema, verificandose que todas las líneas de tuberías en su alineación, nivel y soportes el tipo y cantidad que indica el proyecto. Este tipo de herraje fue previamente ordenado para su fabricación.

Una vez obtenido el visto bueno de la supervisión, se dará la orden para el llenado de agua y proceder a la prueba hidrostática de cada una de las líneas, hasta alcanzar la presión que nos indica el proyecto, manteniendola durante 24 horas mediante un registro que esta sancionado por un representante de la Secretaría de Industria y Comercio así como por técnicos de Petróleos Mexicanos, concluida esta prueba se desfoga y se lava para extraer posibles elementos extraños.

XI.7.- Montaje para garzas marinas.

Al tener concluido los cabezales de llegadas, se procede a la colocación de las garzas marinas de la siguiente forma:

- Se limpia la base de concreto, así como las cuerdas de las anclas, que se dejaron previamente, se colocan placas de

nivel, dando el grout correspondiente o sea la elevación de nivel; de base de concreto, al nivel inferior de la placa del pedestal de la garza, de este pedestal y ese espacio que se dejó, se inyecta un mortero rico en cemento y semi seco, se instalan las tuercas sobre los tornillos de anclaje y se verifica nuevamente, que la cara de la brida del cople elevado debe estar horizontal. Para proceder a la colocación de los brazos sobre este cople, de acuerdo con el instructivo de la casa del fabricante seleccionado por el método más conveniente según el equipo disponible. Una vez instalado el pantógrafo, se instalan los contrapesos principales y secundarios, usando las dimensiones del centro de gravedad mostrado en el dibujo de ensamble.

Los ajustes finales de los contrapesos y cables se harán al final colocándose las valvulas rompedoras de varios y otros accesorios. Consecuentemente a la terminación de esta fase, se instalo el equipo eléctrico e hidráulico con lo que será movido dichos pantógrafos, poniendo especial cuidado al instalarse el sistema hidráulico, limpiando cada componente tanto de tuberías como de mangueras, suficiente aceite hidráulico para llenar el sistema y así estar listos en la aceptación final. Los materiales y equipos eléctricos será a prueba de explosión todo el banco de garzas marinas irán a tierra de acuerdo con los códigos predominantes y las especificaciones.

XI.8.- Colocación y montaje de torres contra-incendio e hidrantes.

Con anterioridad se hizo mención a la cantidad, posición de las torres contra-incendio e hidrantes. Las torres contra-incendio fueron prefabricadas, son colocadas en sus bases procediendo a anclarlas, nivelarlas y haciendo su conexión al sistema de contra-incendio, colocando el monitor, así como sus válvulas correspondientes en todas y cada una de las torres contra-incendio e hidrantes, para hacer su prueba final de acuerdo con las normas de seguridad vigentes.

XI.9.- Instalación de fuerza y alumbrado.

Para llevar a cabo la instalación eléctrica de los muelles petroleros, es indispensable hacer una clasificación del tipo de local o lugar como lo especifica el capítulo V del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas; en el artículo No. 30 de este capítulo nos hace una clasificación de locales peligrosos y que resumiendo son los siguientes:

- Lugares en los cuales existan continúa o periódicamente y que se manejen, traten o empleen concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, líquidos volátiles inflamables; y que estas sustancias puedan existir debido a operaciones de reparación o mantenimiento, o debido a pérdidas, así como escapes que pueda haber debido a rupturas accidentales.

También se hace una clasificación de grupos atmosféricos y son los siguientes:

Grupos: A, B, C, D, E, F y G. Los cuales resumiendolos son: Atmosferas que contienen acetileno, hidrógeno, vapores eter, etílico, etileno, ciclopropano, gasolina, Hexano, nafta, butano, propano o gas natural; atmósfera que contienen polvo metálico incluyendo aluminio, magnesio y otros metales así mismo peligrosos.

Con esta breve descripción la plataforma de operación así como el muelle en general (aunque en menor proporción) se clasifica como un lugar peligroso quedando dentro de los grupos B, C, D, clases I, división 1, 2 ya que es en la plataforma de operación donde se llevan a cabo las mayores concentraciones de gases y vapores explosivos debido a la continua operación de carga y descarga de los buques-tanque con los diversos productos que opera Petróleos Mexicanos.

XI.9.1.- Instalación de canalizaciones y equipo.

La instalación de canalizaciones y de equipo eléctrico en locales peligrosos en este caso los muelles petroleros deben ser a prueba de explosión y que se encerrado en caja que sea capaz de resistir sin dañarse ni transmitir al exterior flamas o chispas y cualquier explosión de gas o vapor que pudiera ocurrir en su interior. Las canalizaciones se hacen por medio de tubo conduit metálico de pared gruesa con

uniones roscadas y las cuales cuando es necesario que vayan acopladas a cajas o accesorios de conexiones deben proveerse de los medios adecuados para evitar la entrada de los gases o vapores explosivos.

11.9.2.- Unidades de alumbrado.

Las lámparas que se instalan en los muelles deben ser unidades cerradas e impenetrables por los gases y vapores, no deben expuestas a daño mecánico.

XI.9.3.- Aislamiento de conductores.

El aislamiento de los conductores que se usan deben ser resistentes a la acción de los gases o vapores a que puedan quedar expuestos así como a los derrames de aceite que puedan haber.

XI.9.4.- Conexión a tierra.

Las partes metálicas descubiertas, no conductoras de corriente tales como tuberías que conducen los productos, las estructuras metálicas, torres contra-incendio, postes de alumbrado y las garzas marinas, así como los tableros e interruptores de equipo eléctrico que opere a más de 150 volts, a tierra o a cualquier voltaje ya que el muelle es un lugar peligroso, se conectan a tierra en forma permanente.

XI.9.5.- Sistema de alumbrado.

