



184.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN MUELLE DE
CONTENEDORES PARA EL PUERTO DE
VERACRUZ, VER.

T E S I S
QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
MAURICIO VELASCO PAGAZA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

| | | |
|-----|---|--------|
| I | GENERALIDADES | página |
| | a) Presentación del tema. | 1 |
| | b) Descripción general de una terminal de contenedores. | 2 |
| II | ASPECTOS ECONÓMICOS | 10 |
| III | DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MUELLE | |
| | a) Mecánica de suelos. | 17 |
| | b) Análisis y diseño de pilotes. | 23 |
| | c) Análisis y diseño de traves cabezal. | 45 |
| | d) Análisis y diseño de traves generales. | 58 |
| | e) Análisis y diseño de tableros de losa. | 98 |
| IV | PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN | 119 |
| V | CONCLUSIONES | 132 |
| VI | BIBLIOGRAFÍA | 133 |

I GENERALIDADES

a) Presentación del tema.

El puerto de Veracruz, por su ubicación, es el puerto más cercano a la zona industrial del valle de México, es el más importante del país, tomando en cuenta el valor de las mercancías que se manejan y por el área de influencia que tiene.

En los últimos años, por el puerto se han manejado un promedio de 800 mil toneladas anuales de carga general, tonelaje que está muy cerca de la capacidad máxima del puerto, causando graves problemas de congestionamiento, baja eficiencia en el manejo de carga y por añadidura los costos de operación son altos. Este problema podría resolverse construyendo tantos muelles como fuera necesario, pero las condiciones físicas del puerto impiden su crecimiento; por un lado el área portuaria se encuentra ahogada por la ciudad y por otro la construcción de muelles fuera de la dársena sería una ampliación a costos muy elevados.

Debido a los volúmenes estimados de tráfico futuro, se observa que la carga tendrá un aumento importante, en poco tiempo, lo que hace necesario aumentar la capacidad del puerto a corto plazo.

Otra alternativa posible sería la construcción de una terminal para manejo de contenedores, la cual vendría a incrementar la capacidad del puerto en un 50% como mínimo, en el movimiento de carga general.

Por otra parte, desde 1973 se ha presentado cierto tráfico de contenedores, los cuales se han tenido que manejar con equipos e instalaciones inadecuadas.

El objetivo del presente trabajo es el diseño estructural del muelle requerido para la terminal de contenedores, presentar los aspectos económicos que indujeron a construir dicho terminal y considerar el procedimiento constructivo de dicho muelle.

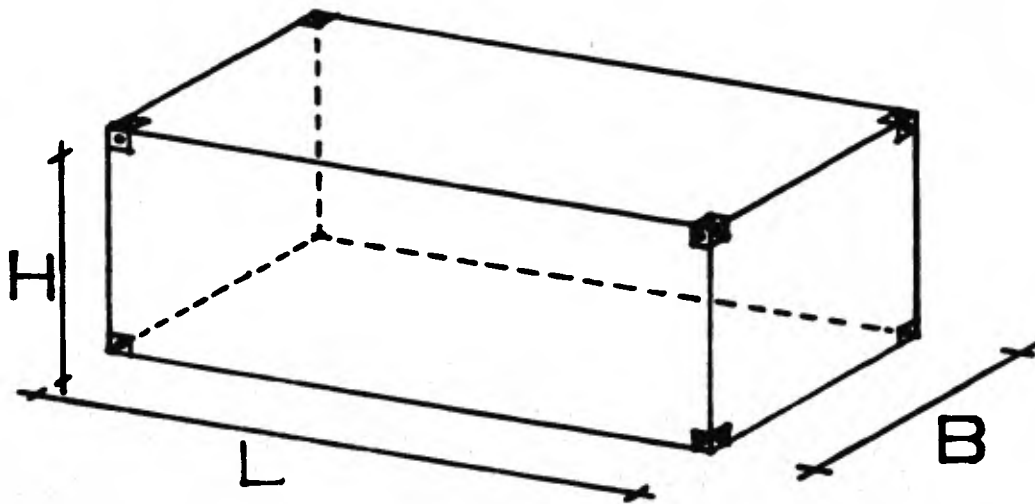
Para el diseño estructural se utilizó el criterio plástico; en mecánica de suelos se emplearon las recomendaciones de Zeeveert para la capacidad de carga, ya que nos da valores mas conservadores y para el análisis de pilotes se tomó en cuenta el procedimiento de Reynolds; obviamente existen otros criterios y procedimientos, pero los anteriores norman los resultados del presente trabajo.

b) Descripción general de una terminal de contenedores.

Podríamos empezar con la definición y características de un contenedor.

Se podría definir al contenedor como un equipo de transporte de carga en forma de caja, resistente y de caracter permanente, por estar fabricado de acero, aluminio o fibra de vidrio, diseñado y construido para ser montado en auto-transporte, plataformas de ferrocarril, barco y avión; permite su uso repetido y un fácil manejo en la carga y descarga. (Ref. 16)

Los contenedores son de dimensiones estandarizadas reguladas por la ISO (International Organization for Standardization) para facilitar al intercambio internacional. Los tamaños existentes estan dados por la siguiente tabla :



N O R M A S ISO (Ref. 15)

| Serie | Nomenclatura | Altura (H) | | | Ancho (B) | | | Largo (L) | | | Largo Nominal | | | Capacidad máxima | |
|---------|--------------|------------|----|------------------|-----------|----|--------|-----------|-----------------|------------------|---------------|----|------|------------------|-------|
| | | mm | ft | in | mm | ft | in | mm | ft | in | mm | ft | in | kg | lb |
| Serie 1 | *1 A | 2438 | 8 | | 2438 | 8 | | 12192 | 40 | | 12000 | 40 | | 30480 | 67200 |
| | *1 AA | 2519 | 8 | 6 | 2438 | 8 | | 12192 | 40 | | 12000 | 40 | | 30480 | 67200 |
| | 1 B | 2438 | 8 | | 2438 | 8 | | 9125 | 29 | 11 $\frac{1}{2}$ | 9000 | 30 | | 25400 | 56000 |
| | 1 BB | 2519 | 8 | 6 | 2438 | 8 | | 9125 | 29 | 11 $\frac{1}{2}$ | 9000 | 30 | | 25400 | 56000 |
| | *1 C | 2438 | 8 | | 2438 | 8 | | 6098 | 19 | 10 $\frac{1}{2}$ | 6000 | 20 | | 20320 | 44800 |
| | *1 CC | 2519 | 8 | 6 | 2438 | 8 | | 6098 | 19 | 10 $\frac{1}{2}$ | 6000 | 20 | | 20320 | 44800 |
| | 1 D | 2438 | 8 | | 2438 | 8 | | 2991 | 9 | 9 3/4 | 3000 | 10 | | 10160 | 22400 |
| | 1 E | 2438 | 8 | | 2438 | 8 | | 2958 | 6 | 5 $\frac{1}{2}$ | 2000 | 6 | A | 7110 | 15700 |
| 1 F | 2438 | 8 | | 2438 | 8 | | 1460 | 4 | 9 $\frac{1}{2}$ | 1500 | 5 | | 5080 | 11200 | |
| Serie 3 | 3 A | 2400 | 7 | 10 $\frac{1}{2}$ | 2650 | 8 | 8 3/4 | 2100 | 6 | 10 $\frac{1}{2}$ | 2100 | 6 | 11 | 5080 | 11200 |
| | 3 B | 2400 | 7 | 10 $\frac{1}{2}$ | 1325 | 4 | 4 5/32 | 2100 | 6 | 10 $\frac{1}{2}$ | 2100 | 6 | 11 | 5080 | 11200 |
| | 3 C | 2400 | 7 | 10 $\frac{1}{2}$ | 1325 | 4 | 4 5/32 | 2100 | 6 | 10 $\frac{1}{2}$ | 2100 | 6 | 11 | 2540 | 5600 |

* contenedores de mayor utilización mundial.

Para cumplir con el rápido desarrollo del transporte a base de contenedores, es necesario construir muelles que cumplan con la demanda que el sistema ocasiona. Estos muelles vienen a ser, mas que nunca, el punto vital de unión entre los transportes terrestres y marítimos.

Las funciones de una terminal de contenedores son las siguientes:

- a) Carga y descarga de contenedores, del buque y terminal.
- b) Recepción y entrega de cargamento al transporte terrestre.
- c) Almacenamiento de carga y contenedores.
- d) Mantenimiento de contenedores, equipos para maniobras de cargamento y vehículos.

Uno de los factores mas importantes que debe cuidarse, para que el sistema obtenga su mayor eficiencia, es el control sistemático del flujo de los contenedores, el cuál debe ser rápido, preciso y seguro. Este flujo se puede dividir en dos grandes ramas : exportación e importación.

En el caso de importación:

- a) El contenedor cargado es enviado directamente del usuario al patio de carga.
- b) Los embarques menores a la capacidad del contenedor, son enviados a la " ESTACION DE CARGA DE CONTENEDORES " , son clasificados y acomodados en contenedores de acuerdo con su destino y posteriormente se envía la unidad al " PATIO DE CONTENEDORES " .
- c) Todos estos contenedores son cargados en el barco, de acuerdo con una " LISTA DE SECUENCIA DE CARGA " , preparada por el centro de control.

En el caso de exportación:

- a) Todos los contenedores son descargados de acuerdo con una " LISTA DE SECUENCIA DE DESCARGA " .

h) Los contenedores son enviados, del patio de contenedores al destinatario, mediante camiones o trailers, dependiendo del peso.

c) La carga mixta de los contenedores, es separada y clasificada en la " ESTACION DE CARGA " y posteriormente enviada a cada destinatario.

También debe controlarse el flujo de información y actividades.

ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA TERMINAL.

Una terminal de contenedores se puede definir como un puerto de ayuda, el cuál es diseñado para suministrar e integrar el uso de ayudas de atraque, sistema de transporte del puerto, maniobras de carga y ayudas suplementarias para barcos. En otras palabras, es una area localizada en el puerto, la cuál esta capacitada para realizar una serie de funciones como : carga y descarga de contenedores, almacenamiento de carga, recepción y entrega del cargamento del contenedor, operación y mantenimiento de maquinaria y equipo. Estas ayudas son principalmente : un patio de contenedores, estación de carga, torre de control, taller de mantenimiento y area de acceso.

a) Patio de contenedores:

Es una area preparada para acomodar contenedores que se reciben y/o envían al hinterland (area de influencia), o se cargarán y descargarán del buque. Esta area deberá tener un lugar específico para almacenar contenedores vacíos.

b) Estación de carga:

Cuando el cargamento del contenedor es mixto, en esta estación se extrae o se deposita en el contenedor y se clasifica. Para el caso de importación se envía al destinatario; para exportación, es agrupado de acuerdo al punto de destino y posteriormente colocado en el contenedor indicado.

Los trámites aduanales son efectuados en esta estación.

c) Torre de control:

Las funciones de la torre de control, es supervisar las maniobras de carga y

descarga, maniobras en el patio de contenedores y vigilar si los trabajos se realizan de acuerdo al programa pre-establecido; por lo tanto la torre debe estar colocada en un punto donde domine ampliamente la terminal.

d) Taller de mantenimiento.

Es el punto donde se lleva a cabo la inspección, reparación y limpieza de los contenedores y mantenimiento del equipo utilizado en la terminal.

e) Area de acceso:

Donde se efectúa el proceso de los documentos para recepción y entrega de cargamento, se revisan las condiciones de la carga o descarga, en el patio de contenedores.

EQUIPO DE LA TERMINAL.

El manejo de los contenedores es efectuado por un equipo diseñado especialmente para esta operación. A continuación se explicarán, brevemente los equipos utilizados en la terminal.

a) Grúa de contenedores : (Portainer).

Instalada en el muelle, efectúa la carga y descarga de los contenedores del barco al muelle y viceversa. (ver fotos I y II).

La capacidad teórica de manejo de contenedores, de una grúa estándar, es de 40 unidades por hora o un poco mas. Si la terminal es construida cerca de un aeropuerto, debe limitarse la altura de la grúa.

b) Grúa de transferencia: (Transstainer).

Es instalada en el patio de contenedores. Cuando los contenedores son descargados del buque, esta grúa los toma de la plataforma del trailer y los epila en el patio, ejecutando obviamente la operación inversa, para la carga de buques.

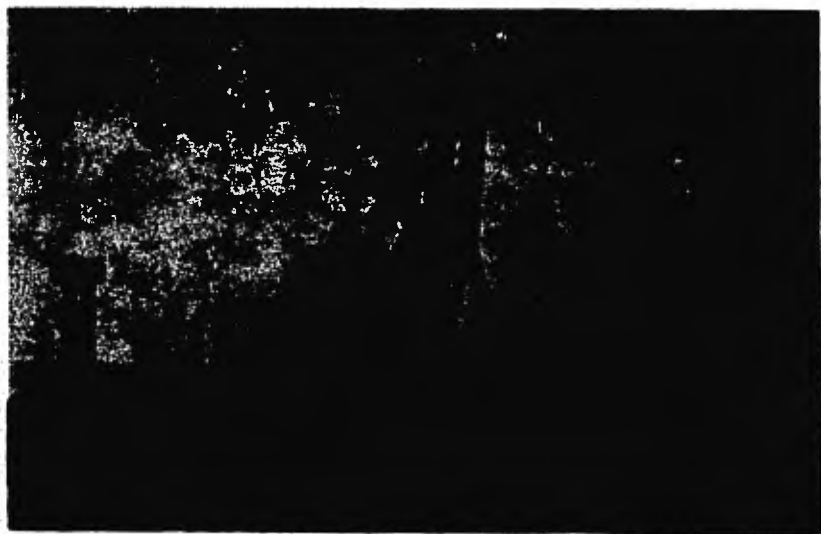
En el caso de efectuar entrega o recibo de contenedores a los ferrocarriles, la grúa se instala sobre la vía del ferrocarril y carga o descarga las unidades.

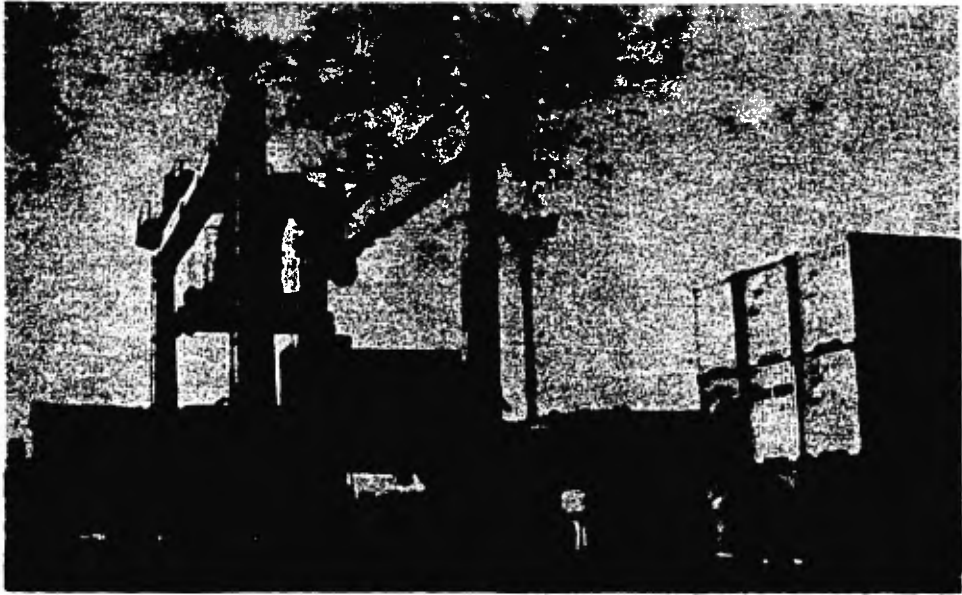
Existen dos tipos de gruas de transferencia; la montada sobre neumáticos y la montada sobre rieles. (ver fotos III y IV respectivamente.)



I

II





III

IV



La grua sobre neumáticos tiene una capacidad aproximada, de manejo, de 45 contenedores por hora; existen varios tipos, teniendo los mas grandes, hasta 23 m. de claro. Esta grua está equipada con un motor diesel para impulsar generadores de corriente directa y alterna.

La grua sobre rieles esta capacitada para manejar aproximadamente, 50 contenedores por hora. Esta grua tiene un claro de 40 m. y sobresale 9 m. a cada lado. Uno de los lados excedentes se utiliza para almacenar mas contenedores, mientras que el otro sirve para cargar y descargar trailers. La grua se mueve mediante el suministro de energía eléctrica.

c) Transportador montado : (Straddle Carrier) (Foto V).

Existen varios tipos de transportadores, pero el mostrado en la fotografía es capaz de apilar contenedores de 40 pies de largo (12.19 m.) en 3 hileras. La capacidad teórica de manejo de carga es de 15 contenedores por hora. Está equipado con motor diesel.

d) Plataforma de trailer:

Es un tipo de plataforma plana, y diseñada especialmente para contenedores, los cuales se aseguran a la plataforma. Existen dos tipos de plataformas de 20 y 40 pies y ambas tienen ocho ruedas.

Ahora explicaremos los diferentes sistemas de manejo de carga, basados en el equipo antes descrito. Existen 4 sistemas básicos a saber:

- a) Sistema de plataforma.
- b) Sistema de transportador montado.
- c) Sistema de grua de transferencia.
- d) Sistema combinado.

Mencionaremos sus ventajas e inconvenientes :

a) Sistema de plataformas (Foto VI).

Este sistema tiene las siguientes ventajas:

- a.1) Los contenedores son manejados mas fácil y rápidamente que en cualquier otro sistema.



V

VI



a.2) La frecuencia de manejo directo de los contenedores es reducida y, por lo tanto, la posibilidad de dañarlo se disminuye.

a.3) Como no hay vehículos pesados, excepto la plataforma y el tractor, la superficie del patio de contenedores no necesita un pavimento pesado, necesario en otros sistemas.

a.4) Cuando la grua es usada para carga y descarga de contenedores, no solamente se asegura una alta eficiencia de operación de la misma, sino que mejora la eficiencia del patio de contenedores y de las plataformas.

Existen, sin embargo, varias desventajas que son:

a.1) Es necesario preparar tantas plataformas, como contenedores van a almacenarse.

a.2) Como los contenedores no pueden apilarse, el área del patio de contenedores deberá ser extensa.

a.3) Por estos factores, la inversión inicial es grande.

a.4) Como las plataformas son usadas tanto fuera como dentro del patio de contenedores, requieren de un cuidadoso y frecuente mantenimiento.

b) Sistema de transportador montado (Foto VII).

Más de 400 muelles operan en el mundo, y cerca del 40% de ellos utilizan este sistema.

Sus ventajas son:

b.1) Es posible un rápido envío de los contenedores.

b.2) Como los contenedores se pueden apilar en varios niveles, el patio de contenedores puede usarse eficazmente.

El sistema tiene también sus inconvenientes:

b.1) Sabiendo que la carga por rueda es alta, la terminal requiere de un pavimento grueso.

b.2) Como el usuario llega en cualquier momento a la terminal, los contenedores no pueden ser despachados tan eficazmente como en el sistema de plataformas.

b.3) Siendo el transportador un vehículo industrial, requiere de operación precisa, especializada y considerable tiempo y costo por mantenimiento.



VII

c) Sistema de grua de transferencia (Foto VIII).

Como ya habíamos visto existen dos tipos de gruas de transferencia.

Las ventajas de este sistema son:

c.1) Como los contenedores se pueden apilar en múltiples niveles, el patio de contenedores, puede utilizarse mas eficazmente que en el sistema antes mencionado.

c.2) La grua es una máquina técnicamente durable, con un bajo costo de mantenimiento.

c.3) Como la grua montada sobre rieles se mueve solamente en la dirección y posición especificada, cualquier sistema de control automático es aplicable.

Sus desventajas son:

c.1) En condiciones similares al caso del transportador montado, es problematico mover un contenedor que se encuentra abajo de varias unidades apiladas.

c.2) Conociendo que la carga por rueda se incrementa excesivamente, se requiere de un pavimento muy pesado; sin embargo, como el movimiento de la grua tiene rutas bien definidas, el pavimento pesado es necesario solamente en estas areas.

d) Sistema combinado (Foto IX).

Se obtiene mezclando el sistema de transporte montado y grua de transferencia, combinando las ventajas y compensando los inconvenientes de cada uno.

Hasta ahora el sistema de transportador montado representa el 4% del total de los sistemas utilizados en el mundo, pero en el futuro, el sistema de grua de transferencia montada en rieles, será el de mayor utilización, por la inmensa cantidad de contenedores a manejarse y por permitir su automatización por computadora.

II ASPECTOS ECONOMICOS

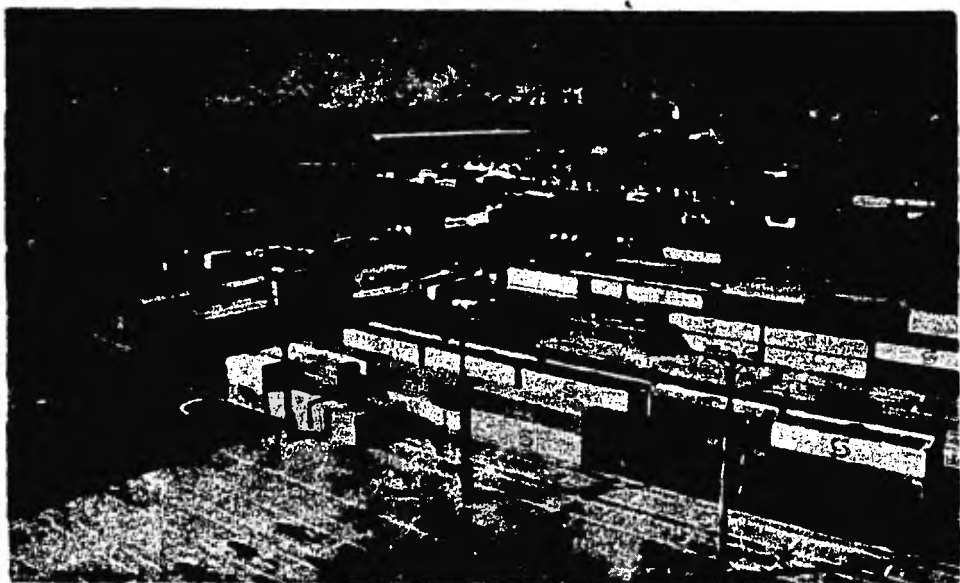
(Ref. 17)

El proyecto de la terminal para contenedores, en el puerto de Veracruz, surgió como uno de los posibles resultados del plan nacional de desarrollo portuario, el cual tenía como objetivos principales evaluar y pronosticar necesi-



VIII

IX



dades futuras de tráfico marítimo; investigar las condiciones y disponibilidad de las facilidades portuarias y sus servicios, preparar un programa a largo plazo sobre el desarrollo portuario e identificar proyectos específicos de alta prioridad para realizar sus estudios de factibilidad.

En el plan mencionado se realizaron análisis generales sobre la posibilidad de manejar contenedores por los puertos mexicanos, encontrándose que el puerto de Veracruz tenía mayores ventajas para establecer una terminal de contenedores, por lo que en 1975 se realizó un estudio con el fin de analizar las alternativas para construir un muelle de contenedores en ese puerto.

Hasta la terminación del estudio, México había tenido un crecimiento económico notable, durante los últimos 20 años, con un incremento real del producto interno bruto del 6 y 7% anual. De acuerdo con este crecimiento se planteó una estrategia para aumentar las exportaciones y ampliar el mercado europeo, principalmente, lo cuál demandó del transporte marítimo la entrega de estas exportaciones a precios competitivos.

El transporte marítimo tiene un papel muy importante en el comercio exterior del país, ya que el 50% de las importaciones y el 80% de las exportaciones se realizan por vía marítima (Promedio de los últimos 5 años).

Para fundamentar los aspectos económicos es necesario determinar la relación oferta-demanda del puerto, y de ahí se derivará el volumen que es posible manejar en contenedores.

La demanda actual de servicios está representada por el movimiento de carga en el puerto, el movimiento global ha sido (en miles de toneladas).