Todo muelle petrolero debe contar con suficiente iluminación para operar de noche con toda seguridad principalmente la plataforma de operación que requiere de precisión en la conexión de las conexiones de las garzas marinas a las tomas de los buques-tanque. Actualmente la distribución de alumbrado de un muelle se lleva a cabo por medio de reflectores de vapor de mercurio de 400 watts a 220 volts, y colocados por medio de postes a una altura de 10 mts., sobre el nivel de piso terminado. Todos los reflectores que se

montan a lo largo del muelle se orientan de tal forma que su haz luminoso sea de Norte a Sur con objetos de evitar deslumbramiento a los practicos que operan el atraque de los buques-tanque.

Todo muelle debe de contaren cada extremo con luces de situación que limiten las bandas de atraque del muelle, colocandose una luz roja en la banda izquierda y una luz verde en la banda derecha; el tipo de lámparas que se monta es transistorizada con un cambiador automático de 4 focos y fotocelda solar, el alcance de la lámpara es de 5 millas en condiciones de visibilidad normal y su alimentación es a traves de un banco de baterias que proporcionan 12 volts, en corriente directa a la vez este banco es alimentado de un cargador, con el objeto de que no haya disminución en la carga de bateria.

XI.9.6.- Los sistemas de comunicación.

Con lo que cuenta todo muelle petrolero es a base de teléfonos instalados en los cuartos de control que se localizan en la plataforma de operación; Estos teléfonos son del servicio de microondas que opera Petróleos Mexicanos en todas sus instalaciones, el servicio que proporciona estas unidades es de vital importancia ya que establece la comunicación entre el personal encargado de operar la conexión y apertura de válvulas para el paso de productos a los barcos con el personal de operar las estaciones de bombeo. Así como entre los capitanes del buque y el departamento de operaciones marinas.

XI.10.- Los muelles cuentan además con servicios auxiliares como son:

El cable de tierra para conexión a bordo del buque para descargarlo de la corriente estatica, así como tomas de corriente eléctrica para alumbrado exclusivamente de las embarcaciones, en caso de emergencia, esta tomo debe tener una capacidad de 48 kilowatts a 440 volts.

Anteriormente los tableros de alumbrado, tableros de fuerza

y en sí todo el equipo que componía el centro de control, se instalaban en la planta inferior del cuarto de control quedando localizados por este motivo en la plataforma de operación, con el tiempo se observó que eran imperantes para un buen manejo por parte del personal encargado ya que originaban molestias para la hora del mantenimiento por encontrarse en una área peligrosa, por este motivo que todo el centro de control del sistema de fuerza y alumbrado se vaya a instalar que fuera de este, llevando únicamente al interior del muelle las canalizaciones eléctricas de fuerza y alumbrado; así como el sistema de la red de tierra.

Esta modificación trae consigo un ahorro considerable en la adquisición de materiales ya que el centro de control no deberá ser a prueba de explosión, sino de tipo " NEMA 1 ".

XI.11.- Pintura y acabado en tuberías estructurales de acero y obra civil.

En vista de las condiciones de exposición de las instalaciones marítimas, sabiéndose que se trabajara en un ambiente húmedo y salino, con gases derivados de azufre, se busco el mejor sistema para la aplicación de los recubrimientos que a continuación voy a exponer:

XI.11.1.- Tuberías y estructuras metálicas.

Se inicia haciendo una limpieza con chorro de arena a metal blanco, usándose como primario un inorgánico de zinc tipo autocurante, o sea que se obtiene una insolubilización por sí mismo sin requerir de ninguna solución que se aplique posteriormente, las características de este primario es sumamente duro y resistente a la abrasión con excelente resistencia a la mayoría de los solventes a los ambientes Húmedos, salinos y marinos.

Las pruebas químicas se realizarán después de las 24 horas de secado y dándose un espesor de recubrimiento con una mano de pintura de 2.5 a 3 milésimas y después del tiempo correspondiente de recuperación este recubrimiento no debe mostrar ablandamiento, ampollamiento, agrietamiento o pérdida de adhesión.

XI.12.- Pintura para obra civil, paramentos de muelle, barandales de concreto, guarniciones, etc.

Se inicia con la preparación de las superficies de concreto en paredes, parapetos, barandales a base de limpieza con ácido muriático comercial y lavado con agua dulce hasta dejar limpia la superficie, concluyendo esta operación se aplica el primario vinil epoxico modificado, esta especificación se refiere a un primario a base de pigmentos inhibidores de plomo óxido de hierro, y un vehículo de vinílico con modificación epoxi-fenolico. Sus características son de una excepcional adherencia, una gran compactibilidad con diversos recubrimientos. Excelente capacidad para detener la corrosión bajo la película resistente al ambiente humedo y salino y con gases derivados del azufre. Las pruebas químicas se efectuarán después de 72 horas y el recubrimiento será de un espesor 1 mm. por mano, aplicandose dos manos de este primario.

El acabado se dara con el vinílico altos sólidos que anteriormente fue descrito.

La tabla de colores convencionales para pintar las instalaciones portuarias de Petróleos Mexicanos son:

| | |
|--|---|
| Garzas | Color blanco con franja de 20 cms., De ancho en el brazo secundario distintivo del producto que maneja. |
| Estructura de operación de garzas | Color Naranja. |
| Casetas de control | Color Blanco. |
| Elementos de Amarre ganchos, bitas, cornamusas | Color Naranja. |
| Parapetos y barandales | Color Naranja. |
| Guarniciones | Color Blanco. |
| Rejillas Irving | Color Negro. |

| | |
|---------------------------------|---|
| Paramento del muelle | En cuadros alternados de 2 x 2 mts., color blanco y color naranja. |
| Torres y Líneas contra-incendio | Color Rojo. |
| Postes de alumbrado | Color Verde claro desde el nivel de piso hasta 2 mts., de altura, el resto color blanco. |
| Defensas | Color Negro. |
| Escaleras | Color Negro. |
| Tuberías | Color Blanco con franjas de 20 cms., de ancho a cada 10 mts., distintivos del producto que manejan. |

Colores distintivos de los diferentes productos.

| | |
|----------------|-------------------------|
| Gasolina Super | Color Amarillo. |
| Gasolina Nova | Color Crema. |
| Diesel | Color Café. |
| Lastre | Color Gris Oscuro. |
| Agua Potable | Color Azul Oscuro. |
| Kerosina | Color Verde Claro. |
| Aire | Color Amarillo Claro. |
| Vapor | Sin Color van aisladas. |
| Combustóleo | Sin Color van aisladas |

XII.- Especificaciones generales de dragado.