Movimiento Global.

| Año | Importación | Exportación | Total de Altura | Cahotaje | Total |
|--------|-------------|-------------|-----------------|----------|-------|
| 1969 | 1082 | 1108 | 2190 | 863 | 3,053 |
| 1970 | 1361 | 859 | 2220 | 1392 | 3,612 |
| 1971 | 937 | 993 | 1930 | 1032 | 3,562 |
| 1972 | 1294 | 1074 | 2368 | 1629 | 3,997 |
| 1973 | 1514 | 1133 | 2647 | 2155 | 4,802 |
| 1974 | 1732 | 995 | 2727 | 2338 | 5,065 |
| 1975 | 1505 | 623 | 2128 | 2609 | 4,737 |
| 1976 | 1286 | 496 | 1781 | 2538 | 4,319 |
| 1977 * | 1848 | 605 | 2453 | 1622 | 4,075 |

* datos preliminares

Fuente : Dirección General de Operación Portuaria S.C.T.

Para fines del proyecto el volumen que ingresa es el clasificado como carga general, del cuál se determinará el que es posible de manejarse en contenedores.

Para el análisis de la carga general se tomará únicamente la de altura, ya que la de cabotaje no es significativa; la evolución de este tipo de carga es la siguiente:

Movimiento de carga en general en el puerto.
(en miles de toneladas.)

| Año | Importación | Exportación | Suma | % del total |
|------|-------------|-------------|------|-------------|
| 1969 | 642 | 127 | 769 | 25.1 |
| 1970 | 699 | 128 | 827 | 22.9 |
| 1971 | 638 | 132 | 770 | 21.6 |
| 1972 | 568 | 217 | 785 | 19.7 |
| 1973 | 680 | 225 | 905 | 18.8 |
| 1974 | 873 | 188 | 1061 | 20.9 |
| 1975 | 713 | 165 | 878 | 18.5 |
| 1976 | 696 | 216 | 912 | 21.1 |
| 1977 | 950 | 296 | 1246 | 20.8 |

Fuente : Dirección General de Operación Portuaria S.C.T.

Como se observa, por el puerto son manejadas, en promedio, 861 toneladas anuales que representan el 20.5 % del total del puerto, donde se advierte la importancia de este movimiento, actualmente.

Para definir el crecimiento de la demanda se tomaron como bases : un crecimiento del manejo de carga general de 5 % y 7 % (proyección baja y media.)

(en miles de toneladas.)

| Año | proyección baja | | | proyección media | | |
|------|-----------------|--------------|----|------------------|--------------|----|
| | carga gral. | contenedores | % | carga gral. | contenedores | % |
| 1980 | 937 | 216 | 23 | 973 | 224 | 23 |
| 1985 | 1270 | 483 | 38 | 1532 | 382 | 38 |
| 1990 | 1714 | 640 | 49 | 2344 | 1149 | 49 |
| 1995 | 2380 | 1432 | 60 | 3561 | 2137 | 60 |

La asignación de carga en contenedores se hizo tomando en cuenta los productos que pueden manejarse ventajosamente en contenedores. Estas proyecciones serán las que utilizaremos posteriormente.

Análisis de oferta-demanda para carga gral.

Para este movimiento se utilizan los llamados muelles fideles, que son capaces de recibir 13 buques simultáneos. El rendimiento de carga y descarga de buques es de 11 ton. por hora gancho en carga gral. y 22 ton. por hora gancho para graneles secos. Con estos rendimientos se ha estimado la capacidad total del puerto en 1'260,000 ton. anuales para carga general. Comparando esta capacidad con la proyección futura de la carga, se observa que para principios de la década de 1980, el puerto alcanzará su nivel de saturación. En la misma proyección se tiene que para 1985 se manejarían 1'532,000 ton., las cuales se moverían, eficazmente, si se tuvieran tres atraques mas y otros ocho para 1990.

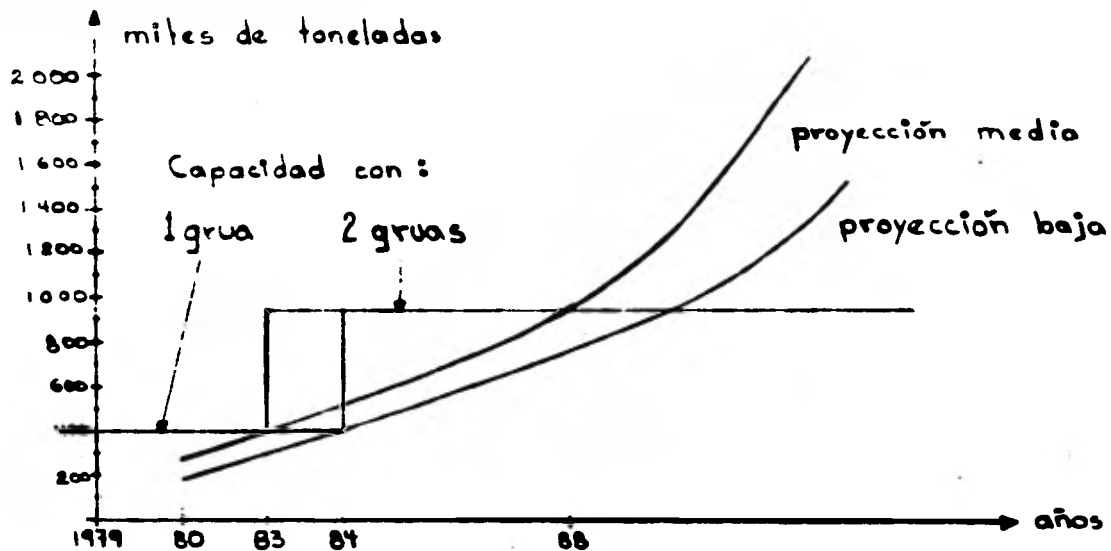
Una de las alternativas sería construir tantos atraques como fuera necesario, pero esto está limitado por el propio puerto y su crecimiento, fuera de la bahía, no sería fácil ni tampoco a bajo costo.

Bajo esta suposición se efectuaron análisis de simulación (teoría de las líneas de espera) y considerando que se mejoran los rendimientos en el manejo de carga, hasta alcanzar 16 ton. por hora gancho (en un periodo de 5 años). Los resultados de este análisis indicaron que, con la capacidad mejorada del puerto, se cubriría la demanda hasta 1989, sin la terminal de contenedores. En esta fecha sería necesario construir un muelle por año durante cinco, para manejar la carga que podría mover el muelle de contenedores; es decir, el efecto de este muelle es el de reemplazar cinco de los muelles tradicionales.

Para iniciar el movimiento de contenedores, en forma organizada, se propone construir un muelle de 250 m. aproximadamente, de longitud * y la instalación de una grua para contenedores. Considerando la utilización del muelle, la velocidad de operación de la grua, se estima que la capacidad del muelle, con una sola grua, será de 400,000 ton. anuales y de 876,000 ton. con dos gruas.

* Longitud necesaria para el tipo de embarcaciones por atracar.

En la gráfica siguiente se muestra el comportamiento de la terminal, en función de la demanda.



Para efectuar la operación en forma eficiente se debe utilizar equipo especializado: (descrito en el capítulo I) en las cantidades siguientes:

- 1 grua para contenedores
- 4 gruas de transferencia (sobre neumáticos)
- 10 tractores (trailers)
- 26 plataformas
- 8 montacargas
- 1 tractor de arrastre para ferrocarril
- 3 cargadores laterales

En base a este equipo y considerando la obra civil que demandará el muelle podríamos determinar la inversión para el proyecto.

Tomando en cuenta la ubicación del muelle (capítulo I) debemos de considerar que el área que ocupará el muelle esta siendo utilizada para el embarque de diversos fluidos, lo que implica que se debere construir un tramo adicional al muelle, para restituir esta área.

Con estas consideraciones podemos obtener la inversión del proyecto.

Inversiones *

Obras Civiles

Millones de pesos

| | |
|---|--------------|
| Muelle de contenedores | 85.0 |
| Muelle de fluidos complementarios | 8.0 |
| Relleno y pavimentación de patios (2.25 Ha.) | 11.1 |
| Estación de carga (2,700 m ²) | 8.0 |
| Vías de ferrocarril (1,250 m) | 1.0 |
| Oficinas y caseta de control | 4.5 |
| Taller de mantenimiento | 4.2 |
| Servicios y bardas | 4.2 |
| Total obras civiles | 126.0 |

Equipo

Millones de pesos

| | Cantidad | Precio | Costo total |
|------------------------|----------|--------|--------------|
| Grúa de contenedores | 1 | 30.60 | 30.60 |
| Grúas de transferencia | 4 | 5.83 | 23.32 |
| Cargador lateral | 3 | 2.68 | 8.04 |
| Montacargas 30 ton. | 1 | 2.34 | 2.34 |
| Montacargas 10 ton. | 1 | 0.50 | 0.50 |
| Montacargas 4 ton. | 6 | 0.225 | 1.35 |
| Plataformas | 26 | 0.064 | 1.66 |
| Tractores | 10 | 0.24 | 2.40 |
| Tractor para FF.CC. | 1 | 0.16 | 0.16 |
| Total Equipo | | | 70.37 |

* Precios de 1975

Que se distribuye de la siguiente manera. (sin considerar impuestos ni variaciones en los precios) considerando las tasas de inflación por año (15 % y 12 % para 1978 y 1979 respectivamente) y de acuerdo al programa original del proyecto.

Concepto

Millones de pesos

| | 1977 | 1978 | 1979 | 1983 | 1990 | 1993 | 1995 |
|---------------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Obras civiles | 22.7 | 67.9 | 45.2 | — | — | — | — |
| Equipo | — | 30.60 | 43.0 | 36.9 | 20.5 | 1.6 | 17.8 |
| total | 22.7 | 98.5 | 88.2 | 36.9 | 20.5 | 1.6 | 17.8 |

Este programa incluye reposición de equipo.

TABLA I
 PUERTO DE VERACRUZ
 PRESUPUESTO DE INGRESOS Y GASTOS
 - millones de pesos -

| | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| INGRESOS | | | | | | | | |
| Derechos de puerto | 3.8 | 3.4 | 4.2 | 4.8 | 4.9 | 5.2 | 5.7 | 6.2 |
| Derechos de Atraque | 5.7 | 5.1 | 6.2 | 6.4 | 7.2 | 7.7 | 8.4 | 9.1 |
| Muelleaje | 5.9 | 5.6 | 7.7 | 8.3 | 9.0 | 9.7 | 10.6 | 11.5 |
| Almacenaaje | 37.1 | 31.5 | 32.4 | 35.0 | 37.8 | 40.6 | 44.3 | 48.2 |
| Concesiones | <u>0.4</u> | <u>0.4</u> | <u>6.4</u> | <u>6.4</u> | <u>7.4</u> | <u>18.4</u> | <u>24.1</u> | <u>25.0</u> |
| Total de ingresos | 52.9 | 46.0 | 56.9 | 60.6 | 66.3 | 81.6 | 93.1 | 100.0 |
| GASTOS | | | | | | | | |
| Superintendencia | 4.7 | 5.0 | 6.0 | 6.6 | 7.3 | 7.7 | 8.1 | 8.9 |
| Mantenimiento | 8.2 | 9.5 | 9.5 | 9.0 | 9.0 | 10.0 | 10.0 | 11.0 |
| Almacenas | <u>23.8</u> | <u>26.2</u> | <u>31.4</u> | <u>34.6</u> | <u>38.0</u> | <u>40.3</u> | <u>42.7</u> | <u>45.2</u> |
| Total costos de trabajo | 36.7 | 40.7 | 46.9 | 50.2 | 54.3 | 58.0 | 60.8 | 65.1 |
| Gastos centrales | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 |
| Depreciación | <u>12.4</u> | <u>17.2</u> | <u>17.2</u> | <u>17.2</u> | <u>17.2</u> | <u>20.5</u> | <u>23.0</u> | <u>25.5</u> |
| Costos totales de operación | 49.9 | 58.8 | 65.2 | 68.7 | 72.9 | 80.0 | 85.4 | 92.3 |
| Reservas netas de operación | 3.0 | (12.8) | (8.3) | (8.1) | (6.6) | 1.6 | 7.7 | 7.7 |

Considerando un interés del 8 % de los créditos externos y suponiendo que las tarifas se incrementan de manera suficiente para obtener los resultados señalados en los ingresos, el presupuesto de ingresos y gastos para el puerto es el que se presenta en la tabla I, en el cual se puede observar el efecto positivo que tiene la terminal de contenedores.

Los recursos para el proyecto provendrán del gobierno federal para la obra civil, y para el equipo de créditos externos, canalizados a través del fideicomiso para maquinaria y equipo (FIDEMAP). El fideicomiso contratará la compra del equipo y conseguirá los créditos con bancos extranjeros, quienes otorgan el crédito a plazos de 5 a 10 años.

El análisis financiero para la terminal tendrá como objetivo determinar el monto de los cargos que deberá hacerse a los contenedores, debido a su manejo, para que se recuperen los costos de operación y las inversiones realizadas en la obra civil. En el cuadro II se muestra el análisis para los años 1980, 1983, 1984 y 1988 a precios de 1976. El análisis considera un interés del capital del 10 %.

Los resultados indican que cobrando \$ 1,295.00 promedio por contenedor, se asegura una tasa de rendimiento del 12 % de la inversión, antes de la depreciación y del pago de intereses.

Evaluación del proyecto:

Al implantar el uso de contenedores, organizadamente, en el país se produce una serie de beneficios nacionales e internacionales, siendo comúnmente identificados para esta terminal los siguientes:

- a) Ahorros en el transporte terrestre.
- b) Ahorros en el costo por manejo de carga.
- c) Reducción de los tiempos de espera de los barcos en México.
- d) Ahorros en el tiempo de tránsito de la carga.
- e) Ahorros por la disminución de pérdidas, daños y empaques.
- f) Ahorro de tiempos de espera de los barcos en puertos extranjeros.
- g) Ahorros en el manejo de la carga en puertos extranjeros.

CUADRO II

Análisis financiero de la terminal para Contenedores de Veracruz.

| Concepto | 1980 ¹ | 1983 ² | 1984 ³ | 1988 ⁴ |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ton. manejadas (miles) | 224 | 397 | 480 | 676 |
| Contenedores manejados (miles) | 28.5 | 47.9 | 55.6 | 96.7 |
| Equipo | | | | |
| Inversión | 86.40 | — | 43.20 | — |
| Costos fijos de operación | | | | |
| Mantenimiento del equipo | 2.22 | 2.22 | 3.33 | 3.33 |
| Mano de obra | 2.59 | 2.59 | 3.89 | 3.89 |
| Administración | 4.10 | 4.10 | 6.15 | 6.15 |
| Subtotal | 8.91 | 8.91 | 13.37 | 13.37 |
| Costos variables de operación | 3.53 | 6.26 | 4.79 | 8.56 |
| Cargos financieros (fijos) | | | | |
| Depreciación (15 años) | 5.76 | 5.76 | 8.64 | 8.64 |
| Intereses (10%) | 8.64 | 8.64 | 12.96 | 12.96 |
| Costos totales del equipo | 26.84 | 29.57 | 39.76 | 43.53 |
| Costos por ton. (pesos) | 120 | 75 | 83 | 50 |
| Costo por contenedor (pesos) | 942 | 617 | 715 | 450 |
| Cargos actuales por manejo de carga⁵ | | | | |
| Estibadores (pesos por ton.) | 55 | 55 | 54 | 54 |
| Maniobristas (pesos por ton.) | 100 | 100 | 98 | 97 |
| Cargos totales (pesos por ton.) | 155 | 155 | 152 | 151 |
| Cargos totales (pesos por contenedor.) | 1,218 | 1,285 | 1,312 | 1,368 |
| Infraestructura | | | | |
| Inversión en obra civil | 145.0 | — | — | — |
| Costos fijos de operación | | | | |
| Mantenimiento | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 |
| Intereses (9.0%) | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 |
| Depreciación (2.5%) | 3.60 | 3.60 | 3.60 | 3.60 |
| Costo total de obra civil | 18.40 | 18.40 | 18.40 | 18.40 |
| Costo por ton. (pesos) | 82 | 46 | 39 | 21 |
| Costo por contenedor (pesos) | 646 | 364 | 331 | 132 |
| Cargos actuales-atraque y muelleaje⁵ | | | | |
| Pesos por ton. | 9 | 8 | 8 | 8 |
| Pesos por contenedor | 64 | 56 | 59 | 61 |
| Infraestructura y equipo | | | | |
| Costos futuros totales por contenedor (pesos) ⁶ | 1,598 | 1,001 | 1,046 | 642 |
| Cargos totales actuales (pesos) | 1,292 | 1,341 | 1,371 | 1,429 |

• Notas del cuadro anterior

- 1 1980 Primer año de operación
- 2 1983 Capacidad máxima con una grua
- 3 1984 Primer año de operación con dos gruas
- 4 1988 Capacidad máxima con dos gruas
- 5 Cargos "actuales" varían con el tiempo debido al impacto del incremento de la productividad de los trabajadores, del incremento de la carga promedio por contenedor y del aumento en el tamaño de los barcos y de la carga.
- 6 Estos costos por contenedor cuando se multiplican por el número de contenedores en ese año dan el flujo de costos utilizados en el cálculo de la tasa del rendimiento financiera. Un cargo promedio de \$ 1.295 por contenedor en cada año da un flujo de ingresos asociados con una tasa de rendimiento financiera del 12 % para el período de 1980-1988.

Nota.- Excepto donde se indica, las cantidades que están expresadas en millones de pesos de Dic. de 1976.

Para el proyecto, los conceptos que más contribuyen al beneficio total son b), e), f) y g) que en conjunto representan cerca del 80 % de dichos beneficios totales. Sin embargo, debido a la falta de información no es posible determinar con precisión qué parte de los beneficios globales se quedarían en México y qué porción irían al extranjero, solamente se consideraron para el análisis los siguientes:

- Ahorros en los costos por manejo de la carga en Veracruz.
- Ahorros en los costos por daños, pérdidas y espeques.

Sin embargo, no se debe olvidar que los otros beneficios existen y que permitirán imponer cargos financieros a los usuarios con la finalidad de recuperar las inversiones; por lo tanto, este análisis tiene un enfoque conservador.

Por el lado de los costos, los considerados fueron:

- La inversión en obra civil, equipo y reposición del mismo en un período de 20 años.
- Costos en el puerto por la operación de consolidación y desagregación de la carga. El costo promedio para este concepto es de \$ 63.0 por ton. y se considera que el volumen de carga que requiere estas operaciones es la cuarta parte del tráfico total.

Para la estimación de los beneficios mencionados se realizaron los análisis correspondientes cuyos resultados se indican a continuación :

Ahorros en los costos por manejo de la carga en contenedores.

El costo de manejo de carga por el método tradicional estimado es el siguiente :

| | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|
| Ton. manejadas por día y por barco. | 600 | 600 | 600 | 700 |
| Costo por ton. (pesos) | 74.3 | 74.3 | 67.5 | 63.6 |

Para los costos de la carga manejarías en contenedores se estimaron los costos fijos y variables siguientes :

Costos fijos en millones de pesos de 1976.

| | 1976-1983 | 1984-1999 |
|-----------------------|-------------|-------------|
| Mantenimiento | 1.90 | 2.85 |
| Personal de operación | 1.90 | 2.85 |
| Administración | <u>3.29</u> | <u>4.94</u> |
| T o t a l | 7.09 | 10.64 |

Costos variables en pesos por ton.

| | 1976-1983 | 1984-1999 |
|---------------|-------------|-------------|
| Mantenimiento | 4.75 | 2.85 |
| Insumos | 9.18 | 5.51 |
| Personal | <u>1.84</u> | <u>1.41</u> |
| T O T A L | 15.77 | 9.77 |

Estos costos fueron aplicados al tonelaje en contenedores con y sin la operación de la terminal hasta 1988 y de ahí se mantuvieron constantes hasta 1999. Procediéndose a calcular los ahorros en el manejo de la carga. Los resultados se indican en el cuadro III de evaluación del proyecto.

Ahorros por no construir nuevos muelles en el futuro.

Del análisis de la operación del puerto sin considerar la construcción de la terminal de contenedores, mejorando los rendimientos en la operación y con la proyección de carga esperada; se encontró que se alcanzaría la capacidad total en 1989.

Después de este año se requeriría construir un muelle adicional cada año, durante los siguientes cinco años. El costo estimado de construcción por muelle es de 90 millones de pesos.

Ahorros en los costos por daños, pérdidas y empaques.

Consultando a las compañías de seguros y los usuarios en el ámbito internacional, los ahorros por toneladas de carga manejada en contenedores, a precios de 1976, fueron los siguientes:

| | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 |
|--------------------------|------|------|------|------|
| Ahorros por ton. (pesos) | 187 | 192 | 207 | 230 |

Para el proyecto se consideró el 25 % de estos ahorros como beneficios.

Con los beneficios y costos señalados, los cuales fueron aplicados a la proyección media de carga en contenedores y cuyo resumen se muestra en el cuadro III, se procedió a calcular la tasa de rendimiento del proyecto, la cual resultó del 19.0 % que indica que el establecimiento de la terminal de contenedores en Veracruz es recomendable; ya que el costo del capital para el proyecto es del 10 %.

Los mismos cálculos se realizaron para la proyección baja de la carga. La tasa de rendimiento interna resultó del 16 %. O sea que aún con la proyección de tráfico conservadora del proyecto es factible desde el punto de vista económico.

Por otra parte, por el puerto de Tuxpan se manejan alrededor de 60,000 toneladas anuales en contenedores, por Tampico 10,000 toneladas y por puertos del Golfo de Estados Unidos cerca de 30,000 toneladas anuales de carga mexicana, que al contarse con la terminal para contenedores en Veracruz, podría atraerse parte de esa carga debido al ahorro en fletes marítimos y terrestres.

Por lo tanto, la necesidad de construir la terminal se manifiesta por el volumen de contenedores que se manejan y se manejarán por el puerto. Además de que es conveniente incorporar los avances tecnológicos al transporte marítimo de nuestro país, para aprovechar las ventajas que ofrece el transporte de mercancías en forma unitarizada.

CUADRO III
EVALUACION ECONOMICA DE LA TERMINAL PARA CONTENEDORES EN VERACRUZ.

(Millones de pesos)

| Año | C o s t o s | | B e n e f i c i o s | | | Flujo Neto | Valor Presente para i = 15% | Valor Presente para i = 20% |
|---------------------|-------------|---------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Inversión | Consolidación | Manejo de carga | No construcción de Muelles | Seguros y Empaques | | | |
| 1977 | -22.7 | - | - | - | - | -22.7 | -22.7 | -22.7 |
| 1978 | -88.8 | - | - | - | - | -88.8 | -85.7 | -82.1 |
| 1979 | -88.2 | - | - | - | - | -88.2 | -66.7 | -61.2 |
| 1980 | - | -3.5 | 8.0 | - | 10.4 | 12.9 | 8.5 | 7.5 |
| 1981 | - | -4.3 | 8.8 | - | 12.7 | 17.2 | 9.8 | 8.3 |
| 82 | - | -5.2 | 12.1 | - | 15.3 | 22.2 | 11.0 | 8.9 |
| 83 | -36.9 | -6.3 | 14.9 | - | 18.5 | - 9.8 | - 4.2 | 3.3 |
| 84 | - | -7.6 | 20.3 | - | 22.4 | 35.1 | 13.2 | 9.8 |
| 85 | - | -8.2 | 22.9 | - | 27.9 | 41.6 | 13.6 | 9.7 |
| 86 | - | -10.8 | 27.9 | - | 32.9 | 48.4 | 14.0 | 9.6 |
| 87 | - | -12.0 | 33.5 | - | 36.7 | 58.2 | 14.4 | 9.4 |
| 88 | - | -13.8 | 39.9 | 90.0 | 42.0 | 158.1 | 34.0 | 21.3 |
| 89 | - | -13.8 | 36.5 | 90.0 | 42.0 | 154.7 | 28.9 | 17.4 |
| 1990 | -20.5 | -13.8 | 36.5 | 90.0 | 48.3 | 137.5 | 22.4 | 12.9 |
| 91 | - | -13.8 | 36.5 | 90.0 | 45.3 | 158.0 | 22.3 | 12.3 |
| 92 | - | -13.8 | 36.5 | 90.0 | 45.3 | 158.0 | 29.4 | 10.3 |
| 93 | -1.6 | -13.8 | 36.5 | - | 45.3 | 68.4 | 7.1 | 3.6 |
| 94 | - | -13.8 | 36.5 | - | 45.3 | 68.0 | 6.3 | 3.1 |
| 95 | -17.8 | -13.8 | 36.5 | - | 50.3 | 58.2 | 4.5 | 2.1 |
| 96 | - | -13.8 | 36.5 | - | 50.3 | 73.0 | 5.1 | 2.3 |
| 97 | - | -13.8 | 36.5 | - | 50.3 | 73.0 | 4.5 | 1.9 |
| 98 | - | -13.8 | 36.5 | - | 50.3 | 73.0 | 3.9 | 1.6 |
| 1999 | - | -13.8 | 36.5 | - | 50.3 | 73.0 | 3.4 | 1.3 |
| VALOR PRESENTE NETO | | | | | | | 67.0 | -16.0 |

III DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MUELLE .

a) Mécanica de Suelos

Este estudio se basó en la ejecución de 13 sondeos de exploración, profundizados hasta la elevación media de - 30 m. Las muestras recuperadas fueron clasificadas en campo y posteriormente se enviaron al laboratorio para su clasificación definitiva, así como, para efectuarles las pruebas necesarias y poder determinar sus propiedades.

Trabajos de Campo.

Constataron en la ejecución de 13 sondeos de exploración, alternando los procedimientos de penetración estándar y rotación con broca tricónica.

El procedimiento de la prueba de penetración estándar, consiste en hincar en el suelo un muestreador de 5,8 cm. de diámetro exterior y 3,5 cm. de diámetro interior, mediante la energía que proporciona la caída libre de un martinete, de 63,5 kg. de peso, desde una altura de 76 cm. durante la prueba se cuenta el número de golpes necesarios para introducir en el suelo el penetrómetro estándar una longitud de 30 cm., cuando los estratos muestreados alcanzaron un número de golpes mayor que 50, y por tanto casi imposible continuar con el procedimiento de penetración, se procedió a utilizar el método de avance a rotación, utilizando una broca tricónica; los fragmentos del material cortado escienden por la perforación, mediante circulación de agua en el interior.

Con los sondeos descritos se alcanzó una profundidad máxima de 32,78 m.

(S E - 4) ; en la tabla I se muestran las principales características de los sondeos efectuados. La ubicación de cada sondeo se muestra en el anexo 1 .

En resumen puede decirse que se obtuvieron dos tipos de muestras :

- a) Alteradas representativas, obtenidas por el método de penetración estándar.
- b) Alteradas, obtenidas del agua de lavado en el avance a rotación.

T a b l a I

| Sondeo | Prof. | Prof. N.A.S. * | Elev. Brocal |
|--------|-------|----------------|--------------|
| SE | M | M | M |
| 1 | 31.24 | - | - 9.90 |
| 2 | 32.50 | 0.94 | + 2.50 |
| 3 | 31.28 | - | -10.55 |
| 4 | 32.78 | 1.02 | + 2.50 |
| 5 | 30.76 | - | - 9.85 |
| 6 | 32.55 | 1.87 | + 2.50 |
| 7 | 30.61 | - | -10.05 |
| 8 | 32.65 | 1.03 | + 2.50 |
| 9 | 30.81 | - | -10.35 |
| 10 | 32.64 | 0.98 | + 2.50 |
| 11 | 30.48 | - | - 9.95 |
| 12 | 30.84 | - | -10.05 |
| 13 | 31.16 | - | -10.40 |

* Nivel de aguas subterráneas

Trabajos de Laboratorio

A las muestras extraídas se les determino su contenido de agua, densidad de sólidos y granulometría por mallas; a partir de dichos resultados se obtuvo la relación de vacíos y el peso volumétrico sumergido.

Los resultados de las pruebas y cálculos realizados se muestran en los anexos 2 a 14 .

Estratigrafía y propiedades.

En general se pueden identificar 3 tipos de materiales muestreados.

1.- Arena de relleno. Se encontró en los sondeos SE - 2,4,6,8 y 10 (efectuados en tierra) , con un espesor que osciló entre 10 y 17 m. Este material corresponde a una arena fina, gris y café clara, muy suelta, en ocasiones con conchas y fragmentos de coral.

El contenido de agua es del orden de 35 % y su densidad de sólidos media es de 2.60 , la relación de vacíos promedio es de 0.91 y su peso volumétrico es de 1.8 T/m³ .

2.- Depósitos de coral. Se encontraron en la mayoría de los sondeos, con un espesor de 2 a 6 m. Normalmente se presentaron entre 20 y 26 m. de profundidad, aunque en el sondeo SE-8 aparecieron mas superficialmente. El contenido de agua promedio resultó ser de 25 % . La densidad de sólidos no es representativa del material, puesto que se obtuvo a partir de la arena que rodea a este material.

3.- Arena compacta a muy compacta . Se encontró en todos los sondeos, a profundidades variables . Es una arena fina verdosa, aunque en ocasiones color gris y café claro, conteniendo fragmentos de coral y conchas. El contenido de agua promedio es del orden de 25 % aunque varía hasta 40 % dependiendo de su contenido de material fino; su densidad de sólidos promedio resultó de 2.85, su relación de vacíos 0.71 y su peso volumétrico de 2.08 T/m³. El número de golpes obtenidos de la prueba de penetración estandar resultó superior a 50, lo cual indica que es una base de apoyo adecuado para pilotes, por su alta capacidad.

Criterios de Cálculo

Para efectuar los análisis de mecánica de suelos se utilizaron los resultados de los anexos 2 a 14.

Se tomó la capacidad de carga del suelo considerando que la cimentación será de tipo profundo (pilotes). Bajo estas condiciones, la capacidad de carga última está dada por la expresión (Ref. 14)

$$Q_{pu} = 142.5 L^2 G_{oz} \quad (1)$$

Donde:

| | |
|-----------------|---|
| Q _{pu} | Capacidad de carga última (ton.) |
| L | Lado del pilote (m.) |
| G _{oz} | Esfuerzo efectivo a nivel de desplante (ton/m ²) |

El término numérico corresponde al factor de capacidad de carga (N_q) (Dado por la gráfica 4 - III de la Ref. 14).

Para nuestro caso como se tiene una tabla estaca, aproximadamente al centro del muelle, se deben diferenciar los esfuerzos efectivos "Lado Mar" y "Lado tierra". Observando los resultados de los sondeos y considerando una profundidad de desplante promedio, tenemos:

$$\text{Lado Mar } D_f = 24 \text{ m.} \quad *$$

$$\text{Lado Tierra } D_f = 21.50 \text{ m.} \quad *$$

* Respecto al NMEMI

De los mismos resultados de los sondeos obtenemos los pesos volumétricos sumergidos promedio

$$\text{Lado Mar } \delta' = 0.97 \text{ T/m}^3$$

$$\text{Lado Tierra } \delta' = 1 \text{ T/m}^3$$

Los esfuerzos efectivos, al nivel de desplante son: (considerar que de lado mar se tiene un tirante de agua de 12 m. promedio).

$$\int \sigma_{em} = (24 - 12) (0.97) = 11.64 \text{ T/m}^2$$

$$\int \sigma_{et} = 21.50 \text{ T/m}^2$$

La ecuación (1) quedaría

$$\text{Lado Mar } Q_{pu} = 1658 \text{ L}^2$$

$$\text{Lado Tierra } Q_{pu} = 3053 \text{ L}^2$$

Considerando un factor de seguridad de 3 para condiciones estáticas y de 2.5 para condiciones dinámicas, la capacidad de carga admisible para varias secciones de pilotes, se presentan en la tabla siguiente:

Tabla I

Capacidad de carga admisible.

| L m | Pilotes en tierra. | | Pilotes en mar. | |
|--------|--------------------|--------|-----------------|--------|
| | F.S.=2.5 | F.S.=3 | F.S.=2.5 | F.S.=3 |
| 0.3 | 110 | 91 | 59 | 49 |
| 0.35 | 150 | 125 | 81 | 67 |
| 0.40 | 196 | 163 | 106 | 88 |
| 0.45 | 248 | 206 | 134 | 111 |
| 0.50 | 305 | 255 | 165 | 138 |

Ahora revisaremos la capacidad a tensión del pilote.

$$Q_f = f_a A_s$$

donde

$$f_a = k_s \gamma \frac{Q_f}{2} \tan \delta \quad (\text{Ref. 10, Tomo II}).$$

$$\text{siendo } k_s \tan \delta = 0.50$$

La condición mas crítica sería lado mar en donde :

$$\gamma \frac{Q_f}{2} = \frac{11.64}{2} = 5.82 \text{ T/m}^2 \quad (\text{pag. 25})$$

Sustituyendo estos valores

$$f_a = 0.5 (5.82) = 2.91 \text{ T/m}^2$$

$$A_s = 0.45 \times 4 \times (12 - 1.96) = 18.07 \text{ m}^2$$

para considerar la profundidad del empotramiento.

$$Q_f = 2.91 \text{ T/m}^2 \times 18.07 \text{ m}^2 = 52.58 \text{ T}$$

considerando un factor de seguridad de 3

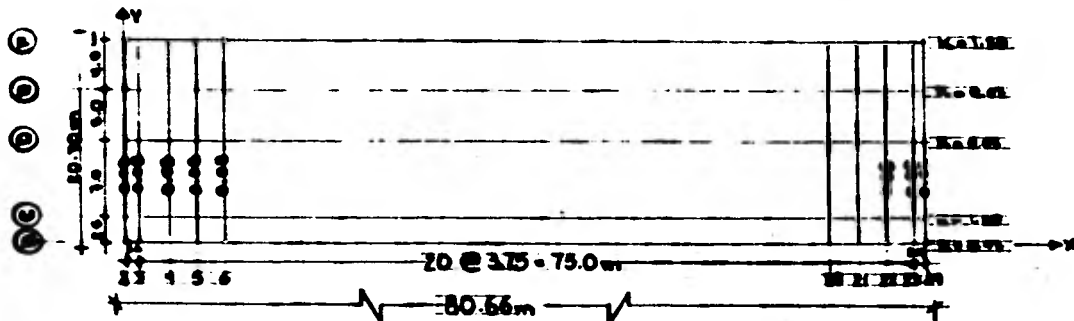
$$Q_{adm} = \frac{52.58}{3} = 17.52 \text{ T} \quad (\text{despreciando el peso propio})$$

Estos resultados nos servirán posteriormente para el diseño de pilotes, debiendo cuidar, entre otros puntos, que en el momento de hincado, la desviación del pilote sea mínima; y al diseñar se deberá considerar que se presentarán fuerzas laterales.

Es conveniente que por cada 100 pilotes que se hincan, deberá realizarse una prueba de carga.

b) Análisis Estructural y diseño de pilotes .

Iniciaremos nuestro trabajo, valuando el cortante sísmico y posteriormente obtendremos las acciones por pilotes.



Secciones Supuestas.

| | | |
|----------|---|----------|
| B, D, E. | $1.20 \times 0.30 \times 80.66 \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 69.69 \times 3 = 209.07 \text{ T}$ | |
| C, F | $0.80 \times 1.20 \times 80.66 \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 165.84 \times 2 = 371.68 \text{ T}$ | |
| | | <hr/> |
| | | 380.75 T |
| 2 → 24 | $0.80 \times 0.25 \times 80.66 \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 8.88 \times 23 = 204.24 \text{ T}$ | |
| | | <hr/> |
| | | 284.98 T |
| Losa | $80.66 \times 20.70 \times 0.25 \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 895.32 \text{ T}$ | |

Centro de Gravedad

$$\bar{X} = 80.66 \div 2 = 40.33 \text{ m}$$

$$\bar{Y} = \frac{165.84 (2.50 + 18.50) + 69.69 (9.50 + 14.50)}{380.75 \text{ T}}$$

$$\bar{Y} = 9.6 \text{ m.}$$

$$V_{it} = \frac{\sum K_{ix} Y_i}{\sum K_{ix}} = \frac{26.87}{2.81} = 10.29$$

$$F_{int} = \left[\frac{M_t}{(\sum K_{ix} V_{it}^2 + \sum K_{iy} V_{it}^2)} \right] (K_{ix} V_{it}) \quad \text{oc1}$$

| EJE | Kix | Yi | KixYi | Ylt | KixYlt | $\frac{KixYlt^2}{}$ | EFECTO Vx directo torsión | | Total | EFECTO Vy torsión |
|-----|-------------|--------------|--------------|---------|--------|---------------------|------------------------------|---------|-------|----------------------|
| A | 0.07 | 0 | 0 | - 10.29 | - 0.72 | 7.41 | 2.75 | 0.039 | 2.789 | - 0.010 |
| C | 1.20 | 2.50 | 3.00 | - 7.79 | - 9.35 | 72.82 | 47.20 | 0.515 | 47.49 | - 0.137 |
| Q | 0.07 | 9.50 | 0.66 | - 0.79 | - 0.05 | 0.04 | 2.75 | 0 | 2.75 | 0 |
| E | 0.07 | 14.50 | 1.01 | + 4.21 | + 0.29 | 1.24 | 2.75 | - 0.015 | 2.735 | 0.004 |
| F | <u>1.20</u> | <u>18.50</u> | <u>22.20</u> | + 8.21 | + 9.85 | <u>80.88</u> | 47.20 | - 0.54 | 46.74 | 0.144 |
| | 2.61 | | 26.87 | | | 162.39 | | | | |

| EJE | Kly | Xl | KlyXl | Xlt | KlyXlt | KlyXTE ² | EFECTO Vy directo torsión | | Total | EFECTO Vx torsión |
|-----|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------------|------------------------------|--------|-------|----------------------|
| 2 | 0.08 | 0 | 0 | -40.04 | -3.20 | 126.25 | 2.83 | -0.053 | 2.77 | + 0.176 |
| 3 | " | 2.92 | 0.20 | -37.92 | -3.07 | 112.62 | " | -0.049 | 2.76 | 0.165 |
| 4 | " | 6.27 | 0.50 | -33.77 | -2.70 | 91.23 | " | -0.044 | 2.76 | 0.148 |
| 5 | " | 10.02 | 0.80 | -30.02 | -2.40 | 72.09 | " | -0.039 | 2.79 | 0.132 |
| 6 | " | 13.77 | 1.10 | -26.27 | -2.10 | 55.20 | " | -0.034 | 2.79 | 0.115 |
| 7 | " | 17.92 | 1.40 | -22.92 | -1.80 | 40.57 | " | -0.029 | 2.80 | 0.099 |
| 8 | " | 21.27 | 1.70 | -19.77 | -1.50 | 29.18 | " | -0.024 | 2.80 | 0.082 |
| 9 | " | 25.02 | 2.00 | -15.02 | -1.20 | 19.04 | " | -0.019 | 2.81 | 0.066 |
| 10 | " | 29.77 | 2.30 | -11.27 | -0.90 | 10.16 | " | -0.014 | 2.81 | 0.049 |
| 11 | " | 32.92 | 2.60 | - 7.92 | -0.60 | 4.92 | " | -0.009 | 2.82 | 0.033 |
| 12 | " | 36.27 | 2.90 | - 3.77 | -0.30 | 1.13 | " | -0.005 | 2.82 | 0.016 |
| 13 | " | 40.02 | 3.20 | - 0.02 | 0 | 0 | " | 0 | 2.83 | 0 |
| 14 | " | 43.77 | 3.50 | - 3.73 | +0.29 | 1.11 | " | 0.005 | 2.83 | - 0.015 |
| 15 | " | 47.52 | 3.80 | 7.46 | 0.59 | 4.47 | " | 0.009 | 2.84 | - 0.032 |
| 16 | " | 51.27 | 4.10 | 11.23 | 0.89 | 10.08 | " | 0.014 | 2.84 | - 0.049 |
| 17 | " | 55.02 | 4.40 | 14.98 | 1.19 | 17.95 | " | 0.019 | 2.85 | - 0.065 |
| 18 | " | 59.77 | 4.70 | 18.73 | 1.49 | 28.06 | " | 0.024 | 2.85 | - 0.082 |
| 19 | " | 62.92 | 5.00 | 22.48 | 1.79 | 40.42 | " | 0.029 | 2.86 | - 0.098 |
| 20 | " | 66.27 | 5.30 | 26.23 | 2.09 | 55.04 | " | 0.034 | 2.86 | - 0.115 |
| 21 | " | 70.02 | 5.60 | 29.98 | 2.39 | 71.90 | " | 0.039 | 2.87 | - 0.131 |
| 22 | " | 73.77 | 5.90 | 33.73 | 2.69 | 91.01 | " | 0.044 | 2.87 | - 0.148 |
| 23 | " | 77.92 | 6.20 | 37.48 | 2.99 | 112.38 | " | 0.049 | 2.88 | - 0.164 |
| 24 | <u>0.08</u> | <u>80.66</u> | <u>6.46</u> | <u>40.56</u> | <u>3.24</u> | <u>131.60</u> | 2.83 | 0.053 | 2.88 | - 0.178 |
| | 1.64 | | 73.68 | | | 1126.11 | | | | |

$$X_{it} = \frac{\sum K_{iy} X_i}{\sum K_{iy}} = 40.04 \text{ m}$$

Necesitamos conocer F_{ix} , F_{iy}

$$F_i = C \sum w_i \frac{w_{ihl}}{\sum w_{ihl}}$$

Por tener un solo nivel $w_{ihl} = \sum w_{ihl}$ lo que implica $F_i = C \sum w_i$

$$F_{ix} = 0.1 (580.75 + 895.32/2)$$

$$F_{ix} = 102.84 \text{ T}$$

$$F_{iy} = 0.1 (204.24 + 895.32/2)$$

$$F_{iy} = 65.19 \text{ T}$$

Para cada eje $F_{ix} = \frac{K_i}{\sum K_i} F_{ix,y}$

$$M_{ix} = F_{ix} (Y_c - Y_t)$$

$$M_{iy} = F_{iy} (X_c - X_t)$$

$$M_{ix} = 102.84 (9.6 - 10.29) = - 70.96 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{iy} = 65.19 (40.33 - 40.04) = + 18.90 \text{ T} - \text{m}$$

Sustituyendo en la ecuación 1, con los coeficientes adecuados, tenemos:

$$F_{ixt} = \left[\frac{- 70.96}{102.39 + 1,126.11} \right] (K_{ix} Y_{it})$$

$$F_{ixt} = - 0.05507 (K_{ix} Y_{it}) \quad \text{ec. 2}$$

$$F_{iyt} = \left[\frac{+ 18.90}{1,228.50} \right] (K_{iy} X_{it})$$

$$F_{iyt} = + 0.01466 (K_{iy} X_{it}) \quad \text{ec. 3}$$

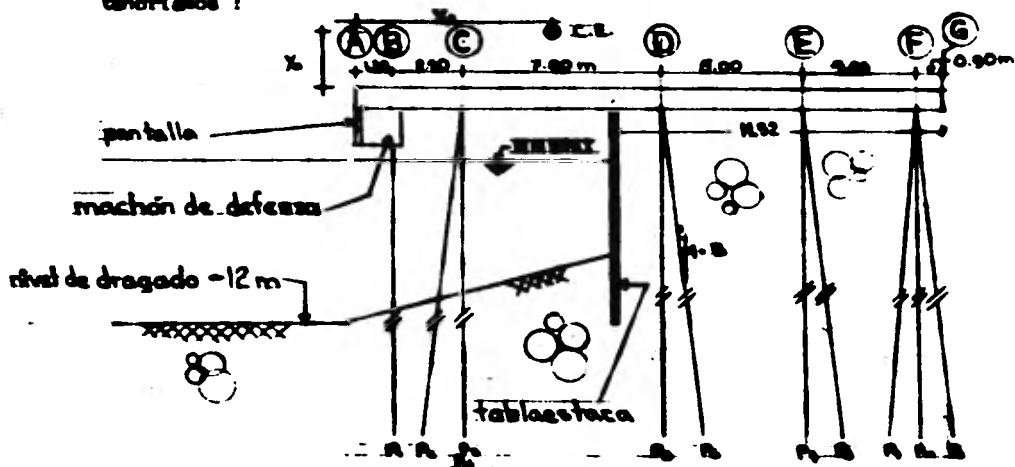
Con estas dos ecuaciones complementaremos las tablas anteriores.

Los valores de las tablas nos ayudarán, posteriormente para cuantificar las acciones por pilote y para el diseño.

Análisis Estructural y Diseño de Pilotes.

La distribución y la cantidad de pilotes fue guardando cierta similitud con el muelle de granos ya construido, confirmandose esta distribución con el estudio de mecánica de suelos.

Haciendo un corte por alguno de los ejes transversales (ejes numéricos) - tendríamos :



En los ejes C y F se ubicarán los rieles de la grúa de contenedores.

En base a la distribución anterior, se calcularán las fuerzas que actúan sobre cada pilote debido a las condiciones :

| Condición | I | CM + 90° & CV + viento (incluyendo grúa) |
|-----------|-----|--|
| " | II | CM + CV + grúa en operación máxima |
| " | III | CM + CV + jalón de bita |
| " | IV | CM + CV + fuerza de atracaje |

Para nuestro análisis consideramos un eje de pilotes (transversal) y su área tributaria, utilizando el criterio de Reynolds (Ref. 1), determinaremos primero el centro elástico del muelle.

$$J \text{ vertical} = 1$$

$$J \text{ inclinado} = \frac{0}{(1 + 0^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{4}{(1 + 4^2)^{\frac{3}{2}}} = 0.97$$

T A B L A I

| No. | Pras. | J | \sum_1 | \sum_2 | \sum_3 | \sum_4 | \sum_5 | x | X | \sum_6 |
|-------------------|-------|------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|--------|----------|
| P ₁ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - 9.81 | 96.23 |
| d P ₂ | 1 | 0.97 | 0.912 | 0.228 | 2.282 | 0.57 | 0.06 | 2.50 | - 5.11 | 23.83 |
| P ₃ | 1 | 1 | 1 | 0 | 2.50 | 0 | 0 | 2.50 | - 7.31 | 53.43 |
| P ₄ | 1 | 1 | 1 | 0 | 2.50 | 0 | 0 | 2.50 | - 7.31 | 53.43 |
| P ₅ | 1 | 1 | 1 | 0 | 9.50 | 0 | 0 | 9.50 | - 0.31 | 0.086 |
| 1 P ₆ | 1 | 0.97 | 0.912 | - 0.228 | 8.67 | - 2.16 | 0.06 | 9.50 | - 2.51 | 5.750 |
| P ₇ | 1 | 1 | 1 | 0 | 14.50 | 0 | 0 | 14.50 | 4.69 | 21.99 |
| 1 P ₈ | 1 | 0.97 | 0.912 | - 0.228 | 13.23 | - 3.30 | 0.06 | 14.50 | 2.49 | 5.66 |
| d P ₉ | 1 | 0.97 | 0.912 | 0.228 | 16.88 | 4.21 | 0.06 | 16.50 | 10.69 | 108.25 |
| P ₁₀ | 1 | 1 | 1 | 0 | 16.50 | 0 | 0 | 16.50 | 8.69 | 75.51 |
| 1 P ₁₁ | 1 | 0.97 | 0.912 | - 0.228 | 16.88 | - 4.21 | 0.06 | 16.50 | 6.49 | 38.44 |
| Sumas | | | 10.56 | - 0.228 | 105.44 | - 4.89 | 0.30 | | | 482.61 |

Constantes de cálculo

$$\frac{B^2}{1 + B^2} = \frac{16}{17} = 0.941$$

$$\frac{1}{1 + B^2} = \frac{1}{17} = 0.059$$

$$\frac{B}{1 + B^2} = \frac{4}{17} = 0.235$$

$$X_0 = \frac{\sum 3 \quad \sum 5 - \sum 2 \quad \sum 4}{K}$$

$$Y_0 = \frac{\sum 2 \quad \sum 3 - \sum 1 \quad \sum 4}{K}$$

$$K = \sum 1 \quad \sum 5 - \sum 2^2$$

Sustituyendo los valores obtenidos

$$K = 3.11$$

$$X_0 = 9.81 \text{ m}$$

$$Y_0 = 8.80 \text{ m}$$

Con los valores anteriores y la tabla I, obtendremos los coeficientes que afectarán a las fórmulas para cuantificar la carga axial del pilote.

$$P_n = K_p (K_v F_v + K_h F_h + K_{\text{M}} M) \quad \text{--- 4}$$

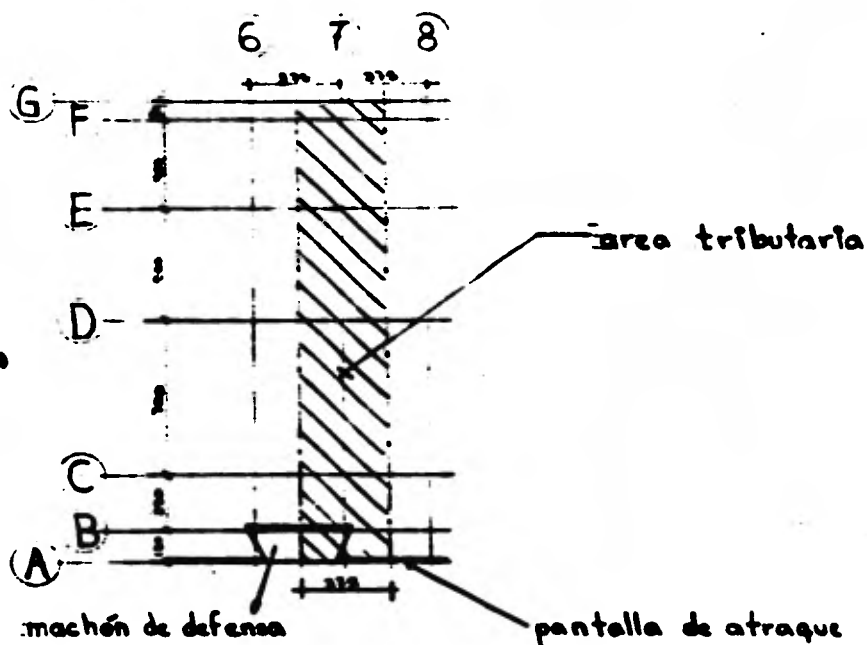
$$M = F_v (e_h - X_0) + F_h (Y_0 - e_v) \quad \text{--- 5}$$

Estos coeficientes nos servirán una vez que hayamos determinado las sollicitaciones .