XII.1.- Consideraciones.

XII.1.1.- Definición.

Se entiende por dragado, la extracción de materiales tales como arena, grava, roca, limo, arcilla, turba, etc., con el objeto de aumentar la profundidad y descargar el material extraído en zonas de depósito, que pueden ser a fondo perdido, o utilizarlo en el relleno de áreas bajas para el asiento de desarrollos urbanos, industriales, comerciales, etc., o sanear terrenos pantanosos que originan condiciones insalubres en algunas localidades.

XII.1.2.- Tipo de dragas.

Una draga es una embarcación especialmente dispuesta y con los medios necesarios para realizar trabajos de dragado.

Las dragas se clasifican en tres grupos que son mecánicas, neumáticas e hidráulicas.

Al primer grupo pertenecen las de cangilones y las de cucharón, pudiendo ser estas últimas a su vez de almeja o de arrastre. Todas estas pueden considerarse como tipos básicos de dragas mecánicas que fueron las primeras en usarse y las cuales son insustituibles en ciertos tipos de obras a pesar de que, su alcance de descarga es muy limitado, por lo que se requiere el uso de chalanes, tolvas y remolcadores para transportar el material a zonas de depósito.

El segundo tipo de dragas, las neumáticas, tiene un uso muy limitado y principalmente se usan para materiales finos no cohesivos tales como limo, arena, fango, material contaminado.

Corresponden al tercer grupo, las dragas hidráulicas que

pueden ser estacionarias o de autopropulsión. Estas combinan la operación de extraer el material, con su transporte al lugar de depósito mezclándolo con agua en proporción del 20% máximo de sólidos, realizando las dos operaciones por medio de una unidad integral y puede ser de succión simple o con cortador.

En el caso de las dragas hidráulicas de autopropulsión, al succionar el material lo depositan en las tolvas localizadas en el casco de una vez completa su carga, salen a tirar el material de fondo perdido; el tubo de succión puede estar localizado lateralmente con la escala de dragado en proa, centro a proa. La draga hidráulica de succión de cortador, ha sido mucho tiempo aceptada como la más versátil, por su uso en las más diversas condiciones y cuando cuenta con suficiente agua no tiene convertidor económico.

El campo del dragado es muy amplio; las dragas pueden operar en aguas con un calado del orden de 0.90 mts., hasta grandes profundidades. Los tamaños de las dragas de succión van desde 10 yd. a 54 yd., se puede extraer hasta 60,000 m³/ día., y bombear la mezcla a 6 kms., de distancia sin necesidad de estaciones de rebombeo.

Los componentes principales de las dragas hidráulicas estacionarias de succión con cortador son: Escala, tubo de succión, estructura H, estructura A, casco, casa de máquinas, motor principal, motor auxiliar, bomba centrífuga, sistema de malacates, cabina de operación, zancos, cortadora, motores de cortadora y equipo auxiliar con remolcador, cabria flotante, lancha, anclas, tuberías, flotadores, juntas de bola, cuello de ganso, válvula, equipo de apoyo terrestre, como tractores dragas de arrastre, camiones, etc.

Durante las operaciones de dragado, el material bombeado es transportado a través de una tubería flotante y otra terrestre, hasta el lugar de depósito y puede servir para rellenos, bordos y otras obras de terracerías o simplemente tirarlo sin algún servicio planeado.

XII.2.- Proyecto.

XII.2.1.- Localización de la obra.

Se proporcionará la ubicación exacta del sitio de obra, así como una descripción general de sus cercanías, indicando medios generales de comunicación, servicios públicos, etc.

XII.2.2.- Topohidrografía, trazos, niveles y taludes.

Los trabajos de la obra se realizarán de acuerdo con los planos previamente elaborados y estas especificaciones, salvo las modificaciones aprobar durante el desarrollo del dragado. Todos los planos que integren el proyecto tendrán su propia nomenclatura para facilitar el manejo, contendrán todos los niveles de trabajo " previstos ", topohidrológicos, trazos, niveles, taludes y en general toda la información para que el contratista pueda verificar la cuantificación de la obra.

A no ser que el proyecto indique lo contrario, el nivel de referencia (0.000) corresponderá a la marea baja media y a este estarán referidos los bancos de nivel que se proporcionen al contratista para el control de la obra.

Se efectuarán los levantamientos topohidrograficos necesarios en las áreas de trabajo antes de dragar, elaborando un plano batimétrico con la debida anticipación; posteriormente, durante el dragado, se elaborarán otros planos de este tipo y cuando el proyecto así lo requiera, se efectuarán operaciones de rastreo para afinar el control de las profundidades.

Los procedimientos para realizar estos trabajos serán fijados utilizando ecosonda, sondalesas y/o reglas para rastrear. La separación de las secciones transversales de control de dragado podrán variar dependiendo de la topografía y clase de terreno, entre 2 y 20 metros de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Los planos y croquis deberán incluir con claridad las curvas y bancos de nivel, trazos de los límites de dragado, niveles de dragado, bordos de contención, rellenos y taludes.

XII.2.3.- Areas y volúmenes por dragar.

Se iniciarán en los planos las áreas por dragar, señalando los límites de plantas y secciones transversales, así mismo, quedarán definidas las variaciones que se puedan tener en longitud, ancho y profundidad, cuando se trate de zonas por dragar contiguas a la playa y/o médanos, las secciones transversales de control se prolongarán a tierra la longitud necesaria.

Cuando una zona por dragar, este sujeta a la llegada continua de azolves, es conveniente obtener las secciones transversales antes y después del dragado.

También se mostrarán las áreas donde se efectuarán los rellenos y/o los depósitos de material de dragado, indicando de que zonas provienen y la forma de utilización. Cuando se trate de emplear dichos materiales en rellenos de zonas aledañas, el proyecto definirá la sobras necesarias y complementarias que se requerirán realizar de acuerdo con la función futura de los terrenos para rellenar incluyendo todo lo relacionado con ellos, como desmonte, despalme, caminos de acceso, bordos de contención. Cuando parte o la totalidad del material de dragadose tire en zonas alejadas, se indicarán las consideraciones que se deben observar para que dicho material no atecte zonas utilizables. Puede requerirse fijar zonas de tiro en mar adentro, en tales casos, se indicarán aquella o aquellas que presenten mayor seguridad a la navegación de los chalanes, tolas que transportarán el material a lugar de tiro, pudiendose presentar el caso si el proyecto así lo indica, que se tenga que efectuar tiros en diferentes lugares.

Se indicará en el proyecto el volumen total a extraer dentro de los límites establecidos, aclarando si dicho volumen incluye o no las tolerancias de sobredragado, para poder así conocer la cuantificación total, que servirá de base para el análisis de presupuestos y determinar el importe de los

contratos parciales y/o totales, se determinará el volumen de sobredragado que será admisible de acuerdo con las áreas que incluye el proyecto medido por hectárea de plantilla en las áreas de dragado.

XII.2.4.- Sondeos geológicos, granulometría, pruebas y clasificación del material.

En el proyecto se incluirán sondeos geológicos, granulométricos, pruebas y clasificación del material.

Se informará si se tienen conocimientos de restos de naufragios, lechos rocosos, presencia de tuberías, cables y otros materiales de un tamaño y un carácter tal que, hagan necesario el uso de explosivos y/o equipos especiales distintos a los propuestos, para su remoción, también se harán notar aquellos materiales que por la resistencia por materiales que por la presencia de vegetales o algunas otras obstrucciones naturales o extrañas retarden las operaciones durante el dragado y tiro de materiales para clasificar un material como lecho rocoso, deberá ser de tal tamaño, peso y composición que, se requiera explosivos o un equipo especial para su remoción, como únicos medios de lograrlo; no se incluirán fragmentos de rocas y boleos que deben ser removidos con draga hidráulica como piezas sueltas. Todos los materiales que por su peso, tamaño y/o composición, puedan ser extraídos con dragas hidráulicas en condiciones normales de funcionamiento se deberán considerar normales.

XII.2.5.- Utilización de los materiales dragados.

En el proyecto quedará definido el uso productivo que se le dará al material producto del dragado o si se tirará fuera de la obra, la mezcla bombeada puede depositarse en áreas confinadas y utilizarse principalmente para el asiento de áreas industriales, comerciales, turísticas, pesqueras, control hidráulico, etc. el uso productivo de material esta sujeto a leyes de protección ambiental ya que, deben tener las características turísticas, físicas y químicas adecuadas desde el punto de vista ingenieril o de lo contrario, considerarse como la basura que debe tirarse. Los materiales ideales para rellenos son la arena (fina, mediana, gruesa)

y la grava (fina, mediana), sin embargo pueden aprovecharse para rellenos los materiales cohesivos, siendo el problema principal en este caso, el largo tiempo de secado y la dificultad de usar el equipo convencional para el movimiento de tierras (construcción de bordos, zanjas, etc.), ya que para aprovechar dicho materiales necesario drenar una gran cantidad de agua, se requiere lograr una zona de estarquimiento en donde se depósite el material dragado y/o una compactación en el caso de los terrenos granulares, en esta forma, es posible el movimiento y uso productivo del material dragado en un terreno no estable y con propiedades geotécnicas prevesibles.

XII.2.6.- Zonas de rellenos y depósitos.

El proyecto también mostrará las áreas donde se efectuará los rellenos y/o los depósitos de material dragado indicando de que zonas proviene y la forma de utilización cuando se trate de emplear el material dragado en rellenos de zonas aledañas, el proyecto definirá las obras necesarias y complementarias que se requieran realizar de acuerdo con la función futura de los terrenos por rellenar y contendrá todo lo relativo a ellas, como desmontes, despalmes, bordos de contención, caminos de acceso, etc., cuando parte o totalidad del material dragado se tirado en zonas de proyecto y no formen parte de su estructuración, se indicará para cada caso en particular.

Las condiciones que deben observar para que dicho material depositado no afecte con posibles azolves al proyecto o zonas a futura ampliación puede requerirse fijar zonas de tiro a mar adentro, en tales casos, se indicarán aquella o aquellas que presenten mayor seguridad a la navegación de los chalanes-tolvas que transportarán el material al lugar de tiro, pudiéndose presentar el caso que, se debán efectuar tiros en diferentes lugares.

XII.3.- Ejecución de la obra.

XII.3.1.- Trabajos por ejecutar.

Se proporcionará una información lo más completa posible de los trabajos de dragado, transporte de material dragado y depósito del mismo. Quedarán claramente definidos los límites de las áreas de dragado en bocanas, canales de acceso, dársenas, bajos, etc., así mismo, las profundidades requeridas en las zonas por dragar y los taludes correspondientes; también las áreas de tiro del material dragado así como todos los trabajos necesarios y complementarios. Se anexarán al contrato respectivo planos, especificaciones particulares, precios unitarios, programas de obra, equipo y personal requerido. El contratista visitará el lugar de la obra en compañía de representantes de la empresa quienes proporcionarán toda información requerida, pudiéndose esta realizar todos los estudios y exploraciones adicionales requeridas.

A menos que el trabajo sea tan pequeño que pueda complementarse pronto como un todo, es conveniente dividirlo en secciones que faciliten la inspección y recepción final, organizándolo de tal forma que no interfiera con la navegación. Las áreas por dragar serán trazadas de acuerdo con el ancho de los cortes que dará el equipo utilizado, las cuales son ordinariamente de 30 pies a 40 pies para dragar en cangilones y de 100 pies a 200 pies para aquellas con tubería.