Determinaremos la carga muerta, con un ancho tributario de 3.75 m. , esta es : (Pag. 35.)

T A B L A II .

| | No. | Kp | Kw | Kn | Ka |
|---|-----|-------|-------|---------|----------|
| | P 1 | 1 | 0.096 | - 0.073 | - 0.020 |
| d | P 2 | 0.941 | 0.078 | - 0.922 | - 0.012 |
| | P 3 | 1 | 0.096 | - 0.073 | - 0.015 |
| | P 4 | 1 | 0.096 | - 0.073 | - 0.015 |
| | P 5 | 1 | 0.096 | - 0.073 | - 0.0006 |
| t | P 6 | 0.941 | 0.115 | - 0.775 | - 0.0052 |
| | P 7 | 1 | 0.096 | - 0.073 | 0.0097 |
| t | P 8 | 0.941 | 0.115 | - 0.775 | 0.0051 |
| d | P 9 | 0.941 | 0.078 | - 0.922 | 0.0225 |
| | P10 | 1 | 0.096 | - 0.073 | 0.018 |
| t | P11 | 0.941 | 0.115 | - 0.775 | 0.0134 |



Con las dimensiones obtenidas de los elementos estructurales, tenemos (teniendo en cuenta el espesor de la losa en los peraltes de las traves y considerando 2.4 T/m^3)

| | |
|-------------------------|----------|
| losa | 46.57 T |
| traveses longitudinales | 22.95 T |
| traves transversal (7) | 14.15 T |
| pantalla | 3.51 T |
| medio machón | 15.79 T |
| | <hr/> |
| | 102.97 T |

$\therefore \text{C.M.} = 103 \text{ toneladas}$

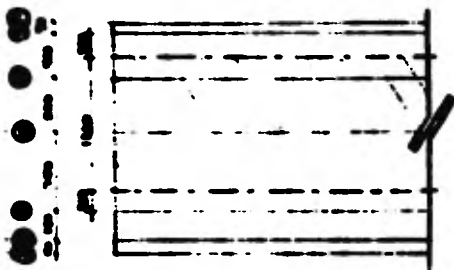
Carga Viva .

La carga viva para este tipo de puentes, está especificada en 4 T/m^2 . Para determinar la carga en el área tributaria haremos una consideración, debido a que la grúa tiene un claro de 16 m , es conveniente que a cada lado de los ejes de la grúa se dejen 2 m libres para que nada estorbe con el desplazamiento de la viga, así :

$$CV = 4 \text{ T/m}^2 (16 - 4) (3.75) = 180 \text{ T}$$

Ahora obtendremos el centro de carga de $CM + CV$. y de $CM + 50\% CV$.

Respecto al eje (A) tenemos :



$$C.G. = 800 + 200 + 250 + 130 \text{ (cm)}$$

$$C.G. = 11.80 \text{ m}$$

Para $CM + CV$

$$C.C. = \frac{Cv (11.80) + CM (10.35)}{Cv + CM}$$

$$C.C._1 = 11.27 \text{ m } CM + CV$$

$$C.C._2 = 11.82 \text{ m } CM + 50\% CV$$

Esta posición del centro de carga se denominará e_h , excentricidad, por lo que :

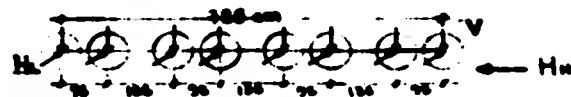
$$e_{h_2} = 11.82 \text{ m } \text{ y } e_{h_1} = 11.27 \text{ m}$$

Para la excentricidad vertical (e_v) consideramos que la fuerza se aplica al nivel de apoyo de la losa, por lo que la consideramos nula (pag. 419, Ref. 1)

Para las condiciones I y II se deben considerar las acciones horizontales de la grúa (tabla de descargas) que son :

TABLA III

Tabla de cargas para grua de contenedores.



N= 8 ruedas

| No | condición | cargas | lado mar | | | lado tierra | | |
|----|---|--------|----------|------------|------------|-------------|------------|------------|
| | | | $\sum V$ | $\sum H_n$ | $\sum H_L$ | $\sum V$ | $\sum H_n$ | $\sum H_L$ |
| 1 | Carga estática Max. | | 325 | — | — | 265 | — | — |
| | Carga estática Min. | | (445) | — | — | (85) | — | — |
| 2 | En operación Max. | | 357 | 15 | 12 | 290 | 11 | 10 |
| 3 | Fuera de servicio Max. | | 253 | 22 | 4 | 312 | — | 14.5 |
| 4 | Carga en las pinzas para enclaje de ruedas | | — | 44 | — | — | 32 | — |
| 5 | Grua fuera de servicio mas huracán | | 309 | 42 | 13 | 383 | — | 29 |
| 6 | Grua en operación + sismo + viento no intenco | | 386 | 7 | 29 | 277 | — | 13.5 |

Para la condición sismica, las acciones reportadas por el fabricante son , de la tabla III :

| | |
|-------------|--------|
| Lado Mar | 29 T |
| Lado Tierra | 13.5 T |

Como se tienen 8 ruedas por "truck" de la grua, la descarga por rueda será

| | |
|-------------|---------------|
| Lado Mar | 3.63 T/ rueda |
| Lado Tierra | 1.70 T/ rueda |

En el ancho tributario considerado (3.75m) pueden descargar hasta 4 ruedas por lo que se tiene

| | |
|-------------|---------|
| Lado Mar | 14.52 T |
| Lado Tierra | 6.80 T |

Para la condición de operación máxima, de la misma tabla

| | |
|-------------|------|
| Lado Mar | 12 T |
| Lado Tierra | 10 T |

Y siguiendo el mismo razonamiento anterior obtenemos que la descarga en el area tributaria es de

| | |
|-------------|-----|
| Lado Mar | 6 T |
| Lado Tierra | 5 T |

También en la condiciones I y II se deberá considerar que las descargas verticales de la grua, dadas por el fabricante, son tomadas por los pilotes P 2, P 3, P 4, P 9, P 10 y P 11. Considerando la longitud del "truck" , en dicha longitud tenemos que cubren dos pilotes de cada uno, de los anteriores, lo que implicaría 6 pilotes lado mar más 6 pilotes lado tierra; de la tabla de descargas tenemos :

Condición I (mismo)

Para los pilotes P 2, P 3, y P 4 (lado mar)
descarga 396 T

396 T = 66 T/ pilote
6 pilotes

Para los pilotes P 9, P 10 y P 11 (lado tierra)
descarga 277 T

$$\frac{277 \text{ T}}{6 \text{ pilotes}} = 46 \text{ T/ pilote}$$

Para la condición II (operación máxima) y siguiendo el mismo criterio adoptado tenemos :

Para los pilotes P 2, P 3 y P 4 (lado mar)
descarga 357 T

$$\frac{357 \text{ T}}{6 \text{ pilotes}} = 59.5 \text{ T/ pilote}$$

Para los pilotes P 9, P 10 y P 11 (lado tierra)
descarga 290 T

$$\frac{290 \text{ T}}{6 \text{ pilotes}} = 48.33 \text{ T/ pilote}$$

JALÓN DE BITA

Para esta acción se tomarán las características promedio de las embarcaciones que atracarán en el muelle, así, de Ref. 9, tenemos :

| | | | |
|----|---|----------|--------|
| E | = | 212.50 m | eslora |
| M | = | 30.00 m | manga |
| P | = | 16.30 m | puntal |
| C | = | 10.90 m | calado |
| WT | = | 25.000 T | peso |

Las velocidades de viento las consideramos como 200 Km/hr.

$$V \text{ viento} = 200 \text{ Km/hr} = 55.6 \text{ m/seg.}$$

Con estos datos obtendremos el jalón de bita (ref.9)

$$C_{bita} = C_{max} = \frac{W \cdot T}{0.81 \times E \times M}$$

$$C_{bita} = 17.90 = \frac{25,000}{0.81 \times 212.50 \times 30} = 5.65 \text{ m}$$

$$H = 1.1 P = 1.1 (16.30) = 17.93$$

$$h = H - C_{bita} = 12.27 \text{ m}$$

A esta altura deberemos disminuirle el nivel al que se encuentra el muelle respecto al nivel de marea baja media inferior, para obtener, en base a la altura, el área expuesta al viento.

$$\text{Nivel del muelle} + 2.40 \text{ m}$$

$$h' = 12.27 - 2.40 \text{ m} = 10.37 \text{ m}$$

El área expuesta será

$$A = E \times h'$$

$$A = 2,203.62 \text{ m}^2$$

Esta área deberá incrementarse en un 30 % para considerar todas las áreas expuestas que estén sobre cubierta (cabines)

La presión del viento es :

$$p = \frac{v^2}{16} = 193.2 \text{ Kg/m}^2$$

La fuerza actuante será :

$$F_{\text{pp}} = p \times A \times 1.30$$

$$F_{\text{pp}} = 193.2 \times 2,203.62 \times 1.30 = 553,461.2 \text{ Kg.}$$

$$F_{\text{pb}} = 554 \text{ T}$$

Si esta fuerza se toma con 8 bites

$$F_{\text{pb}}/\text{bite} = \frac{554 \text{ T}}{8} = 70 \text{ T/bite}$$

Por lo que utilizaremos bites de 75 toneladas.

Esta fuerza es tomada por dos ejes de pilotes, lo cual debe considerarse para el análisis.

FUERZA DE ATRACCIÓN

W = peso de la embarcación = 23,600 T

El peso real del barco, por efectos de empuje del agua, tiene que aumentarse

$$W_r = W + \frac{\pi \times E}{4} \delta_0 \text{ o } C^2 \quad (\text{ref. 9})$$

Donde $\delta_0 = 1.026 \text{ T/m}^3$ peso volumétrico del agua del mar.

Sustituyendo en la ecuación anterior tenemos :

$$W_r = 42,400 \text{ T}$$

Calcularemos ahora la "energía cinética efectiva"

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \times \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\mu}\right)^2}$$

Las recomendaciones de ref.9 indican el valor $\left(\frac{1}{\mu}\right)^2 = 1$, así, tenemos:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

La velocidad del ataque es de 0.1 m/seg.

La masa de la embarcación

$$m = 4,337.27 \text{ Kg}$$

$$E_c = \frac{1}{2} (4,330.27) (0.1)^2$$

$$E_c = 10.82 \text{ T} = m$$

Suponiendo una longitud de defensa de 2m tenemos

$$E_c/m = \frac{10.82}{2} = 5.41 \text{ T-m/m}$$

Con las gráficas del fabricante (Ref. 11) y considerando una defensa longitudinal del tipo V 800 - H, obtenemos:

$$\% \text{ de deformación} = 33 \%$$

$$\text{Reacción} / m = 45 \text{ T}$$

Como tenemos una longitud de defensa de 2m

$$R = 45 \text{ T/m} \times 2m = 90 \text{ T}$$

Las características de este tipo de defensa se presentan en la figura 1; en la que tenemos un peralte de defensa (H) de 60cm. Cuando la carga actúa sobre una sola defensa, condición mas desfavorable, el peralte de la defensa se ve reducido en 33%, así:

$$h = (1 - \% \text{ de deformación}) H$$

$$h = (1 - 0.33) 60 = 40.2 \text{ cm} = 0.402 \text{ m}$$

Con este dato obtendremos la separación a la que deben colocarse las defensas, para que el buque no toque el paramento del muelle; utilizando la fórmula

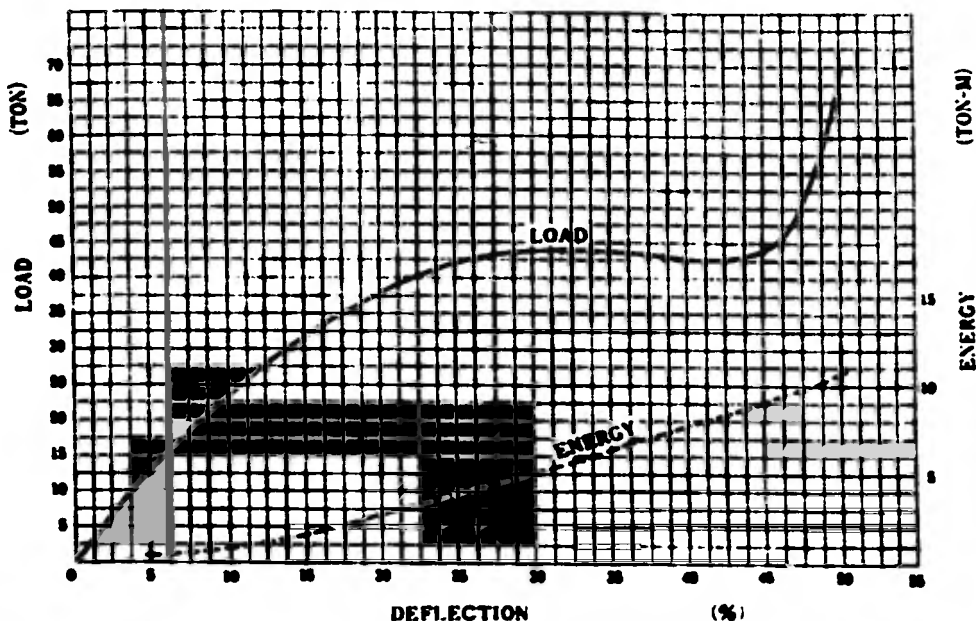
$$2L = 2\sqrt{r^2 - (r-h)^2} \quad (\text{ref.11})$$

donde:

r = radio

h = peralte de la defensa cuando la energía cinética es absorbida.

V600H×1000L

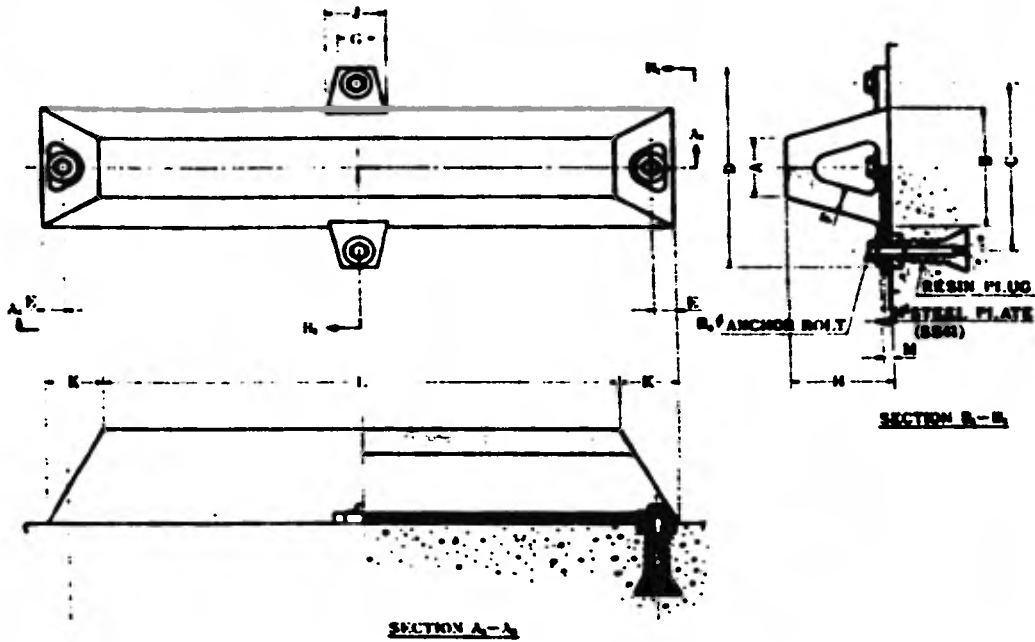


PERFORMANCE CHARACTERISTICS (@45% DEFL.)

| | METRIC | | U.S. | |
|------------------------------|------------|-----|----------|--------|
| | DEFLECTION | MM. | 270 | INCHES |
| ENERGY | TM-MTR. | 9 | FT-KIPS | 66.07 |
| REACTION | TM | 45 | KIPS | 99.00 |
| R/E FACTOR | TM/TM-MTR. | 5 | K/FT-K. | 1.52 |
| AXIAL SHEAR STATIC | Kg/CM | | KIPS/IN. | |
| CONTRA AXIAL SHR. STATIC | Kg/CM | | KIPS/IN. | |
| AXIAL SHEAR DYNAMIC | Kg/CM | | KIPS/IN. | |
| CONTRA AXIAL SHR. DYNAMIC | Kg/CM | | KIPS/IN. | |
| WEIGHT | Kg | 575 | KIPS | 1.266 |

Note: Graph and table are based on a length of 1000L (39 $\frac{3}{8}$ "'), standard hardness. For lengths other than 1000L multiply values above by ratio to 1000L.

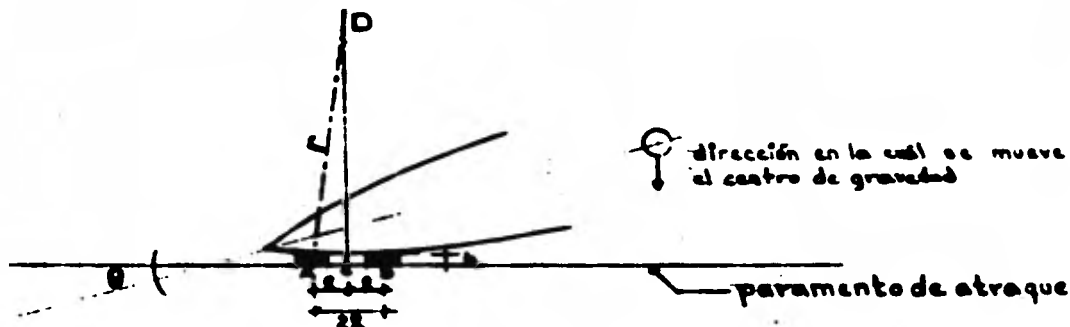
V 600H



| | H | A | B | C | D | E | F | G | J | K | M | N | Bo |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|
| MM | 600 | 375 | 750 | 1050 | 1210 | 115 | 168 | 185 | 285 | 325 | 50 | 32 | 50.8 |
| INCHES | 23 7/8 | 14 7/8 | 29 7/8 | 41 3/4 | 47 5/8 | 4 5/8 | 6 5/8 | 7 3/8 | 11 1/4 | 12 7/8 | 1 7/8 | 1 1/4 | 2 |

$L_{MAX} = 3.500MM = 11' - 6\frac{1}{2}''$

$L_{MIN} = 500MM = 1' - 7\frac{1}{2}''$



Considerando que el muelle es bajo y que el tipo de embarcaciones que atracarán tienen un puntal grande, el punto de apoyo de los buques estará cerca de la línea de flotación.

Suponiendo el ángulo θ de 10° (condición de atraque sin ayuda externa) tenemos que el radio r es de:

| | | |
|------|-----|----------|
| Proa | 45m | (ref. 9) |
| Popa | 70m | |

Sustituyendo en la ec. anterior tenemos :

$$2l = 2 \sqrt{45^2 - (45 - 0.402)^2} = 12.00 \text{ m proa}$$

$$2l = 2 \sqrt{70^2 - (70 - 0.402)^2} = 15.00 \text{ m popa}$$

Lo que implica que la separación a la que se deben colocar las defensas es de 12 m.