XII.3.2.- Programa de trabajo.

El programa de trabajo deberá contener todas las operaciones de dragado y tiro del material que determine el proyecto, quedando establecido en él, la secuencia del dragado y tiro así como los promedios mensuales de los volúmenes de obra que deberán obtenerse atendiendo el período fijado por la empresa, quien revisará el programa presentado por el contratista sin estar obligado a aceptarlo. Pudiendo en su caso, establecer modificaciones a las operaciones que más convengan a sus intereses, ordenando alteraciones a lo correspondiente a dragado y tiro del material.

XII.3.3.- Equipo y personal requerido.

El contratista se obliga a llevar y mantener en el lugar de la obra el equipo suficiente y de las capacidades apropiadas para cumplir los requisitos del trabajo. Dicho equipo se mantendrá en buenas condiciones durante todo el tiempo para realizar eficientemente el trabajo y quedará sujeto a la inspección de la empresa quien por el hecho de otorgar el contrato, no adquiere responsabilidad si la draga propuesta por el contratista es la adecuada para realizar el trabajo.

El equipo auxiliar, como remolcadores, lanchas, chalanes, etc., deberán mantenerse en buenas condiciones de trabajo para evitar fugas de material. Todas las líneas de tuberías flotantes y de tierra deberán revisarse constantemente, reparando inmediatamente rupturas y fugas.

El contratista deberá tener una planta de personal idóneo y eficiente que pueda llevar acabo la realización de los trabajos en forma satisfactoria para la empresa, incluyendo personal directivo de construcción e ingeniería.

XII.3.4.- Informes.

El contratista informará mensualmente dentro de los cinco días posteriores a la terminación de cada mes calendario, del número de personas empleadas en el trabajo, proporcionando copias de las listas de rayas o nominas, indicando las horas-hombres trabajadas y las erogaciones totales por concepto de materiales, también proporcionará a la empresa los nombres y domicilios de los subcontratistas del trabajo a la mayor brevedad posible entendiéndose que lo anterior será aplicable solamente al trabajo que realice en el sitio donde desarrolla la obra.

XII.4.- Estimaciones técnicas.

XII.4.1.- Características de los materiales.

Como guía para la formulación de los precios unitarios, el proyecto proporciona las exploraciones previas (perforaciones y pozos a cielo abierto) que determine las características de los materiales por dragar, pero el contratista podrá por su cuenta explorar el sitio de trabajo, revisar informes de dragados anteriores y el tener sus propias conclusiones que le servirán para la propocisión de los precios unitarios.

XII.4.2.- Manejo y Disposición del producto del dragado.

El material de la excavación debe transportarse en la localidad indicada por el proyecto, debiendose fijar la distancia de tiro sin excederse. Las áreas de tiro deberán estar marcadas en el campo con boyas o estacas.

Cuando el material sea depositado en áreas confinadas, todos los bordos, así como drenes, vertedores y desagües serán ejecutados por el contratista al costo que especifica el contrato así como el precio unitario del mismo.

El área de tiro propuesta se tomará en cuenta para otorgar el contrato y en el caso que esta decida cambiarse, se requerirá una autorización por escrito a la empresa. Todos los gastos relacionados con la preparación de tales áreas de tiro, serán a cargo del contratista y todos los materiales depositados allí, así como las maniobras, serán por cuenta y riego del contratista.

XII.4.3.- Taludes, sobre-excavaciones y tolerancias.

El proyecto estipulará el ancho de la plantilla y taludes de los cortes para prevenir derrumbes, por lo que, el material removido por cortes adicionales prescritos o derrumbes, será estimado y pagado adicionalmente a lo estipulado. Los

materiales de dragado más allá de los límites especificados, serán deducidos de la cantidad total dragada como sobre-excavación excesiva o talud excesivo y no serán pagados.

La empresa fijará para cada caso particular, las tolerancias en el dragado en longitud, ancho y profundidades mayores que las cotas de proyecto, así como de zonas de dragado insuficiente, se tendrá en cuenta para la determinación de ellas, la naturaleza del material por dragar, las condiciones locales, vientos, mareas y corrientes, especialmente en las desembocaduras de los ríos.

El rango de tolerancia en profundidades de dragado mayores a las de proyecto, podrá variar en 30 y 65 centímetros y únicamente en zonas aisladas.

XII.4.4.- Métodos de medición.

XII.4.4.1.- Primer caso.

El material por pagarse será medido en metros cubicos en los chalanes, en el lugar de dragado, por los inspectores que comisione la empresa. Ningún chalán podrá usarse en el trabajo sin que antes se determine su capacidad y así fuera necesario será vardo para su cubicación. El contratista será invitado a presenciar en persona o por medio de su representante autorizado, las operaciones de cubicación de los chalanes. Cuando seán determinados o redeterminadas las capacidades de los chalanes, se enviará al contratista una relación al respecto, si el contratista se inconforma, tiene dentro de 5 días, seán verificadas las capacidades de los chalanes a sus expensas debiendo estar presentes él o su representante debidamente acreditado, a fin de que las mediciones se hagan con su conformidad. Si él no se inconforma dentro de los 5 días, al recibir la relación de capacidades de los chalanes, queda entendido que las acepta. Si el chalán sufre alteraciones, será inspeccionado y cubicado antes de volver a usarse en el trabajo, cada chalán recibirá un número distintivo, letra o nombre que no podrá cambiarse o dárse a otro chalán durante la vigencia del contrato. Para asegurar la medición exacta, las tolvas se

llenarán y se enrasarán hasta donde sea práctico. El inspector juzgará de manera definitiva si un chalán esta escasamente cargado o sobre-cargado, a menos que el representante del contratista se inconforme o proteste antes de que se movido del sitio donde sea cargado. En caso de protesta, el contenido del chalán será nivelado inmediatamente por el contratista y el inspector medirá su contenido. las estimaciones mensuales serán el resultado de las mediciones antes estipuladas. Los volúmenes preliminares o aproximados de sobre-excavación o taludes excesivos determinados mediante los sondeos realizados atrás de la draga, se deducirán de las cantidades mensuales parciales; la determinación final de dichos volúmenes se basará en sondeos realizados para la entrega final del trabajo y las cantidades pagadas bajo contrato serán las totales medidas en los chalanes y depositadas de acuerdo con las especificaciones, deduciendo las cantidades de sobre-excavación o taludes excesivos determinados en la recepción final.