Ahora procederemos a obtener las acciones sobre los pilotes.

condición T CM + 90% CV + stmo (incluyendo grus)

de los valores obtenidos : CM = 103 T

$$90 \% CV = 0.5 \times 180 = 90 \text{ T}$$

Condición sismica de grua

$$\text{Lado mar} = 14.52 \text{ T}$$

$$\text{Lado tierra} = 6.80 \text{ T}$$

$$\text{Coeficiente sismico} = 0.10$$

$$\text{Fza. sismica} = 0.1 (103 + 90) = 19.3 \text{ T}$$

$$F H = 19.3 + 14.52 + 6.80$$

$$F H = 40.62 \text{ T} + \text{cortante sismico (neg. 29)}$$

$$F H = 40.62 + 2.88 \text{ T} = 43.50 \text{ T}$$

$$F v = 193 \text{ T}$$

Aplicando la ec (5) pag. (33)

como ya habiamos determinado :

$$Z_h = 11.02 \text{ m} \quad \text{para CW} + 90 \% CV$$

$$X_0 = 9.81 \text{ m}$$

$$Y_0 = 8.80 \text{ m}$$

$$Z_v = 0 \quad \text{tenemos}$$

$$M = 193 (11.02 - 9.81) + 43.50 (8.80)$$

$$M = 616.33 \text{ T - m} \quad \text{y tenemos finalmente}$$

$$F H = 43.50 \text{ T}$$

$$F v = 193 \text{ T}$$

$$M = 616.33 \text{ T - m}$$

Con estas acciones obtendremos las cargas axiales por pilote , para estas combinaciones de carga.

utilizando los coeficientes de la tabla IT

| | No | Kp | Fv Ke | FH KH | M Ka | Pn | Ap | Pt |
|---|------|-------|---------|---------|---------|---------|----|---------|
| | P 1 | 1 | + 16.53 | - 3.17 | - 12.32 | 3.4 | - | 3.4 |
| d | P 2 | 0.941 | + 15.05 | + 40.10 | - 6.16 | 46.09 | 66 | 112.09 |
| | P 3 | 1 | + 16.53 | - 3.17 | - 9.24 | 6.12 | 66 | 72.12 |
| | P 4 | 1 | + 16.53 | - 3.17 | - 9.24 | 6.12 | 66 | 72.12 |
| | P 5 | 1 | + 16.53 | - 3.17 | - 0.36 | 15.00 | - | 15.00 |
| t | P 6 | 0.941 | + 22.19 | - 33.71 | - 3.20 | - 13.65 | - | - 13.65 |
| | P 7 | 1 | + 16.53 | - 3.17 | + 5.97 | 21.33 | - | 21.33 |
| t | P 8 | 0.941 | + 22.19 | - 33.71 | + 3.14 | - 7.66 | - | - 7.66 |
| d | P 9 | 0.941 | + 15.05 | + 40.10 | + 13.66 | 64.93 | 46 | 110.93 |
| | P 10 | 1 | + 16.53 | - 3.17 | + 11.09 | 26.45 | 46 | 72.45 |
| t | P 11 | 0.941 | + 22.19 | - 33.71 | + 8.25 | - 3.07 | 46 | 42.91 |

Notas : Pn se obtiene utilizando la ec. (4)

Ap según la observación de la pag. (31)

Condición II

CM + CV + grua en operación máxima

$$CM = 103 \text{ T}$$

$$CV = 180 \text{ T}$$

Condición de operación máxima (pag. 38)

$$\text{Lado mar} = 6 \text{ T}$$

$$\text{Lado tierra} = 5 \text{ T}$$

coeficiente sísmico 0.1

Ahora tenemos :

$$F_v = CM + CV = 283 \text{ T}$$

$$F_H = 6 + 5 \text{ operación máxima}$$

$$F_H = 11 \text{ T}$$

Aplicando la ec. (5) de la pag. (33) y observando que $Z_h = 11.27 \text{ m}$ (pag. 36) tenemos :

$$M = 283 (11.27 - 9.81) + 11 (8.80)$$

$$M = 509.98 \text{ T - m}$$

Querendolos :

$$F_v = 283 \text{ T}$$

$$F_H = 11 \text{ T}$$

$$M = 509.98 \text{ T - m}$$

Utilizando los coeficientes de la tabla II

| | No | Kp | Fv Kw | FH KW | M Km | Pn | Ap | Pt |
|---|------|-------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|
| | P 1 | 1 | ♦ 27.17 | - 0.80 | - 10.20 | ♦ 16.16 | 79.5 | ♦ 16.17 |
| d | P 2 | 0.941 | ♦ 22.07 | ♦ 10.14 | - 5.10 | ♦ 25.51 | 59.5 | ♦ 89.01 |
| | P 3 | 1 | ♦ 27.17 | - 0.80 | - 7.85 | ♦ 16.72 | 79.5 | ♦ 78.22 |
| | P 4 | 1 | ♦ 27.17 | - 0.80 | - 7.85 | ♦ 16.72 | 79.5 | ♦ 78.22 |
| | P 5 | 1 | ♦ 27.17 | - 0.80 | - 0.30 | ♦ 26.07 | - | ♦ 26.07 |
| t | P 6 | 0.941 | ♦ 32.54 | - 8.92 | - 2.85 | ♦ 20.11 | - | ♦ 20.11 |
| | P 7 | 1 | ♦ 27.17 | - 0.80 | ♦ 4.94 | ♦ 31.31 | - | ♦ 31.31 |
| t | P 8 | 0.941 | ♦ 32.54 | - 8.92 | ♦ 2.87 | ♦ 25.02 | - | ♦ 25.02 |
| d | P 9 | 0.941 | ♦ 22.07 | ♦ 10.14 | ♦ 11.47 | ♦ 41.10 | 48.33 | ♦ 89.43 |
| | P 10 | 1 | ♦ 27.17 | - 0.80 | ♦ 9.18 | ♦ 35.95 | 48.33 | ♦ 83.88 |
| t | P 11 | 0.941 | ♦ 32.54 | - 8.92 | ♦ 6.83 | ♦ 29.03 | 48.33 | ♦ 77.36 |

Nota : Ap obtenido en la pag. (30)

Para la condición III

$$CM + CV + \text{Jalón de Bita}$$

Las acciones obtenidas son :

$$CM = 103 \text{ T}$$

$$CV = 100 \text{ T}$$

$$\text{Jalón de Bita} = 35 \text{ T} \quad (\text{pag. } 40)$$

Siguiendo el mismo procedimiento :

$$FH = 35 \text{ T}$$

$$FV = 283 \text{ T}$$

$$M = 283 (11.27 - 9.81) + 35 (8.90)$$

$$M = 721.18 \text{ T} - m$$

Haciendo uso de los coeficientes de la tabla II

| No | Kp | Fv Kw | Fh Kh | MKm | Fm |
|-------|-------|---------|---------|---------|---------|
| P 1 | 1 | + 27.17 | - 2.55 | - 14.42 | + 10.20 |
| d P 2 | 0.941 | + 22.07 | + 32.27 | - 7.21 | + 44.35 |
| P 3 | 1 | + 27.17 | - 2.55 | - 10.81 | + 13.81 |
| P 4 | 1 | + 27.17 | - 2.55 | - 10.81 | + 13.81 |
| P 5 | 1 | + 27.17 | - 2.55 | - 0.43 | + 24.19 |
| t P 6 | 0.941 | + 32.54 | - 27.12 | - 3.75 | + 1.57 |
| P 7 | 1 | + 27.17 | - 2.55 | + 6.99 | + 31.61 |
| t P 8 | 0.941 | + 32.54 | - 27.12 | + 3.67 | + 8.55 |
| d P 9 | 0.941 | + 22.07 | + 32.27 | + 16.22 | + 66.39 |
| P 10 | 1 | + 27.17 | - 2.55 | + 12.98 | + 37.60 |
| P 11 | 0.941 | + 32.54 | - 27.12 | + 9.66 | + 14.19 |

Para la condición IV

$$CM + CV + \text{Fza. de ataque}$$

Tenemos :

$$CM + CV = 293 \text{ T}$$

$$\text{Fuerza de ataque} = 90 \text{ T} / 2 \text{ ejes} = 45 \text{ T (pag. 41)}$$

Ahora tenemos :

$$F_v = 293 \text{ T}$$

$$F_H = 45 \text{ T}$$

$$M = 293 (1.45) + 45 (8.60)$$

$$M = 809.18 \text{ T} - m$$

Con la tabla II obtenemos las acciones por pilote, estas son :

| No | Kp | Fv Kw | FH KH | Mks | Ph |
|--------|-------|---------|---------|---------|---------|
| P 1 | 1 | + 27.17 | - 3.28 | - 16.18 | + 7.71 |
| d P 2 | 0.941 | + 22.04 | + 41.69 | - 8.09 | + 92.17 |
| P 3 | 1 | + 27.17 | - 3.28 | - 12.13 | + 11.76 |
| P 4 | 1 | + 27.17 | - 3.28 | - 12.13 | + 11.76 |
| P 5 | 1 | + 27.17 | - 3.28 | - 0.48 | + 23.41 |
| t P 6 | 0.941 | + 32.54 | - 34.87 | - 4.20 | - 6.14 |
| P 7 | 1 | + 27.17 | - 3.28 | + 7.85 | + 31.74 |
| t P 8 | 0.941 | + 32.54 | - 34.87 | + 4.12 | + 1.88 |
| d P 9 | 0.941 | + 22.04 | + 41.49 | + 18.20 | + 76.90 |
| P 10 | 1 | + 27.17 | - 3.28 | + 14.56 | + 38.45 |
| t P 11 | 0.941 | + 32.54 | - 34.87 | + 10.84 | + 8.51 |

Observando los resultados obtenidos de los análisis anteriores tenemos que las máximas sollicitaciones axiales son :

$$P = 112 \text{ T compresión}$$

$$P = -14 \text{ T tensión}$$

Para obtener los momentos, actuantes utilizaremos los resultados del cortante sismico ; teniendo el sismo actuando en la dirección transversal. Puesto que en el sentido longitudinal tendremos " tijeras " de pilotes que tomarán dichos momentos en forma de carga axial.

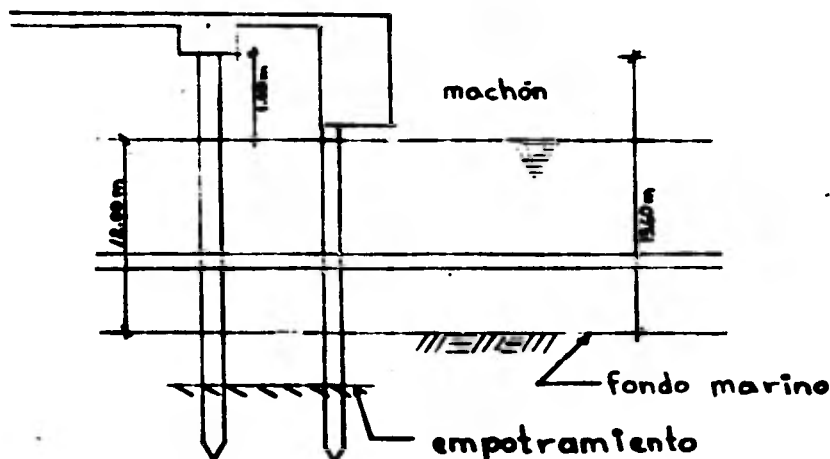
Del cortante sismico (pag. 28) observamos que el eje C absorbe el cortante mayor .

Considerando que el pilote se encuentre empotrado arriba (por la relación de rigideces trabe-pilote). Podemos considerar que el cortante se divide entre el número de pilotes que conforman el eje C , y obtendremos el momento actuante multiplicando esta fuerza unitaria, por su distancia al punto de inflexión del pilote , esto es :

La longitud entre el fondo marino y la cabeza del pilote es :

| | |
|-----------------|------------------------|
| dragado | 12.00 m |
| elevación trabe | $\frac{1.80}{13.80}$ m |

(C) (B) (A)



Para obtener a que profundidad se encuentra el empotramiento, del pilote, respecto al fondo marino utilizaremos el criterio japonés.

El número de golpes de la prueba de penetración estandar, para esta profundidad es de 24 y con la gráfica respectiva obtendremos el módulo de reacción horizontal del terreno (K h)

$$\text{Para } N = 24 \quad Kh = 4.5 \quad (\text{Kg/cm}^3)$$

Aplicando la fórmula de Cheng

$$D_e = \left(\frac{Kh \times B}{4E I} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{ref. 6})$$

Donde :

- B — Ancho del pilote (cm)
- E — Módulo de elasticidad del material del pilote
- I — Momento de inercia de la sección del pilote

$$\frac{1}{DE} \quad \text{— Profundidad de empotramiento teórico}$$

De la tabla I (pag. 25) del estudio de mecánica de suelos, observamos que el pilote de 45 cm de lado, cubre nuestras necesidades, así :

$$I = \frac{45 \times 45^3}{12} = 341,719 \text{ cm}^4$$

$$E_c = W^{1.5} \quad 4270 \quad f'c \quad (\text{A.C.T. = 63 - 1102})$$

Donde :

W — peso volumétrico del concreto

Para nuestro caso :

$$W = 2.2 \text{ T/m}^3$$

$$f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

Sustituyendo en la ecuación anterior

$$E_c = (2.2)^{1.5} (4270) (250)^{\frac{1}{2}}$$
$$E_c = 220,308 \text{ kg/cm}^2$$

sustituyendo los valores obtenidos en la fórmula de Chang

$$D_e = 5.092 \times 10^{-3} \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

Por lo que la profundidad del empotramiento es :

$$\frac{1}{D_e} = 1.96 \text{ m} \qquad 3/D_e = 5.88 \text{ m}$$

$3/D_e$ representa la longitud mínima de hincada del pilote.

La longitud total del pilote es :

| | | |
|---------------------|---|---------|
| elevación | - | 13.60 m |
| prof. empotramiento | - | 1.96 m |
| | - | 15.56 m |

Considerando las condiciones de apoyo, el punto de inflexión estará a la mitad de la longitud total

$$P.I = 15.56 \times 0.5 = 7.78 \text{ m}$$

La fuerza actuante por pilote es :

$$f_{za}/p_{za} = 47.79/69 \text{ pilotes} = 0.69 \text{ T}$$

De donde el momento actuante será :

$$M = 0.69 \times P.I = 5.36 \text{ T - m}$$

Empleando el método del Instituto de Ingeniería (ref. 12) y considerando $K = 1$ para la longitud efectiva de pandeo, tenemos :

$$\frac{h^2}{t} = \frac{k L^2}{t} = \frac{1 \times 1556}{69} = 34.57$$

Utilizando la figura 30 (ref. 12) y suponiendo $Q_1/Q_2 = - 1$

obtenemos :

$$\frac{1 - P}{3P} = 0.40$$

El momento correctivo por efectos de esbeltez será :

$$A M = \left(\frac{1 - P I}{3P} L + 2 \text{ cm} \right) \text{ Parial}$$

sustituyendo valores

$$A M = \left((0.4) (45) + 2 \right) 112,000 = 22.4 T-m$$

Y el momento total será :

$$M_t = M + AM = 5.36 + 22.4$$

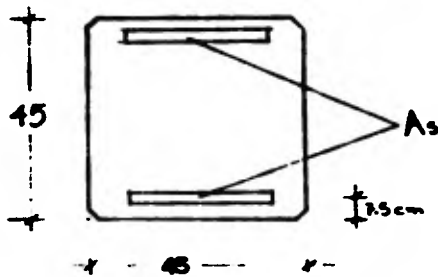
$$M_t = 27.76 T - m$$

Los elementos mecánicos últimos son :

$$P = 112 \times 1.4 = 157 T$$

$$M = 27.76 \times 1.4 = 38.9 T - m$$

De la sección propuesta tenemos :



$$b = 45 \text{ cm}$$

$$t = 45 \text{ cm}$$

$$r = 7.5 \text{ cm} \quad (\text{ pag. 153}$$

ref. 13)

$$d = 37.5 \text{ cm}$$

$$bt^3c = 45 \times 45 \times 153 = 3.09 \times 10^5$$

$$bt^2r^2c = 45 \times 45^2 \times 153 = 1.39 \times 10^7$$

calcularemos los coeficientes K y R para utilizar las gráficas de diseño

$$k = \frac{P}{bt^3c} = 0.508$$

$$\frac{d}{t} = \frac{37.5}{45} = 0.833$$

$$q = \frac{M}{bt^2r^2c} = 0.279$$

Con estos coeficientes y la figura 7 (ref. 12) tenemos que :

$$q = 0.04$$

$$p = q \frac{f_{cc}}{f_{cy}} \quad \text{sustituyendo}$$

$$p = 0.030 \quad p < p_{max} = 0.08$$

El area de acero será

$$A_s = p b l = 60.75 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas del # 8 $A = 5.07 \text{ cm}^2$

$$\# \text{ varillas} = \frac{60.75 \text{ cm}^2}{5.07} \doteq 12 \text{ piezas}$$

Para los estribos utilizaremos las recomendaciones de Saurin (ref. 13).

Quedando el armado como lo indica el plano

Para el diseño a tensión del pilote tenemos que :

$$Q_{adm} = 17.52 \text{ T} \quad (\text{pag. 25})$$

Por lo que :

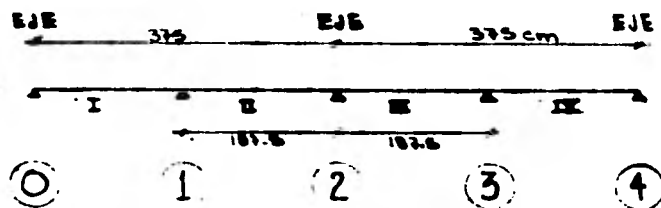
$$Q_{adm} > 14 \text{ T} \quad (\text{pag. 17})$$

Lo que implica que el pilote esta correcto. El armado propuesto, cumple, sobradamente, la condición de tensión del pilote.

c) ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE TRAPE CABEZAL

Iniciaremos esta etapa con el análisis de las traves cabezales que soportarán a la grua, esto es, los ejes C y F. Este análisis se hará por medio de líneas de influencia, haciendo el "truck" a la misma escala que las líneas y tabulando los resultados.

Para éste análisis haremos la siguiente suposición; debido a la distribución de los pilotes en dichos ejes consideramos el mas negativo para nuestro análisis y lo analizaremos como una viga continua con claros iguales. De esta manera tenemos:



Primero analizaremos lado mar, esto es, de la tabla de descarga:

$$W_m = \frac{325 \text{ T}}{8 \text{ ruedas}} = 40.6 \text{ T/rueda}$$

$$\text{Para lado tierra: } W_t = \frac{332 \text{ T}}{8 \text{ ruedas}} = 41.5 \text{ T/rueda}$$

Con las líneas de influencia y el "truck" de la grua tenemos:

X medida a partir del apoyo = 0 y coincidiendo con la primera rueda, tenemos:

Momento en el centro del claro I

| <u>Para X = 0</u> | <u>Para X = 145 cm</u> | <u>Para X = 75 cm</u> |
|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 0 | + 0.0550 | + 0.2040 |
| 2 + 0.1595 | - 0.0290 | + 0.0200 |
| 3 - 0.0254 | 0 | - 0.0240 |
| 4 - 0.0190 | + 0.0080 | + 0.0050 |
| 5 + 0.0083 | - 0.0022 | + 0.0026 |
| 6 + 0.0005 | - 0.0018 | - 0.00265 |
| 7 <u>0.0021</u> | <u>0</u> | <u>0</u> |
| + 0.1218 | + 0.03 | + 0.2089 |

Momentos en el centro del claro II

| <u>Rueda</u> | <u>X = 113 cm</u> | <u>X = 187,5 cm</u> | <u>X = 231,25 cm</u> |
|--------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | - 0.0368 | 0 | + |
| 2 | 0 | + | 0 |
| 3 | + | - 0.2670 | - 0.0177 |
| 4 | - 0.0267 | - 0.0177 | + |
| 5 | - 0.0030 | + | + |
| 6 | + | + | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 |
| | <u>+</u> | <u>+</u> | <u>+</u> |

Momentos en el apoyo 1

| <u>Rueda</u> | <u>X = 112,5 cm</u> | <u>X = 37,5 cm</u> |
|--------------|---------------------|--------------------|
| 1 | - 0.1029 | - 0.0514 |
| 2 | - 0.0367 | - 0.0954 |
| 3 | - 0.0257 | - 0.0779 |
| 4 | + | - 0.0103 |
| 5 | - 0.0010 | + |
| 6 | - 0.0063 | - 0.0041 |
| 7 | 0 | - 0.0023 |
| | <u>- 0.1540</u> | <u>- 0.2265</u> |

Momentos en el apoyo 2

| | <u>X = 37,5 cm</u> | <u>X = 243,75</u> |
|---|--------------------|-------------------|
| 1 | + | - 0.0820 |
| 2 | + | - 0.0885 |
| 3 | - 0.0716 | - 0.0754 |
| 4 | - 0.0300 | + |
| 5 | - 0.0510 | + |
| 6 | + | 0 |
| 7 | + | 0 |
| | <u>- 0.1052</u> | <u>- 0.1755</u> |

Cortantes en los apoyos

| | <u>0 y 4</u> | <u>1 y 3</u> |
|---|--------------|-----------------------|
| | <u>X = 0</u> | <u>X = - 23,43 cm</u> |
| 1 | + | 0 |
| 2 | + | + |
| 3 | - 0.0634 | + |
| 4 | - 0.0476 | + |
| 5 | + | - 0.0657 |
| 6 | 0 | - 0.0515 |
| 7 | - 0.0085 | + |
| 8 | 0 | + |
| | <u>+</u> | <u>+</u> |

Reacciones en el apoyo 1

| | <u>X = 150 cm</u> | <u>X = 168.75 cm</u> |
|---|-------------------|----------------------|
| 1 | + 0.9749 | + 1.0738 |
| 2 | + 0.7998 | + 0.5692 |
| 3 | - 0.0005 | - 0.0700 |
| 4 | - 0.1180 | - 0.0954 |
| 5 | + 0.0339 | + 0.0395 |
| 6 | <u>+ 0.0342</u> | <u>+ 0.0156</u> |
| | + 1.7243 | + 1.4727 |

Reacciones en el apoyo 2

| | <u>X = 112.5</u> | <u>X = 281.25 cm</u> | <u>X = 328.12 cm</u> |
|---|------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | - 0.1646 | + 0.6072 | + 0.8807 |
| 2 | + 0.0974 | + 1.0000 | + 0.8807 |
| 3 | + 0.9240 | + 0.3400 | + 0.0324 |
| 4 | + 0.8580 | - 0.1284 | - 0.1616 |
| 5 | - 0.0020 | - 0.0212 | 0 |
| 6 | <u>- 0.1507</u> | <u>0</u> | <u>0</u> |
| | + 1.5621 | + 1.7976 | + 1.6322 |

De lo anterior, tabulando los máximos valores obtenidos y las descargas por rueda de la grua, tenemos:

Tabla I

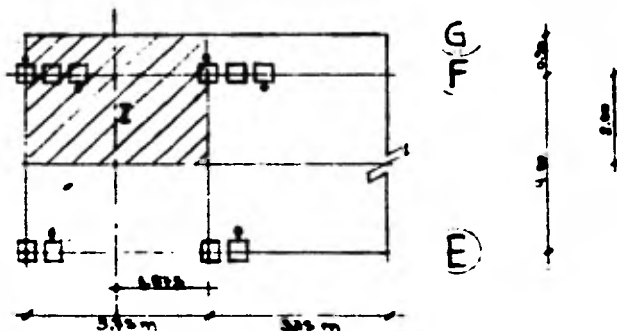
| <u>Efecto</u> | <u>Coefficiente K</u> | <u>Lado Mar</u> | <u>Lado Tierra</u> |
|---------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|
| <u>Momento</u> | | | |
| Centro de claro I | + 0.2049 | + 15.588 | + 15.943 |
| Centro del claro II | + 0.1643 | + 12.507 | + 12.735 |
| Centro de apoyo 1 | - 0.2265 | - 17.242 | - 17.624 |
| Centro de apoyo 2 | - 0.1755 | - 13.360 | - 13.656 |
| <u>Cortantes</u> | | | |
| Apoyos 0 y 4 | + 1.3030 | + 52.902 | + 54.074 |
| Apoyos 1 y 3 | + 1.4756 | + 59.910 | + 61.237 |
| <u>Reacciones</u> | | | |
| Apoyos 1 y 3 | + 1.7243 | + 71.006 | + 71.550 |
| Apoyos 2 y 4 | + 1.7976 | + 72.982 | + 74.600 |

$$M = K \times L \times Wt$$

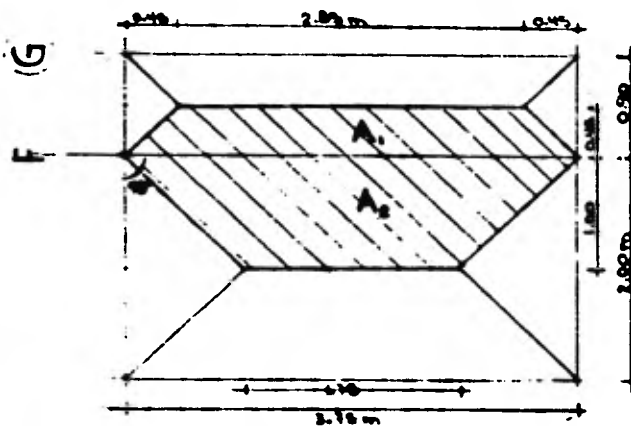
$$V = K \times Wt$$

$$R = K \times Wt$$

Consideremos ahora, los pesos aproximados de las superestructuras del muelle, por ancho unitario, esto es, area tributaria de los ejes F y G :



Ampliando el tablero I tenemos :



trabe eje F 120 x 90
 losa h = 25 cm (supuesto)

pesos :

$$\text{trabe } 1.20 \times 0.55 \times 3.75 \text{ m} \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 5.94 \text{ T}$$

$$\text{losa } A_1 = \frac{3.75 + 2.85}{2} (0.45) = 1.485 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{3.75 + 1.75}{2} (1.30) = \frac{2.75 \text{ m}^2}{A_t = 4.235 \text{ m}^2}$$

$$4.235 \text{ m}^2 \times 0.25 \text{ m} \times 2.4 \text{ T/m}^3 = \underline{2.54 \text{ T}}$$

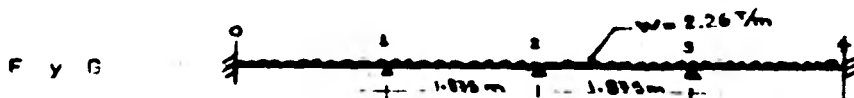
$$\frac{8.48 \text{ T}}{3.75 \text{ m}} = 2.26 \text{ T/m}$$

peso propio 2.26 T/m

carga viva 4 T/m²

$$\begin{aligned} A_t &= 4.235 \text{ m}^2 \\ 4.235 \text{ m}^2 \times 4 \text{ T/m}^2 &= 16.94 \text{ T/m}^2 \\ \frac{16.94 \text{ T/m}^2}{3.75 \text{ m}} &= 4.52 \text{ T/m} \end{aligned}$$

mediante un análisis por cross, obtendremos los elementos mecánicos correspondientes a la CM, haciendo la misma suposición de claros, que para líneas de influencia



momentos de empotramiento

$$\text{en 1l } m_e = \frac{w l^2}{8} = 2.26 (1.875)^2 \div 8 = 0.99 \text{ T-m} \approx 1 \text{ T-m}$$

$$\text{en 1d } m_e = \frac{w l^2}{12} = 2.26 (1.875)^2 \div 12 = 0.66 \text{ T-m}$$

$$\text{en 2l,d } m_e = \frac{w l^2}{12} = 0.66 \text{ T-m}$$

$$\text{en 3l } m_e = \frac{w l^2}{12} = 0.66 \text{ T-m}$$

$$\text{en 3d } m_e = \frac{w l^2}{8} = 1 \text{ T-m}$$

rigideces (suponiendo E I etc.)

$$r_1 - 0 = \frac{4 E I}{1.875} = 2.133$$

$$r_1 - 2 = \frac{3 E I}{1.875} = \frac{1.600}{3.733}$$

$$r_2 - 1 = r_{2-3} = \frac{3 E I}{3.75} = 1.600 \times 2 = 3.2$$

factores de distribución

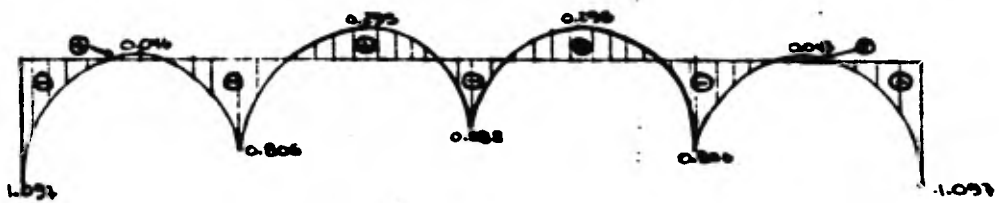
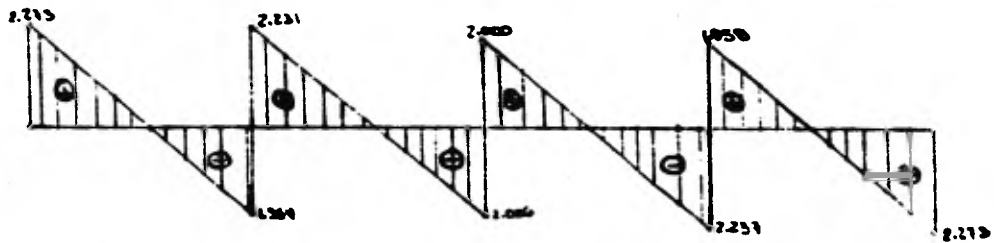
$$F D_{1-0} = -\frac{2.133}{3.733} = -0.571$$

$$F D_{1-2} = -0.429$$

$$F D_{2-1} = F D_{2-3} = \frac{1.6}{3.2} = -0.5$$

Ahora tenemos :

| | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | 1.815 | 1.815 | 1.815 | 1.815 | 1.815 | |
| | | | | 2.267m | | |
| FD | -0.531 | -0.429 | -0.5 | -0.5 | -0.429 | -0.531 |
| M_e | - | +0.66 | -0.66 | +0.66 | -0.66 | +1 |
| IRD | +0.194 | +0.145 | 0 | 0 | -0.145 | -0.194 |
| IRF | 0.097 | - | +0.072 | -0.072 | - | -0.097 |
| H_f | +1.097 | -0.806 | +0.806 | -0.806 | +0.806 | -1.097 |
| R_i | +2.118 | +2.118 | +2.118 | +2.118 | +2.118 | +2.118 |
| AR | +0.155 | -0.155 | +0.155 | -0.155 | +0.155 | -0.155 |
| R_f | +2.273 | +1.963 | +2.273 | +1.963 | +2.273 | +1.963 |
| | +2.273 | +4.196 | +4.006 | +4.196 | +2.273 | |

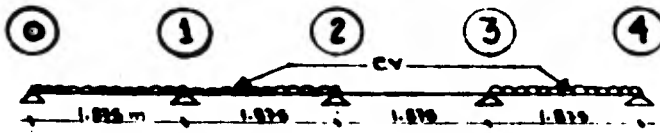


Note : Los empotramientos serán anulados, por lo tanto no se tomarán los efectos de estos .

Para carga viva tenemos :

$$CV = 4.52 \text{ T/m}$$

Y se analizará para distintas posiciones de la misma. (pag. 334 ref. B)



$$\begin{aligned} R_0 &= 0.38 WL = 3.22 \text{ T} \\ R_1 &= 1.223 WL = 10.36 \text{ T} \\ R_2 &= 0.375 WL = 3.17 \text{ T} \\ R_3 &= 0.898 WL = 5.06 \text{ T} \\ R_4 &= 0.412 WL = 3.74 \text{ T} \end{aligned}$$

$$0 \quad +1.14 \quad -1.99 \quad +0.97 \quad -0.28 \quad -0.92 \quad +1.55 \quad 0$$

momentos flexionantes



$$\begin{aligned} R_0 &= 0.446 WL = 3.78 \text{ T} \\ R_1 &= 0.512 WL = 4.84 \text{ T} \\ R_2 &= 0.461 WL = 3.93 \text{ T} \\ R_3 &= 0.572 WL = 4.84 \text{ T} \\ R_4 &= -0.054 WL = -0.45 \text{ T} \end{aligned}$$

$$0 \quad +1.98 \quad -0.85 \quad -0.56 \quad +1.28 \quad -0.86 \quad 0$$

momentos flexionantes



$$\begin{aligned} R_0 &= 0.393 WL = 3.23 \text{ T} \\ R_1 &= 1.143 WL = 9.68 \text{ T} \\ R_2 &= 0.928 WL = 7.88 \text{ T} \\ R_3 &= 1.143 WL = 9.68 \text{ T} \\ R_4 &= 0.393 WL = 3.53 \text{ T} \end{aligned}$$

$$0 \quad +1.22 \quad -1.10 \quad +0.97 \quad -1.13 \quad +0.87 \quad -1.70 \quad +1.22 \quad 0$$

momentos flexionantes

$$3.78 \quad 10.36 \quad 7.86 \quad 9.68 \quad 3.74$$

efectos mas desfavorables

$$0 \quad +1.98 \quad -1.99 \quad +0.97 \quad -1.13 \quad +1.28 \quad -1.70 \quad +1.55 \quad 0$$

esfuerzos reducidos :

$$\text{concreto } f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{acero de refuerzo } fy = 4,000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (principal)}$$

$$\text{acero de refuerzo } fy = 2,530 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (estribos)}$$

$$f'c = 0.9 (1 - Cv) f'c = 0.9 (1 - 0.15) 250 = 191.25 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'c = 0.8 f'c = 0.8 (191.25) = 153 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'cp = 0.9 (4000) = 3200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'ya = 0.9 (2,530) = 2024 \text{ Kg/cm}^2$$

limitaciones de acero

$$P_{\min} = \frac{14}{fy} = \frac{14}{4000} = 0.0035$$

$$P_{\max} = 0.75 P_b$$

$$P_b = \frac{0.003}{E_y + 0.003} \frac{f'c}{f'ey}$$

$$E_y = \frac{f'ey}{E}$$

$$E = 2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_y = \frac{3200}{2 \times 10^6} = 0.0016$$

$$P_b = \frac{0.003}{0.0016 + 0.003} \frac{153}{3200} = 0.0312$$

$$P_{\max} = 0.75 (0.0312) = 0.0234$$

Ahora determinaremos el momento último al que estará sometida la sección

$M_{uL} = 1.5 \text{ Nm} + 1.8 \text{ Mg} + 1.8 \text{ Mcv}$ (se tomará esta condición por ser la más crítica y por la factibilidad de presentarse)

$$M_{uL} = 1.5 (0.606) + 1.8 (17.624) + 1.8 (1.99)$$

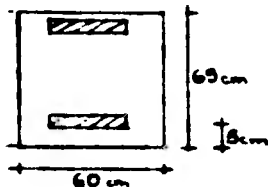
$$M_{uL} = 36.51 \text{ T - M}$$

$$M_{uL} = 3'651,000 \text{ Kg - cm}$$

Utilizando el criterio plástico (ACI) tenemos :

$$M_u = abf''c (d - a/2) \quad M = abf''cd - a^2 hf''c/2 \quad (1)$$

Suponiendo una sección de :



$$\begin{aligned} b &= 60 \text{ cm} \\ d &= 60 \text{ cm} \\ t &= 55 \text{ cm} \\ r &= 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en ec. (1)

$$\begin{aligned} 3'651,000 &= a (60) (153) (60) - a^2 (60) (153)/2 \\ - 4,590 a^2 + 550,800 a - 3'651,000 &= 0 \end{aligned}$$

simplificando

$$a^2 - 120 a + 795.42 = 0$$

resolviendo la ec.

$$a = \frac{120 \pm \sqrt{(120)^2 - 4 (795.42)}}{2}$$

$$a_1 = 7.04 \text{ cm}$$

$$a_2 = 112.95 \text{ cm}$$

tomando a_1

$$A_s = \frac{abf''c}{f_{sy}} = \frac{7.02 (60) (153)}{3200} \quad (2)$$

$$A_s = 20.19 \text{ cm}^2 \quad (\text{acero de tensión})$$

$$\# 8 = 20.28 \text{ cm}^2$$

revisando las limitaciones de acero

$$A_{smin} = \rho_{min} bd = 0.0035 (60) (60) = 12.60 \text{ cm}^2$$

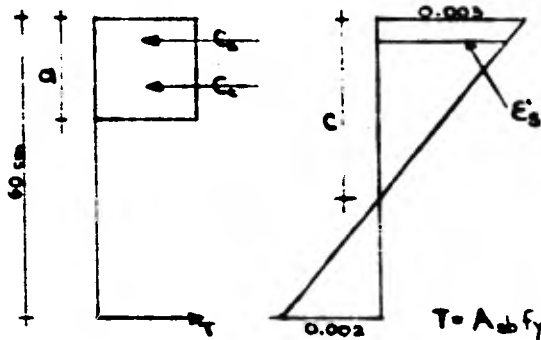
$$A_{smax} = \rho_{max} bd = 0.0234 (60) (60) = 84.24 \text{ cm}^2$$

como :

$$A_{smin} < A_s < A_{smax}$$

∴ la sección es correcta

ahora determinaré el acero de compresión



$$A_{sb} = P_b (b) (d) = 0.0312 (60) 60 = 112.32 \text{ cm}^2$$

$$T = 112.32 (4000 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$T = 449,280 \text{ Kg} \quad C_s = A'_s f_y$$

por igualdad de triángulos

$$C = \frac{0.003 \times 60}{0.005} = 36 \text{ cm}$$

$$a = 0.85 C = 30.60 \text{ cm}$$

$$C_c = 0.85 f'_c (a) (b)$$

$$C_c = 390,150 \text{ Kg.}$$

por equilibrio de fuerzas horizontales

$$C_c + C_s = T$$

$$C_s = T - C_c$$

$$C_s = 449,280 - 390,150 \text{ Kg}$$

$$A'_s f_y = C_s = 59,130 \text{ Kg}$$

$$A'_s = \frac{59,130}{4000} = 14.78$$

$$A'_s = 14.78 \text{ cm}^2$$

$$3 \text{ var } \# 2 \quad 15.21 \text{ cm}^2$$

Ahora se revisará la sección por fuerza cortante

$$V_{\Delta} = 1.5 V_{cm} + 1.8 V_g + 1.8 V_{cv}$$

Tomando los valores de los análisis anteriores tenemos :

$$V_{\Delta} = 1.5 (4.196) + 1.8 (61.237) + 1.8 (10.36)$$

$$V_{\Delta} = 135.16 T = 135,160 \text{ Kg.}$$

Cortante que toma el concreto

$$V_c = 0.5 \sqrt{f'_c} b d = 0.5 \sqrt{250} \\ (120 \times 73) = (50 \times 15) \text{ suponemos un caballete de } \\ 120 \times 80 \text{ cm.}$$

$$V_c = 63,324 \text{ Kg.}$$

el resto lo toma el acero.

$$V_{\Delta} = V_s + V_c$$

$$V_s = V_{\Delta} - V_c = 135,160 - 63,324$$

$$V_s = 71,836 \text{ Kg.}$$

$$S = \frac{A_s f_{syd}}{V_s}$$

$$S = \frac{2 (1.98) (2024) (60)}{71,836} = \frac{480,902}{71,836} \text{ utilizando varilla } \# 5 \\ A_s = 1.98 \text{ cm}^2$$

$$S = 6.70 \text{ cm} \quad E \# 5 \text{ a cada } 10 \text{ cm}$$

$$A_{v \text{ min}} = \frac{3.5 b_s}{f_{sy}} = \frac{3.5 (60) (10)}{2040} = 1.029 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$$

Sección a partir de la cual se puede considerar $S = 30 \text{ cm}$

$$V_s = \frac{480,902}{30} = 16,030$$

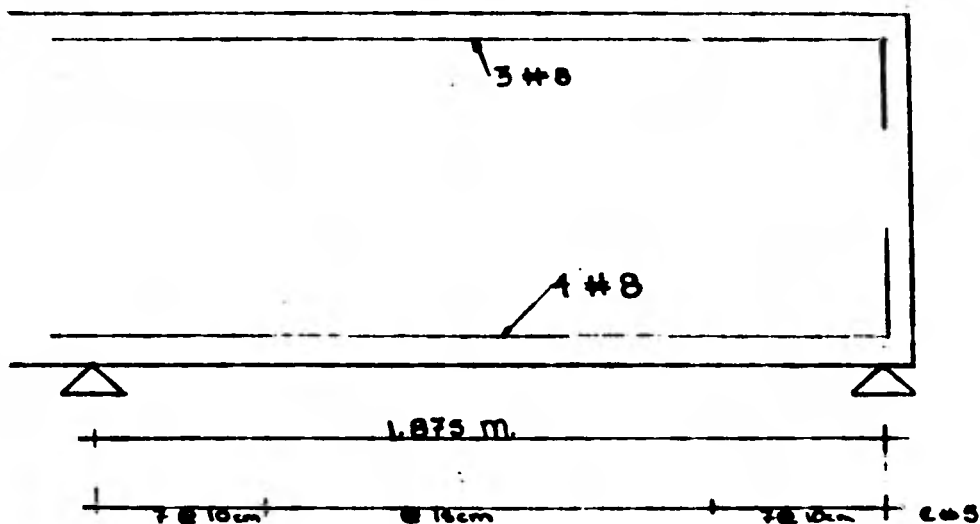
Del diagrama de fuerza cortante, por igualación, tenemos :

$$(83.54 + 86.73) \quad 1.875$$

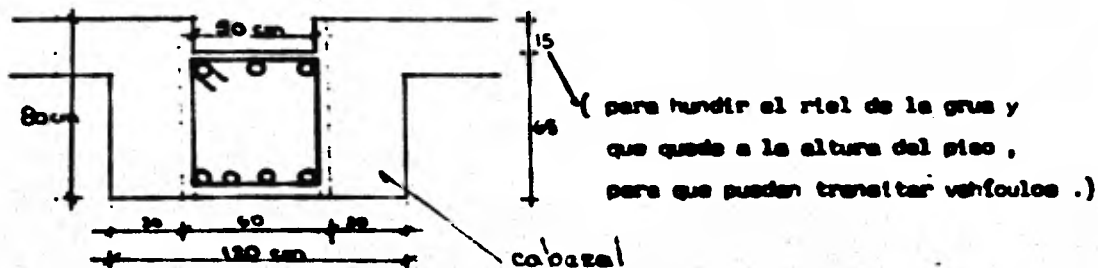
$$16.00 \quad x$$

$$x = 0.16 \text{ m. para } s = 30 \text{ cm.}$$

Lo anterior nos indica que se pondrían estribos con $s = 30 \text{ cm}$, a partir de los 75 cm aprox. considerando que nos quedarían 37 cm aprox. para colocar estribos a cada 30 cm , estos los colocaríamos a cada 15 cm . así :



pero por necesidades de construcción debemos ampliar esta trabe, para poder ligar todos los pilotes que concurrirán a ella, ésta es :



al volumen total, debemos armarlo por temperatura esto es :

$$K = 0.2 \% \text{ armado por temperatura}$$

$$V = (120 \times 60) - (50 \times 15) \text{ m} = 6650 \text{ cm}^3$$

$$A = KV = 0.002 \times 6650 = 17.70 \text{ cm}^2$$

utilizando varilla de $1/2''$ tenemos :

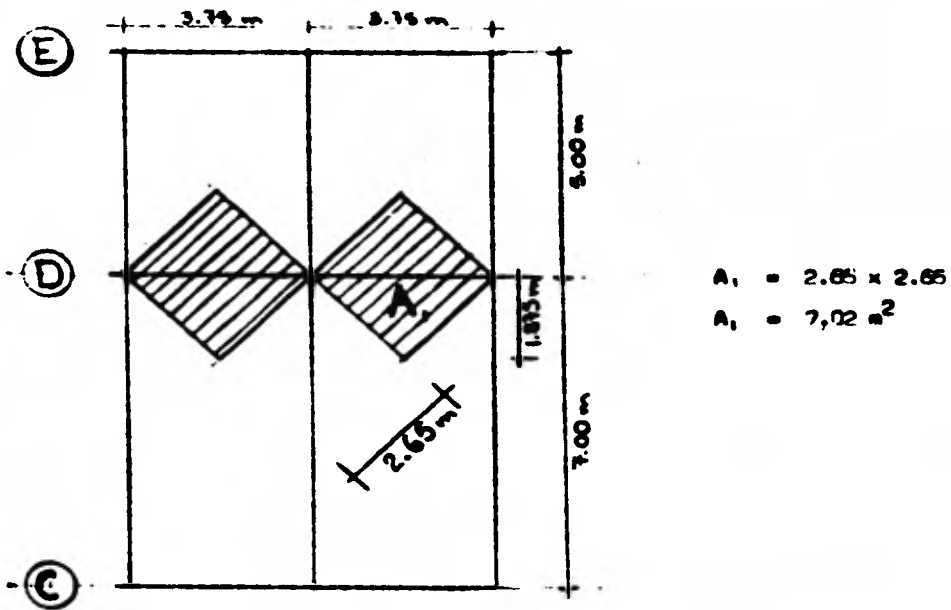
$$\text{Area} = 1.27 \text{ cm}^2 / \text{pza.}$$

$$\# \text{ pzas.} = \frac{17.70}{1.27} = 14 \text{ pzas. del } \# 4$$

Y tendremos al caberal de la manera indicada en el plano de trabes, en los ejes C y F

d) Análisis para traveses en ejes B, D y E.

Consideraremos las condiciones del eje mas crítico, eje D, para nuestro análisis



CARGA MUERTA

Trabe eje (D) (suponiendo) $1.20 \times 0.30 \text{ m}$

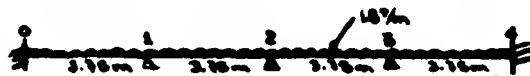
trabe $0.95 \times 0.30 \times 3.75 \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 2.56 \text{ T}$

losa $7.02 \text{ m}^2 \times 0.25 \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 4.21 \text{ T}$

$6.77 \text{ T} \div 3.75 \text{ m} = 1.8 \text{ T/m}$

Carga Viva $4 \text{ T/m}^2 \times 7.02 \text{ m}^2 \div 3.75 \text{ m} = 7.51 \text{ T/m}$

Para la carga muerta tenemos :



Momentos de empotramiento

$$m_{11} = 3d = \frac{w l^2}{8} = 3.164$$

$$m_{1d} = 3f = \frac{w l^2}{12} = 2.109$$

$$m_{21,d} = \frac{w l^2}{12} = 2.109$$

Rigideces (considerando EI = cte)

$$r_{1-3} = \frac{4EI}{L} = \frac{4}{3.75} = 1.066$$

$$r_{1-2} = \frac{3EI}{L} = \frac{3}{3.75} = \frac{0.800}{1.866}$$

$$r_{2-1} = r_{2-3} = \frac{3EI}{L} = 0.800$$

Factores de distribución

$$FD_{1-3} = - \frac{1.066}{1.866} = - 0.571$$

$$FD_{1-2} = - 0.429$$

$$FD_{2-1} = FD_{2-3} = - \frac{0.8}{1.6} = 0.500$$

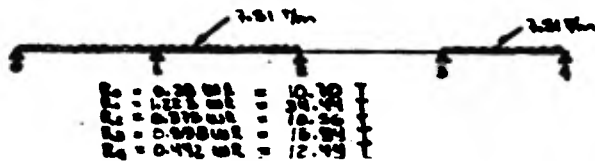
Con los datos anteriores resolveremos el problema con un análisis por cross.