Si bien se desea que las tolvas sean llenadas y enrasadas siempre que sea práctico. Circunstancias especiales pueden impedirlo debiéndose cubicar cada tolva en las condiciones que se encuentren, en cuyo caso se prepararán tablas en el uso del inspector a fin de que sea más fácil determinar el contenido de las tolvas cuando se encuentren llenas parcialmente.

XII.4.4.2.- Segundo caso.

Quando la medición se lleva a cabo en el lugar, el material por dragarse bajo el contrato. Será medido en metros cubicos en el sitio calculando el volumen entre el fondo original indicado por los sondeos realizados antes de comenzar el dragado y el fondo mostrado, por los sondeos realizados tan pronto como sea posible después de que el trabajo se haya ejecutado. Los planos preparados previamente representan con bastante aproximación las condiciones existentes en la actualidad, pero las profundidades mostradas en ellos podrán ser verificadas y corregidas por nuevos sondeos llevados a cabo antes de iniciarse el dragado. las estimaciones parciales mensuales se basarán en cantidades aproximadas determinadas por sondeos tomados atrás de la draga. La sobre-excavación y taludes excesivos dragados, en todos los caso serán deducidos en la forma estipulada anteriormente.

XII.4.4.3.- Control para determinar los avances diarios aproximados en el dragado hidráulico.

Para llevar a cabo un control aproximado del material que es extraído por dragado hidráulico para las estimaciones parciales mensuales, se basarán en cantidades aproximadas, determinados por medios topográficos y sondeos manuales o con ecosondas, a bordo de la draga, se procede como a continuación se indica:

a).- Plano original con sus localizaciones y referencias básicas.

b).- Lineamientos utilizados en el campo tales como, banco de nivel, referencias y/o boyas.

c).- Control topográfico y sondeos necesarios a bordo de la draga.

Dependiendo del lugar elegido para dragar, bien sea en laguna, río o puerto, se trazará una línea base la cual irá referenciada con mojeneras, con bancos de nivel referidos al nivel de marea baja-media y previa orientación astronómica de esta línea. Se situará el tránsito en los puntos conocidos de la línea base y se fijará el zanco de trabajo de un día determinado para obtener los ángulos que desarrollen dicha observación y con estos datos por medio de una triangulación, se calcularán las coordenadas del zanco de trabajo de la draga por medio de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{h^2} = \frac{\text{sen } \theta_3}{\Delta}$$

Δ = distancia conocida.

Posteriormente se tomará una lectura similar para el siguiente día y a una misma hora obteniendo la lectura angular y calculando las coordenadas del zanco de trabajo.

Una vez obtenidas las coordenadas el zanco de trabajo de dos días consecutivos previo cálculo, es obtenido el avance en metros que camino dicha draga, durante el período de trabajo fijo.

formula:

$$\text{avance (h)} = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2}$$

Conociendo el ancho de la abanicada de la draga y en el preciso momento que se realizan las lecturas con el tránsito (teodolito), visando el zanco de trabajo de la draga, serán tomados los sondeos en forma manual a bordo de la draga, uno al centro de la abanicada, y dos sondeos a cada extremo de dicha abanicada. Es anotado el nivel y marea existente en el momento de efectuar estos sondeos a bordo, para posteriormente al reducir al nivel de mareas baja-media en sisgas, anotándose las profundidades así calculadas.

Obtenidos estos datos de campos se obtiene una franja de corte que nos representa una área llamemosla A_1 en m^2 .

Para el día siguiente repetir el mismo procedimiento, obteniendose otra área llamemosle A_2 , para obtener el volumen, se sumarán las áreas y el producto se multiplicará por la distancia media calculada obteniendose un volumen representativo diario.

Formas para obtener el volumen parcial y por consiguiente el volumen acumulado:

| AREAS | DISTANCIA MEDIA | VOLUMEN PARCIAL | VOLUMEN ACUMULADO |
|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| A_1 | | | |
| $A_1 + A_2$ | $X/2$ | VOL. 1 | VOL. 1 |
| $A_2 + A_3$ | $X/2$ | VOL. 2 | VOL. 1 + VOL. 2 |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| $A_{n-1} + A_n$ | $X/2$ | VOL. n | VOL. n-1 + VOL. n |

El volumen acumulado es el que se obtiene por la suma de los volúmenes parciales diarios anotados desde el inicio del dragado.

Este modelo de control diario se hará conjuntamente tanto por los inspectores que comisione la empresa como por el contratista o por medio de un representante autorizado. Siendo esto una representación como antes se expuso de un control aproximado del producto que se extrae diario. Siendo necesario realizar un reconocimiento batimétrico, tan pronto como sea posible después de que el trabajo se halla efectuado y por comparación entre las secciones originales y el último, se deduce el volumen extraído.

vease ejemplo:

| | |
|---------|----------------------------------|
| fecha | 12 de abril de 1985 |
| lectura | $\theta_1 = 62^{\circ} 56' 18''$ |
| | $\theta_2 = 67^{\circ} 36' 24''$ |
| | $\theta_3 = 40^{\circ} 17' 18''$ |