1.87m

| | | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| FD | -0.571 | -0.429 | -0.5 | -0.5 | -0.429 | -0.571 |
| M ₀ | +3.164 | -3.164 | +2.109 | -2.109 | +2.109 | -2.109 |
| RD | +0.002 | +0.482 | | | -0.482 | -0.002 |
| RT | +0.201 | | +0.26 | -0.26 | | -0.201 |
| H ₀ | +3.466 | -2.462 | +2.061 | -1.053 | +1.053 | -2.061 |
| R ₁ | +3.376 | +2.376 | +2.376 | +2.376 | +2.376 | +2.376 |
| AR | +0.740 | -0.740 | +0.180 | -0.180 | +0.180 | -0.180 |
| R ₂ | +3.645 | +3.135 | +2.505 | +1.875 | +1.245 | +0.615 |
| | +2.615 | +6.69 | +6.39 | +6.09 | +5.79 | +5.49 |

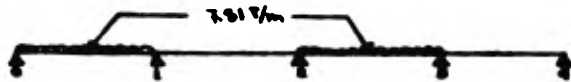
La carga viva la analizaremos para distintas posiciones de la misma,
(pag. 334 , ref. B)

carga viva = 7.51 T/m



0 +9.40 -12.72 +6.45 -1.89 -6.12 +10.22 0

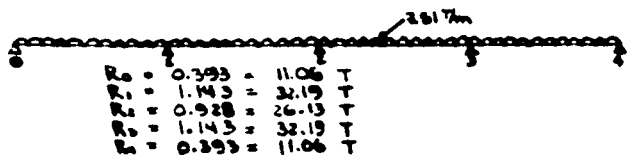
Momentos Flexionantes



R₀ = 0.446 uR = + 12.96 T
 R₁ = 0.912 uR = + 26.11 T
 R₂ = 0.446 uR = + 12.96 T
 R₃ = 0.512 uR = + 16.11 T
 R₄ = -0.004 uR = - 1.52 T

0 +0.61 -6.46 -2.17 +8.30 +2.66 0

Momentos

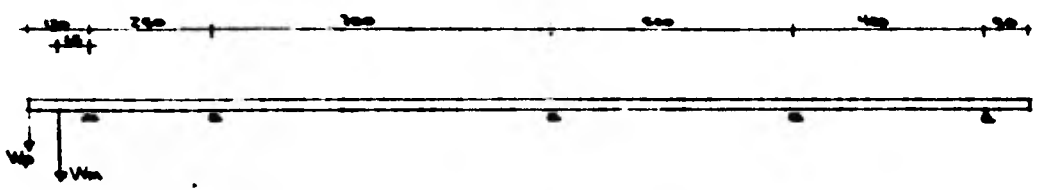


o +8.15 -11.31 +3.84 -7.94 +3.84 -11.31 +8.15 o

12.56 39.44 26.13 32.19 12.44 V |||
 o +10.91 -12.72 +6.46 -7.94 +8.56 -11.31 +10.32 o M |||

Efectos mas desfavorables

Ahora analizaremos las trabes transversales del muelle, (ejes numericos)

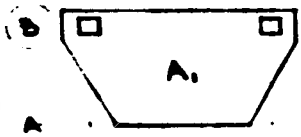


Wp peso de la pantalla, considerando su longitud tributaria el eje tendríamos (suponiendo, medidas)

$$Wp = 2.20 \text{ m} \times 0.20 \times 3.75 \text{ m} \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 3.96 \text{ T}$$

$$Wp = 3.96 \text{ T}$$

Wn peso del machón de defensa (suponiendo medidas en base a los ejes) :

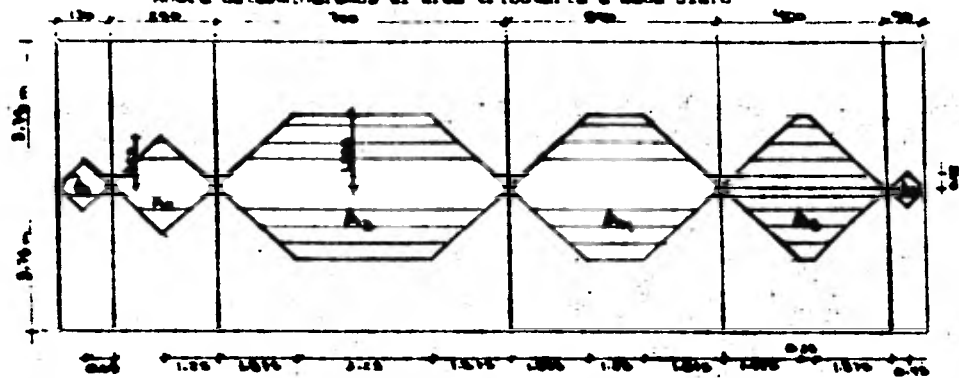


$$A_1 = 8.51 \text{ m}^2 \text{ altura} = 2.20 \text{ m}$$

$$8.51 \text{ m}^2 \times 1.95 \text{ m} \times 2.2 \text{ T/m}^3 = \frac{36.50 \text{ T}}{2} = 18.25 \text{ T}$$

$$Wn = 18.25 \text{ T}$$

Ahora determinaremos el área tributaria a cada claro



Peso propio de trabe (supuesto)

$$\text{trabe } 0.95 \text{ m} \times 0.60 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 1.37 \text{ T/m}$$

$$\text{losa } 0.25 \text{ m} \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 0.6 \text{ T/m}^2$$

| Claro | Área $\times 2$ | Carga Losa (T) | Longitud (m) | Carga Losa long. | Peso Trabe | Carga total |
|-------|-----------------|----------------|--------------|------------------|------------|-------------|
| 1 | 0.645 | 0.507 | 1.30 | 0.39 | 1.37 | 1.76 |
| 2 | 3.125 | 1.875 | 2.50 | 0.75 | 1.37 | 2.12 |
| 3 | 19.218 | 11.931 | 7.00 | 1.65 | 1.37 | 3.02 |
| 4 | 11.718 | 7.031 | 5.00 | 1.40 | 1.37 | 2.77 |
| 5 | 7.980 | 4.781 | 4.00 | 1.19 | 1.37 | 2.56 |
| 6 | 0.405 | 0.243 | 0.90 | 0.27 | 1.37 | 1.64 |

Consideraremos para nuestro análisis los ejes 40 y 41, puesto que en estos ejes se apoyará un gato hidráulico para reparaciones de la grúa. Plantando el problema,



La descarga del gato hidráulico es, en cada lado, de 55 toneladas.

Ahora obtendremos las rigideces y los momentos de empotramiento para este análisis.

Rigideces

$$r_{c-B} = \frac{3EI}{L} = 1.200$$

$$r_{c-D} = \frac{4EI}{L} = \frac{0.571}{1.771}$$

$$r_{D-c} = \frac{4EI}{L} = 0.571$$

$$r_{D-E} = \frac{4EI}{L} = \frac{0.800}{1.371}$$

$$r_{E-D} = \frac{4EI}{L} = 0.800$$

$$r_{E-F} = \frac{3EI}{L} = \frac{0.750}{1.550}$$

$$r_{F-E} = r_{F-G} = \frac{3EI}{L} = 3.33$$

Factores de distribución

$$FD_{cB} = \frac{1.200}{1.771} = -0.677$$

$$FD_{cD} = -\frac{0.571}{1.771} = -0.323$$

$$FD_{Dc} = -\frac{0.571}{1.371} = -0.416$$

$$FD_{DE} = -\frac{0.800}{1.371} = -0.584$$

$$FD_{ED} = -\frac{0.800}{1.950} = -0.592$$

$$FD_{EF} = -\frac{0.750}{1.550} = -0.408$$

$$FD_{FE} = FD_{FG} = -\frac{3.33}{6.66} = 0.500$$

MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO

Claro 1 (1.30 m) $M_{1-B} = (W_p \times 1.30) + (W_m \times 0.65) + \frac{w l^2}{2}$

$$M_{1-B} = 18.50 \text{ T-m}$$

Claro 2 (2.50 m) $M_{2-C} = \frac{w l^2}{8} = 1.65 \text{ T-m}$

Claro 3 (7.00 m) $M_{3-C} = M_{3-D} = \frac{w l^2}{12} = 12.33 \text{ T-m}$ para la carga uniforme.

Pero aquí debemos considerar la descarga de los gatos hidráulicos.

$$M_{3-C} = \frac{P_{ab}^2}{L^2} = \frac{95 (1.25) (5.75)^2}{(7.00)^2} = 46.39 \text{ T-m}$$

$$M_{3-D} = \frac{P a^2 b}{l^2} = \frac{55 (1.25)^2 (5.75)}{(7)^2} = 10.08 \text{ T-m}$$

Los momentos de empotramiento serán :

$$M_{3-C} = 12.33 + 46.39 = 58.72 \text{ T-m}$$

$$M_{3-D} = 12.33 + 10.08 = 22.41 \text{ T-m}$$

Claro 4 (4.00 m) $M_{5-E} = M_{5-F} = \frac{w l^2}{8} = 5.12 \text{ T-m}$ debido a la carga uniforme.

En este claro también tenemos la descarga del gato hidráulico.

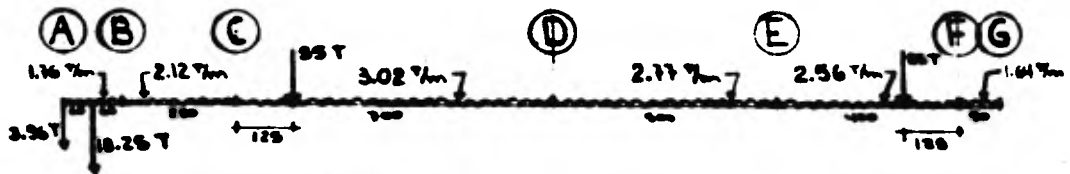
$$M_{5-E} = \frac{P a^2 b}{l^2} = \frac{55 (1.25)^2 (2.75)}{(4)^2} = 14.77 \text{ T-m}$$

Los momentos serán :

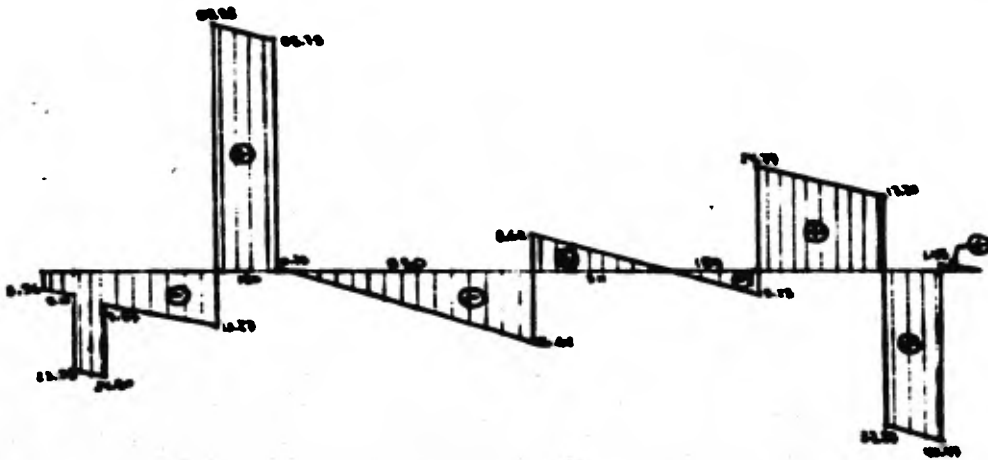
$$M_{5-E} = 5.12 + 14.77 = 19.89 \text{ T-m}$$

Claro 6 (0.90 m) $M_{6-F} = \frac{w l^2}{8} = 0.166$

Con los valores obtenidos plantearemos el cross.



| | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| FD | 0 | -0.671 | -0.323 | -0.046 | -0.384 | -0.082 | -0.468 | 0 |
| MA | -9.20 | +9.20 | -14.2 | +18.7 | -22.4 | +25.77 | -27.7 | +17.99 |
| 12D | | -28.08 | -18.933 | +8.922 | +9.777 | -8.879 | +8.761 | |
| 12T | | | +3.464 | -9.216 | -4.379 | +4.888 | | |
| 24D | | -23.13 | -1.117 | +5.872 | +7.822 | -2.816 | -1.982 | |
| 24T | | | +2.786 | -0.558 | -1.438 | +3.911 | | |
| 36D | | -1.886 | -0.879 | +0.830 | +1.166 | -2.315 | -1.595 | |
| 36T | | | +0.418 | +0.449 | -1.197 | +0.982 | | |
| 48D | | -0.281 | -0.134 | +0.668 | +0.838 | -0.374 | -0.237 | |
| 48T | | | +0.324 | -0.067 | -0.172 | +0.467 | | |
| 60D | | -0.226 | -0.107 | +0.099 | +0.139 | -0.277 | -0.191 | |
| 60T | | | +0.079 | -0.073 | -0.188 | +0.089 | | |
| 84D | | -0.083 | -0.013 | +0.079 | +0.111 | -0.041 | -0.028 | |
| 84T | | | +0.039 | -0.007 | -0.020 | +0.088 | | |
| MF | -12.20 | +12.20 | -45.08 | +45.07 | -18.59 | +18.56 | -10.03 | +10.09 |
| | | | | | | | | -0.16 |
| R1 | +21.20 | +2.60 | +1.68 | +5.75 | +20.58 | +6.92 | +6.92 | +22.31 |
| AR | | -10.62 | +10.62 | +3.78 | -3.78 | +1.70 | -1.70 | +2.48 |
| Rf | +21.20 | -1.57 | +13.27 | +5.53 | +16.81 | +8.62 | +5.21 | +24.79 |
| | +16.53 | | +72.80 | | +25.23 | | +30.00 | +44.92 |



(A) (B)

(C)

(D)

(E)

(F) (G)

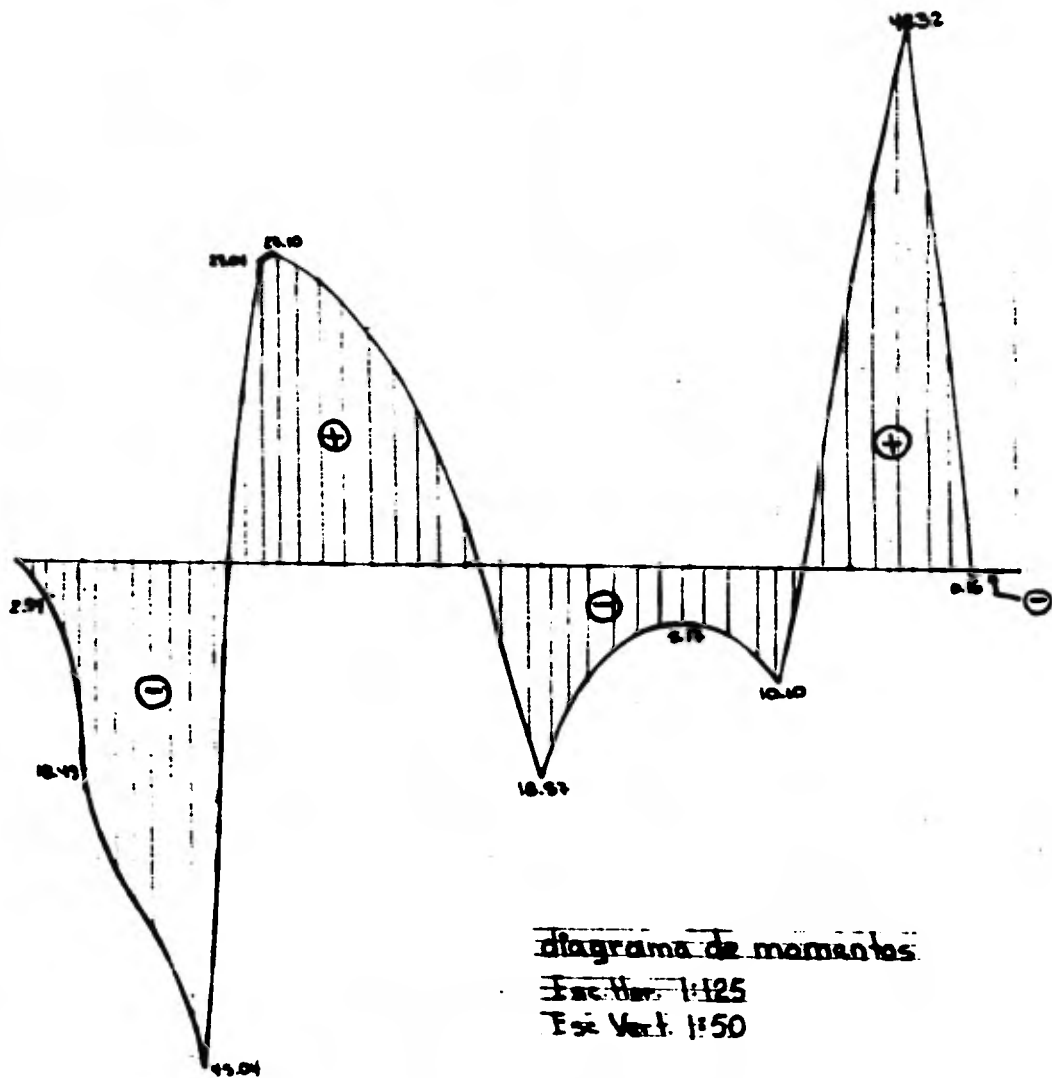
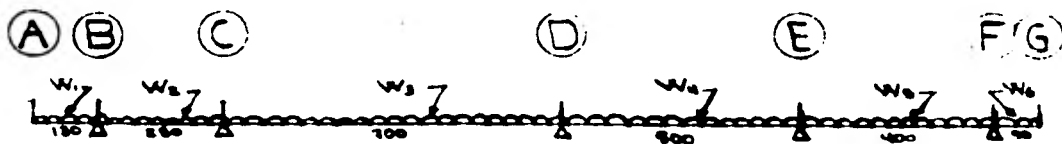


diagrama de momentos.

Esc. Hor. 1:125

Esc. Vert. 1:50

Ahora analizaremos la carga viva como uniformemente distribuida



$$CV = 4 \text{ T/m}^2$$

Con las areas obtenidas en la pag. 71, obtendremos la carga por metro

$$W_1 = 0.845 \times 4 \div 1.30 = 2.6 \text{ T/m}$$

$$W_2 = 3.125 \times 4 \div 2.50 = 5 \text{ T/m}$$

$$W_3 = 19.218 \times 4 \div 7.00 = 11 \text{ T/m}$$

$$W_4 = 11.718 \times 4 \div 5.00 = 9.37 \text{ T/m}$$

$$W_5 = 7.968 \times 4 \div 4.00 = 8 \text{ T/m}$$

$$W_6 = 0.405 \times 4 \div 0.90 = 1.8 \text{ T/m}$$

En base a estas cargas obtendremos los momentos de empotramiento

Claro 1
(1.30 m)

$$M_{1-2} = \frac{W_1 l^2}{2} = 2.20 \text{ T-m}$$

Claro 2

$$M_{2-3} = \frac{W_2 l^2}{8} = 3.90 \text{ T-m}$$

Claro 3

$$M_{3-4} = \frac{W_3 l^2}{12} = 44.91 \text{ T-m}$$

Claro 4.

$$M_{4-5} = \frac{W_4 l^2}{12} = 19.52 \text{ T-m}$$

Claro 5

$$M_{5-6} = \frac{W_5 l^2}{8} = 16 \text{ T-m}$$

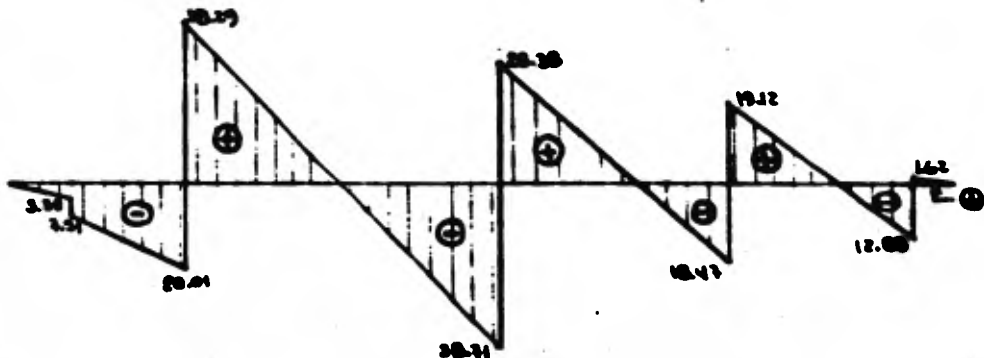
Claro 6

$$M_{6-7} = \frac{W_6 l^2}{2} = 0.73 \text{ T-m}$$

plantando el cross.



| | | | | | | | |
|----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| F.D. | -0.677 | -0.323 | -0.416 | -0.284 | -0.992 | -0.408 | |
| M ₀ | -2.20 | +2.20 | -3.30 | +4.91 | -7.92 | +6.00 | -0.72 |
| M _D | -27.83 | -13.246 | +10.842 | +11.827 | +2.083 | +1.436 | |
| 1ST | | +9.281 | -6.623 | +1.041 | +7.413 | | |
| 2ND | -3.975 | -1.708 | +2.922 | +3.239 | -4.308 | -2.024 | |
| 3RD | | +1.161 | -0.852 | -2.194 | +1.629 | | |
| 3RD | -0.786 | -0.575 | +1.267 | +1.778 | -0.924 | -0.664 | |
| 3RD | | +0.633 | +0.187 | -0.482 | +0.889 | | |
| 4RD | -0.428 | -0.204 | +0.278 | +0.390 | -0.525 | -0.262 | |
| 4RD | | +0.139 | -0.102 | -0.263 | +0.195 | | |
| 5RD | -0.094 | -0.044 | +0.151 | +0.213 | -0.115 | -0.079 | |
| 5RD | | +0.073 | -0.022 | -0.087 | +0.106 | | |
| 6RD | -0.080 | -0.024 | +0.082 | +0.046 | -0.062 | -0.043 | |
| 6RD | | +0.016 | -0.012 | -0.031 | +0.023 | | |
| 7RD | -0.010 | -0.005 | +0.017 | +0.007 | -0.013 | -0.009 | |
| 7RD | | +0.008 | -0.002 | -0.006 | -0.012 | | |
| M ₁ | -2.30 | +2.20 | -38.081 | +38.066 | -12.278 | +13.276 | -0.78 |
| | | -25.666 | +35.620 | | | | |
| R _i | +138 | +623 | +623 | +38.50 | +2342 | +6.00 | +1688 |
| AR | -8.78 | +12.76 | +0.21 | +4.96 | -4.96 | +2.13 | -2.13 |
| R _t | +138 | -7.21 | +28.41 | +38.29 | +78.71 | +28.38 | +18.46 |
| | -4.15 | +38.30 | +67.09 | | +37.59 | | +14.49 |



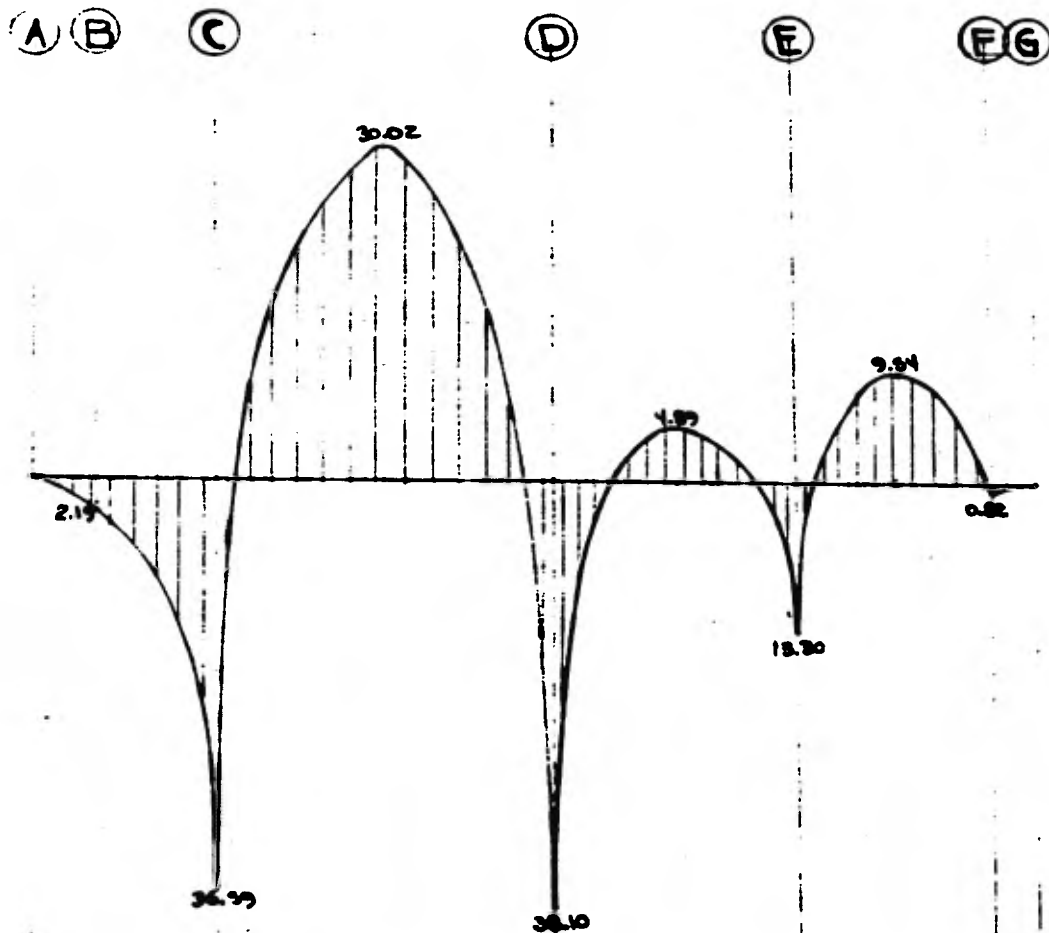


diagrama de momentos
 Esc. Hor 1:25
 Esc. Vert 1:50

Otra de las sollicitaciones importantes es la provocada por el tránsito de vehículos pesados, en este caso camión H 20 - 316 - 44.

Se analizarán las siguientes combinaciones de carga para cada claro :

I Claro Corto

Caso 1



Caso 2
(con dos variantes)

variante 1



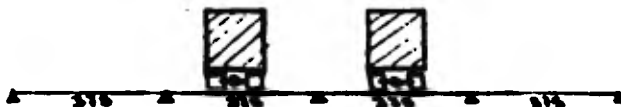
modificando la distancia de los ejes del remolque.

variante 2



II Claro Largo

Caso 1



modificando la ubicación de los camiones.