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{h^2} = \frac{\text{sen } \theta_3}{\Delta}$$

$$\Delta = 170.00 \text{ mts.}$$

despejando h^2

$$h^2 = \frac{\Delta \text{ sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_3}$$

$$h^2 = \frac{170.00 (0.8905)}{0.75} = 199.715$$

$$h^2 = 199.715$$

$$\text{sen } \theta_2 = \frac{Y_1}{h^2} \quad ; \quad Y_1 = h^2 \text{ sen } \theta_2$$

$$\text{cos } \theta_2 = \frac{X_1}{h^2} \quad ; \quad X_1 = h^2 \text{ cos } \theta_2$$

coordenadas:

$$\text{Este} \quad 800 + Y = 800.00 + 184.88 = 984.88$$

$$\text{Sur} \quad 4550 + X = 4550.00 + 75.55 = 4625.55$$

fecha 13 de abril de 1985

lectura $\theta_1 = 61^{\circ} 32' 00''$

$\theta_2 = 66^{\circ} 19' 00''$

$\theta_3 = 53^{\circ} 09' 00''$

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{h^2} = \frac{\text{sen } \theta_3}{\Delta}$$

$$\Delta = 170.00 \text{ mts}$$

despejando h^2

$$h^2 = \frac{\Delta \text{ sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_3}$$

$$h^2 = \frac{170.00 (0.8791)}{0.7896} = 189.260$$

$$h^2 = 189.260$$

$$\text{sen } \theta_2 = \frac{Y_1}{h^2} \quad ; \quad Y_1 = h^2 \text{ sen } \theta_2$$

$$\text{cos } \theta_2 = \frac{X_1}{h^2} \quad ; \quad X_1 = h^2 \text{ cos } \theta_2$$

coordenadas:

$$\begin{array}{l} \text{Este} \quad 800.00 + Y = 800.00 + 173.32 = 973.38 \\ \text{Sur} \quad 4550.00 + X = 4550.00 + 76.03 = 4626.03 \end{array}$$

por diferencia de coordenadas se determina el avance:

$$H^2 = (4626.03 - 4625.55)^2 + (973.38 - 984.88)^2$$

$$H^2 = 0.2304 + 132.25$$

$$H = \sqrt{132.48}$$

$$H = 11.51 \text{ mts.}$$

XII.4.5.- Precios Unitarios.

En el precio unitario del contrato por metro cubico de material dragado, se cubren los costos de todas las maniobras de excavación y depósito de todos los materiales. Para clasificarse un material como lecho rocoso, debe ser de tal composición, que se requiera el uso de explosivos o el uso de una draga especial para su remoción y no se incluirá troncos, raices, pilotes, fragmentos de roca o boleos que puedan ser removidos con una draga.

XIII.- Conclusiones.

Dentro de la política de Petróleos Mexicanos para la refinación y exportación de sus productos fué la realización de este puerto petrolero.

La planeación del puerto fué uno de los aciertos con más visión, dado por su localización geográfica y económicamente activa, también obedece al crecimiento socioeconómico de la región para la cual fue proyectada. Cabe mencionar que este puerto sirve para Fertilizantes Mexicanos en operaciones de carga y descarga de sus productos de la planta de nitrogenados fosfatados.

Aprovechando el río de coatzacoalcos y la laguna de pajaritos y dándole una solución para el dragado producto de ambos utilizándose en rellenos para sus muelles marginales y ganarle terreno al río la inversión por este lado resulto sumamente barata, además para el abrigo del puerto que es muy seguro.

El diseño del puerto estuvo a cargo de la gerencia de proyectos de Pemex, dándosele todo el crédito a la ingeniería por tratarse de tecnología mexicana.

Se conto con dos tipos de diseño para los muelles de tipo de espigón, por que al principio se contaba con un diseño para los pilotes con tubería de acero y la segunda con pilotes de concreto armado que fué con la que se construyeron los muelles. Además por salir más económicamente por tratarse de material que existe más comunmente en el mercado y dado que la tubería de acero habia que impermeabilizarla para evitar la corrosión del agua salada.

En esta tesis se tiene el cálculo de los pilotes de tubería de acero y lo unico que se hizo fué calcular las secciones que soportarian la estructura y el atraque del barco en los pilotes de concreto armado.

La construcción de los muelles del lado Norte se realizó con

mayor rapidez contando ya con la experiencia de los muelles del lado Sur que también se cumplieron dentro del programa señalado. Llevándose para cada muelle laboratorio para el control de calidad.

Al ponerse en servicio cada uno de los muelles, la operación de estos queda a cargo de uno de sus departamentos de Petróleos Mexicanos, siendo uno de los puertos más seguros para la carga de los buques-tanque, por contar con el equipo más modernos que existen en mundo.

Además se puede mencionar que para mejorar el puerto se puede recomendar:

- Promover más terminales especializadas no solamente en pajaritos.

- Renovar y mantener el equipo portuario.

- Operar la moderna y costosa maquinaria y equipo de un puerto, y particularmente demanda especialistas en el trabajo con sentido de responsabilidad y entendimiento técnico.

Ya que no se trata de manejar el puerto con la mentalidad de hace años, se necesitan trabajadores con entrenamiento y educación, los que a su vez demandan ingresos salariales mayores. Esto ayudaría en la seguridad y eficiencia, atrayendo usuarios.

- Mejorar la calidad de los servicios e incrementar la eficiencia operativa y la productividad del puerto a niveles similares a los puertos de otros países del mundo con los que México comercia.

- Reducir los costos en la transferencia transporte marítimo-transporte terrestre.

- Fomentar el establecimiento de industrias en el puerto, como estímulo a la descentralización de la vida nacional y al desarrollo regional.

- Los trabajadores deberán esforzarse en la capacitación para acceder a los modernos niveles de tecnología, la regularidad y la suficiencia en el número de personal asignado a las maniobras.

- La planeación portuaria como cualquier otra rama, durante un período de cambios estructurales, como el que vivimos, debe basarse en algo más que en los análisis de las tendencias históricas, ya que la aplicación mecánica de estos instrumentos puede dar las extrapolaciones de acontecimientos ya caducados. Esto no quiere decir que estos análisis y proyecciones no sean útiles, sino más bien que rinden mayores beneficios cuando son guiados por una visión estratégica o comprensión a fondo de la industria petrolera y de las fuerzas del mercado, de los servicios y tecnologías que la están reestructurando.

- Es necesario que Petróleos Mexicanos cuente con servicios de colección y análisis de datos confiables en las costas de nuestro país, ya que para la construcción de nuevos puertos como la ampliación de éste, es necesaria información marina, atmosférica y geológica.

- habrá que revisar continuamente los avances tecnológicos que se hacen en cuanto a equipo portuario y buques para no quedar a la margen en comparación a las potencias mundiales.

- Se debe minimizar la contaminación del medio ambiente en el puerto y crear estrategias. Las medidas preventivas y correctivas deberán incluir la construcción de basureros, así como equipo y facilidades para recoger los desperdicios de combustibles (diesel, aceite, etc.) que arrojan los barcos y las industrias cercanas a los puertos. Se tendrá que dragar los sedimentos contaminados, revisar los sistemas de drenaje de las ciudades e instalaciones portuarias que tiran sus desechos líquidos y sólidos al mar, habrá que construir plantas de tratamiento de agua. Todo esto hará que no se continúen dañando la fauna y la flora marina así como todo el medio ambiente.

- La introducción de sistemas de computo en el puerto hará que el movimiento de productos sea más eficiente.

Todas las ciencias que intervienen para la realización de esta obra de tal magnitud no podemos dejarlas desapercibidas.

Para finalizar con este trabajo, que fué una gran recopilación de información a través de sus varios departamentos, instituciones y secretarías, nos podemos dar cuenta del trabajo de ingeniería ejecutado y que se realizó en conjunto para su buen funcionamiento.

El ingeniero no puede trabajar en forma individual dado por la magnitud de sus obras.

Bibliografía

H.F. Cornick, Charles Griffin and Company Limited, Dock and Harbou Engineering, Inglaterra.

Donovan H. Lee, An Introduction to Deep Foundations and Sheet-Piling, Concrete Publications Limited, Inglaterra.

Civil Engineering Code of Practice - The Institutions of Structural Engineers, Earth Retaining Structures, EE.UU.

R.R. Minikin, Charles Griffin and Company Limited. Winds, Waves and Maritime Structures, Inglaterra.

Alonzo F. Quinn, Mc Graw - Hill Book Company, Inc. Desing and Construction of Port and Marine Structures, EE.UU.

Dueso Julio, Nociones de puertos, Instituto Maritima Mexicano, A.C.

Department of the Navy - Design Manual - Harbour And Coastal Facilities, Naval Facilities Engineering Command, EE.UU.

Paul Andersen, Substructure Analysis and desing, The Ronald Press Company, Nueva York, EE.UU.

American Concrete Institute, Building Code, EE.UU.

Scott, Exploratory Handbook on the B.S. Code of Practice for Reinforced Concrete, Glanville and Thomas - Concrete Publications Limited, Inglaterra.

Chas E. Reynolds, Reinforced Concrete Designer's Handbook, Concrete Publications Limited, Inglaterra.

Iribarren Canavilles, Ramón., Obras Maritimas, Ocasjes y diques, Editorial Dossat, S.A., Madrid, España.

Manual de Defensas Good Year y Uniroyal (EE.UU.), Firestone y Dunlop (Inglaterra) y Seibu, Bridgestone y Shibata (Japón).

Terzaghi, K., Theoretical Soil Mechanics, John Wiley, and Sons.

Newmark, N. M., Influence Charts for the Computation of Stress in Elastic Foundations, Universidad de Illinois.

Meyerhof, G.G., Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations, Canadian Geotechnical Journal, Vol 1, N° 1.

Zeevaert. L., Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions.

Janbu, N., Stability analysis of slopes with dimensionless parameters, Prentice Hall, Harvard University, Cambridge, Mass.

Juárez, B. y Rico R., Mecanica de suelos, Vol. II., Editorial Limusa, México.

Requisitos de seguridad y servicio para las estructuras. Publicación N° 400 del Instituto de Ingenieria, U.N.A.M.

Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, Publicación N° 401 del Instituto de Ingenieria, U.N.A.M.

Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, Publicación N° 402 del Instituto de Ingenieria, U.N.A.M.

Diseño y Construcción de Cimentaciones, Publicación N° 405 del Instituto de Ingenieria, U.N.A.M.

Manual de Diseño por Sismo, Publicación N° 406 del Instituto de Ingenieria, U.N.A.M.

Manual de Diseño por Viento, Publicación N° 407 del Instituto de Ingenieria, U.N.A.M.

Manual de Diseño de Obras Civiles, Comisión Federal de Electricidad, México.

Herrejón de la Torre, Luis., Estructuras Marítimas, Editorial Limusa, México.

Hernández de la Labra, F., Puertos (En proceso de revisión y análisis), U.N.A.M.

Textos para el proyecto del centro Hidráulico Portuario, Japan International Cooperation Agency, Vol. 1, 2, 3, México.

Frias, A., Ingenieria de costas, Asociación Mexicana de Ingenieria Portuaria, Editorial Limusa, México.

Silvester, R., Coastal Engineering (Generation, Propagation and Influence of Waves), Vol. 1, 2, 3, Australia.

Shore Protection Planning and Design Tead, Army of Engineers, Coastal Engineering, Reach Center, EE.UU.

Cifuentes, J.L., Recursos Marinos, Editorial Trillas, México.

API Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform, American Petroleum Institute, Washington D.C., EE.UU.

American Welding Society, Structural Welding Code, AWS D.1.1-72

Marshall P.W., Preliminary Dynamic and Fatigue Analysis using Directional Spectra, SPE 6240, J. Petroleum Technology, June 1977.

Marshall P.W., and Toprac, A.A., Basic for tubular Join Design, Welding Journal, Research Supplement, May 1974.

Borgman, L.E., et al., Storm Wave Kinematics, OTC 3227, Offshore Technology Conference Proceedings, May 1978.

Cardone, V.J. and Pierson, W.J., Hindcasting the Directional Spectra of Hurricane Waves, OTC 2332, Offshore technology Conference Proceedings, May 1975.

Rodabaugh, E.C., Review of Data Relevant to the Design of tubular Joints for use in Fixed Offshore Platform, WRC Bulletin 256, January 1980.