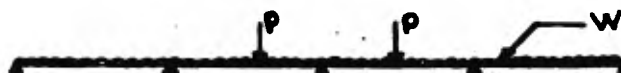
Caso 2
(con dos variantes)

variante 1

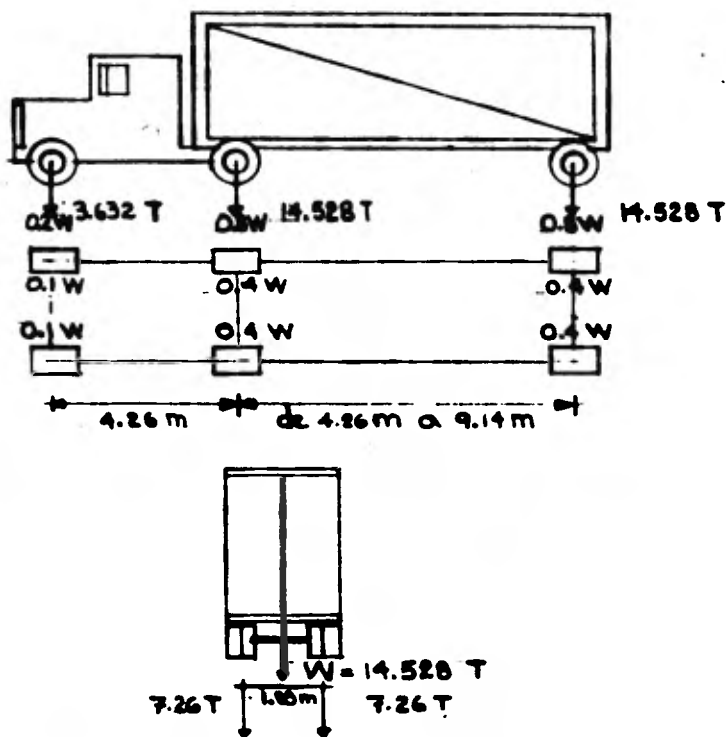


modificando la distancia entre ejes del remolque.

variante 2



Características de camión H 20 - 816 - 44 (ref. 7)



De acuerdo con las especificaciones AASHD, se debe analizar la condición siguiente:

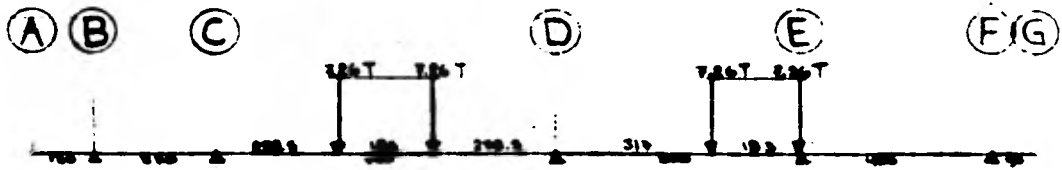


Donde $W = 953 \text{ Kg/m} = 1 \text{ T/m}$

$P = 8,172 \text{ Kg} = 8.2 \text{ T}$

y compararla con los resultados obtenidos del análisis para cargas concentradas; y por supuesto diseñar con la condición más crítica.

Para el claro corto, caso 1 tenemos:



momentos de empotramiento

$$M_{E \odot C} = \frac{P_1 a b^2}{2} + \frac{P_2 a^2 b}{2} = \frac{7.26 (2.50) (4.50)^2}{(7)^2} + \frac{7.26 (2.67)^2 (4.33)}{(7)^2} = 12.074 \text{ T-m}$$

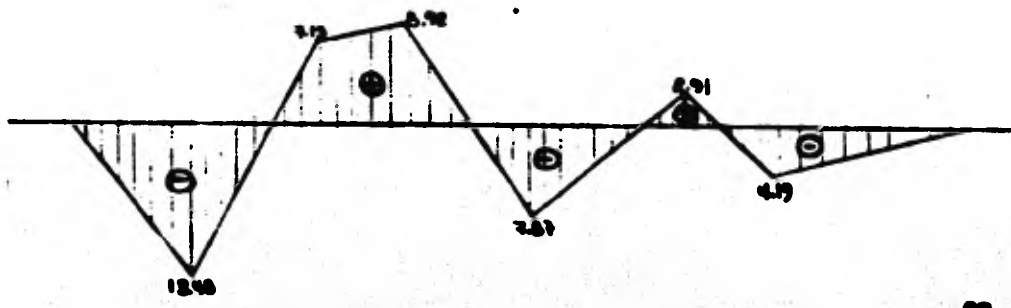
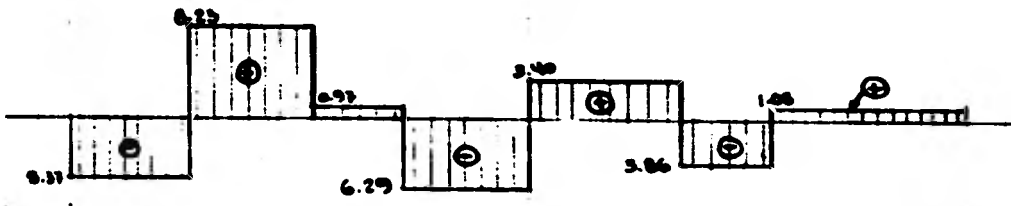
$$M_{E \ominus D} = \frac{P_1 a^2 b}{2} + \frac{P_2 a b^2}{2} = \frac{7.26 (2.50)^2 (4.50)}{2} + \frac{7.26 (2.67) (4.33)^2}{2} = 11.584 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot D} = \frac{P_1 a^2 b}{2} = \frac{7.26 (1.93)^2 (3.17)}{(5)^2} = 3.082 \text{ T-m}$$

$$M_{E \ominus D} = \frac{P_1 a b^2}{2} = \frac{7.26 (1.83) (3.17)^2}{(5)^2} = 5.340 \text{ T-m}$$

Con estos momentos plantearemos el CROSS

| | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) | (F) | (G) | | | |
|----------------|-----|---------|---------|-------|--------|--------|-----|--------|--------|-------|
| FD | | -0.677 | -0.323 | | -0.416 | -0.484 | | -0.282 | -0.408 | |
| M _D | | -12.074 | +15.074 | | -8.924 | +3.082 | | -2.240 | +5.310 | |
| 11T | | | +1.768 | | | | | +2.482 | | |
| 2D | | -1.197 | -0.524 | | -0.285 | -0.124 | | -1.465 | -1.012 | |
| 2T | | | | | | | | | | |
| 3D | | | | | +0.424 | +0.495 | | | | |
| 3T | | | +0.212 | | | | | +0.297 | | |
| 4D | | -0.143 | -0.068 | | -0.084 | -0.087 | | -0.175 | -0.121 | |
| 4T | | | | | | | | | | |
| 5D | | | | | +0.020 | +0.070 | | | | |
| 5T | | | +0.028 | | | | | +0.028 | | |
| 6D | | -0.016 | -0.008 | | -0.004 | -0.010 | | -0.020 | -0.014 | |
| 6T | | | | | | | | | | |
| H ₆ | 0 0 | -13.43 | +13.432 | | -7.857 | +7.881 | | -4.19 | +4.195 | |
| R ₁ | | | +7.44 | | +7.08 | +2.66 | | +4.20 | | |
| Δ ₂ | | -5.37 | +8.37 | +0.19 | -0.19 | +0.74 | | -0.74 | +1.06 | -1.06 |
| R ₁ | | -5.37 | +8.37 | +8.23 | +6.29 | +3.40 | | +3.25 | +1.06 | -1.06 |
| | | -5.37 | +13.60 | | +9.69 | | | +12.77 | | -1.06 |

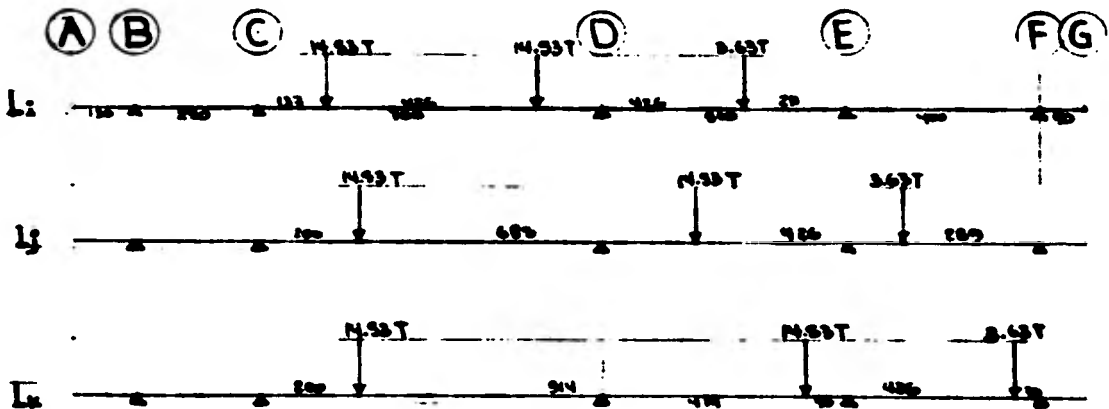


Se analizará ahora el caso 2 variante 1 para el claro corto.

Para este caso consideraremos 3 diferentes longitudes entre los ejes del remolque :

Longitud l_i 4.25 m
 l_j 6.85 m
 l_k 9.14 m

Longitud del tractor 4.25 m



Momentos de empotramiento

l_i

$$M_{\odot A} = \frac{14.53 (1.37)^2 (5.63)}{2} + \frac{14.53 (5.63)^2 (1.37)}{2} = 16.01 \text{ T - m}$$

$$M_{\odot I} = \frac{14.53 (1.37)^2 (5.63)}{2} + \frac{14.53 (5.63)^2 (1.37)}{2} = 16.01 \text{ T - m}$$

$$M_{\odot D} = \frac{3.63 (2.11)^2 (2.89)}{2} = 1.07 \text{ T - m}$$

$$M_{\odot I} = \frac{3.63 (2.89)^2 (2.11)}{2} = 2.56 \text{ T - m}$$

l_j

$$M_{E \odot d} = \frac{14.53 (2.00) (5.00)^2}{7} = 14.82 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot i} = \frac{14.53 (2)^2 (5)}{7} = 5.93 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot d} = \frac{14.53 (3.15)^2 (1.85)}{5^2} = 10.86 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot i} = \frac{14.53 (1.85)^2 (3.15)}{5^2} = 6.26 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot d} = \frac{3.63 (1.11) (2.89)^2}{4^2} = 2.10 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot i} = \frac{3.63 (2.89) (1.11)^2}{4^2} = 0.81 \text{ T-m}$$

l_k

$$M_{E \odot d} = 14.82 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot i} = 5.93 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot d} = \frac{14.53 (4.14) (0.96)^2}{5^2} = 2.21 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot i} = \frac{14.53 (4.14)^2 (0.96)}{5^2} = 9.56 \text{ T-m}$$

$$M_{E \odot d} = \frac{3.63 (3.30) (0.70)^2}{4^2} = 0.38 \text{ T-m}$$

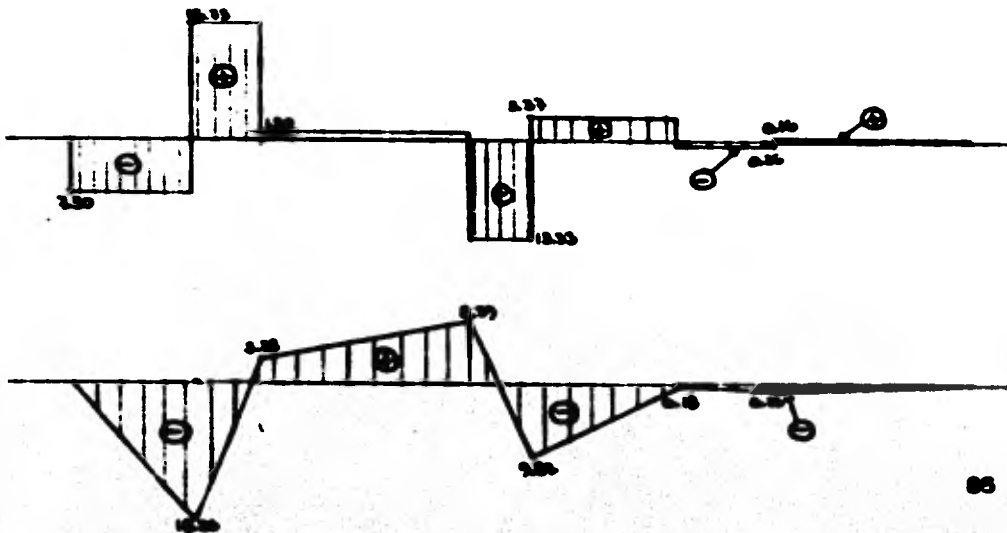
$$M_{E \odot i} = \frac{3.63 (0.70) (3.30)^2}{4^2} = 1.73 \text{ T-m}$$

resolveremos los cruces, con los factores de distribución ya obtenidos (pag. 72).

para Lt



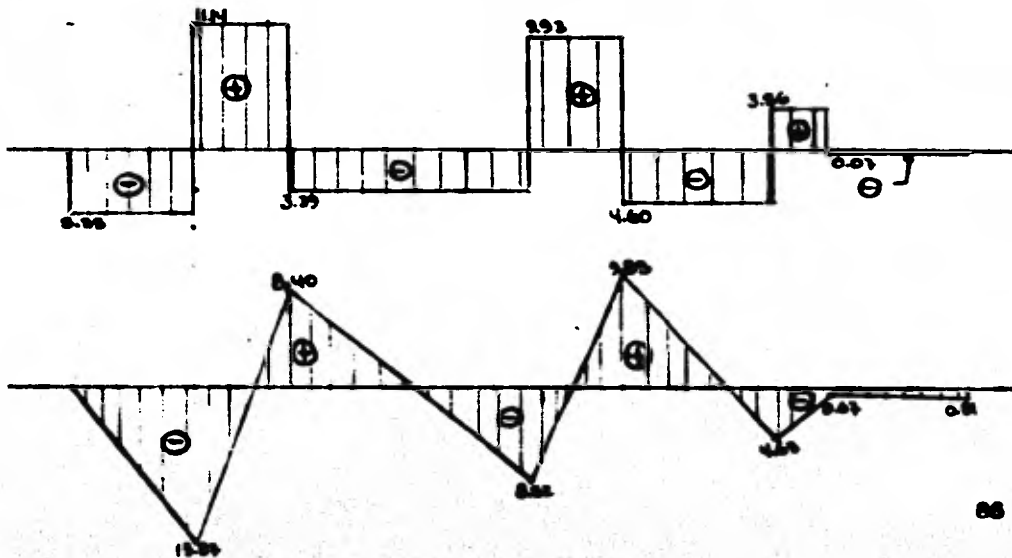
| | | | | | | | | | |
|----------------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--|
| FD | -0.617 | -0.325 | | -0.416 | -0.584 | | -0.892 | -0.408 | |
| M _z | -16.01 | +16.01 | | -16.01 | +16.01 | | -2.56 | +2.56 | |
| 1:0 | | | | | | | | | |
| 1:1 | | | | | | | | | |
| 1:2 | | | | | | | | | |
| 2:0 | | | | | | | | | |
| 2:1 | | | | | | | | | |
| 2:2 | | | | | | | | | |
| 3:0 | | | | | | | | | |
| 3:1 | | | | | | | | | |
| 3:2 | | | | | | | | | |
| 4:0 | | | | | | | | | |
| 4:1 | | | | | | | | | |
| 4:2 | | | | | | | | | |
| 5:0 | | | | | | | | | |
| 5:1 | | | | | | | | | |
| 5:2 | | | | | | | | | |
| 6:0 | | | | | | | | | |
| 6:1 | | | | | | | | | |
| 6:2 | | | | | | | | | |
| N _f | -18.267 | +18.270 | | -9.875 | +9.870 | | -0.619 | +0.621 | |
| R _i | 0 | 0 | +14.53 | +14.53 | +1.53 | +2.10 | 0 | | |
| ΔR | -7.20 | +7.20 | +1.20 | -1.20 | +1.84 | -1.84 | +0.16 | -0.16 | |
| Z _i | -7.20 | +7.20 | +15.73 | +15.73 | +3.37 | +0.26 | +0.16 | -0.16 | |
| | | | +23.03 | +16.70 | | +0.42 | | +0.16 | |



para Lj

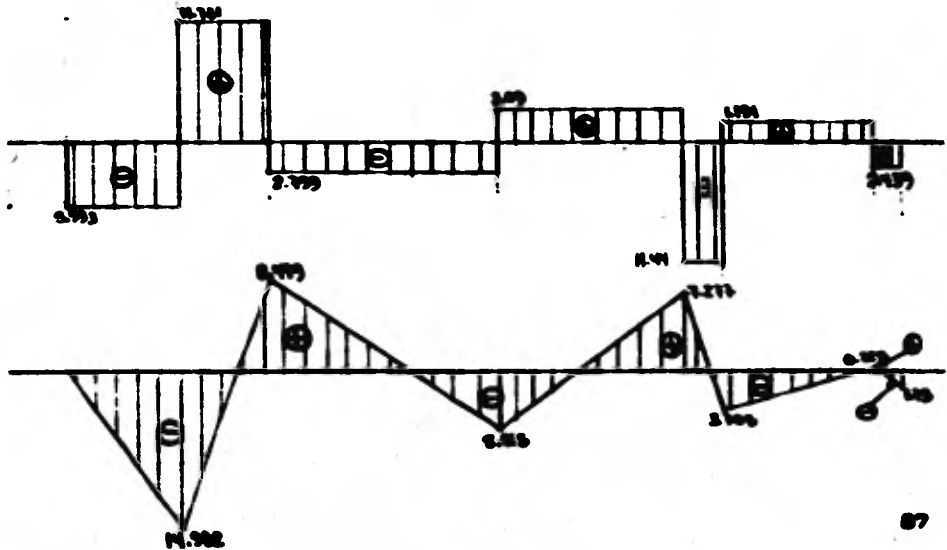
(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

| | M, 20T | | M, 20T | | 2, 40T | | | |
|-----|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| FD | -0.677 | -0.323 | -0.416 | -0.984 | -0.552 | -0.408 | | |
| Me | -14.82 | +14.82 | -5.93 | +10.66 | -6.26 | +2.10 | | |
| 1:0 | | | -1.967 | -2.762 | +2.462 | +1.697 | | |
| 1RT | | -0.983 | | +1.231 | | -1.381 | | |
| 2:0 | +0.665 | +0.317 | -0.512 | -0.79 | +0.817 | +0.663 | | |
| 2RT | | -0.286 | +0.198 | +0.408 | -0.349 | | | |
| 3:0 | +0.173 | +0.082 | -0.235 | -0.320 | +0.212 | +0.146 | | |
| 3RT | | -0.117 | +0.041 | +0.106 | -0.155 | | | |
| 4:0 | +0.079 | +0.037 | -0.061 | -0.085 | +0.077 | +0.067 | | |
| 4RT | | -0.020 | +0.018 | +0.045 | -0.042 | | | |
| 5:0 | +0.020 | +0.009 | -0.027 | -0.028 | +0.024 | +0.017 | | |
| 5RT | | -0.013 | +0.004 | +0.012 | -0.019 | | | |
| 6:0 | +0.008 | +0.004 | -0.006 | -0.009 | +0.011 | +0.007 | | |
| 6RT | | -0.003 | +0.002 | +0.005 | -0.004 | | | |
| Ht | -13.875 | +13.867 | -8.615 | +8.527 | -4.607 | +4.997 | -0.81 | +0.81 |
| R: | | +10.28 | | +4.15 | +5.38 | +2.42 | | +1.01 |
| MR | -3.95 | +5.55 | +0.76 | | -0.78 | +0.94 | | -0.94 |
| Rt | -3.85 | +2.95 | +11.14 | | +3.39 | +9.93 | | +0.07 |
| | -5.55 | +16.07 | | +13.32 | | +8.16 | | +0.07 |

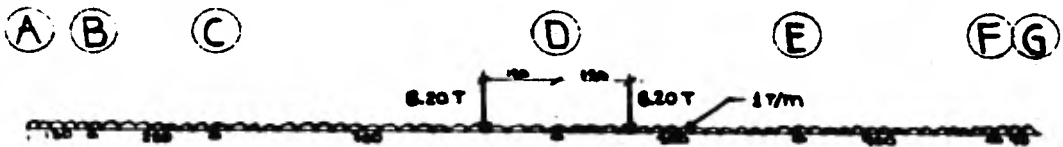


para Lk

| | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) | (F) | (G) |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| ED | -0.477 | -0.323 | | -0.416 | -0.984 | -0.932 | -0.400 |
| ME | -1.92 | +1.92 | | -2.22 | +2.21 | -2.20 | +0.20 |
| MD | | | | +1.947 | +2.172 | +2.446 | +2.783 |
| MT | | | +0.113 | | +2.123 | +1.086 | |
| 2FD | -0.123 | -0.740 | | -1.132 | -1.980 | -0.443 | -0.413 |
| 2FT | | -0.246 | | -0.210 | -0.221 | -0.796 | |
| 3FD | +0.283 | +0.183 | | +0.125 | +0.260 | +0.470 | +0.224 |
| 3FT | | +0.092 | | +0.094 | +0.205 | +0.120 | |
| 4FD | -0.062 | -0.030 | | -0.135 | -0.170 | -0.097 | -0.063 |
| 4FT | | -0.027 | | -0.015 | -0.028 | -0.025 | |
| 5FD | +0.045 | +0.021 | | +0.022 | +0.031 | +0.028 | +0.021 |
| 5FT | | +0.011 | | +0.010 | +0.028 | +0.028 | |
| 6FD | -0.009 | -0.003 | | -0.010 | -0.022 | -0.008 | -0.006 |
| 6FT | | -0.008 | | -0.001 | -0.004 | -0.011 | |
| M ₂ | -11.284 | +11.286 | | -5.499 | +5.498 | -3.986 | +3.986 |
| B ₂ | | +10.328 | | +11.152 | +2.789 | +11.741 | +0.635 |
| B _{2R} | -2.883 | +2.928 | +1.128 | -1.288 | +0.201 | -0.201 | +0.006 |
| B _{2L} | -2.993 | +2.888 | +11.721 | +2.799 | +2.889 | +11.44 | +1.78 |
| | -2.993 | +10.328 | | +5.499 | +5.499 | +12.631 | +2.439 |



Analizando la variante 2 del caso 2 para claro corto, tenemos:



$$M_{\odot i} = \frac{w l^2}{2} = \frac{1 (1.3)^2}{2} = 0.845 \text{ T - m}$$

$$M_{\odot i} = \frac{w l^2}{8} = \frac{1 (2.5)^2}{8} = 0.781 \text{ T - m}$$

$$M_{\odot d} = \frac{w l^2}{12} + \frac{P b^2 a}{2} = \frac{1 (7)^2}{12} + \frac{8.20 (1.5)^2 (5.5)}{2} = 6.154 \text{ T - m}$$

$$M_{\odot i} = \frac{w l^2}{12} + \frac{P a^2 b}{2} = \frac{1 (7)^2}{12} + \frac{8.20 (5.5)^2 (1.5)}{2} = 11.676 \text{ T - m}$$

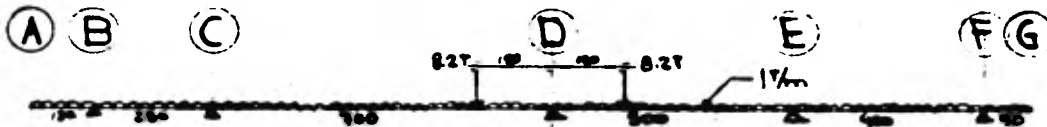
$$M_{\odot d} = \frac{w l^2}{12} + \frac{P a^2 b}{2} = \frac{1 (5)^2}{12} + \frac{8.20 (3.5)^2 (1.5)}{2} = 8.110 \text{ T - m}$$

$$M_{\odot i} = \frac{w l^2}{12} + \frac{P a b^2}{2} = \frac{1 (5)^2}{12} + \frac{8.20 (3.5) (1.5)^2}{2} = 4.666 \text{ T - m}$$

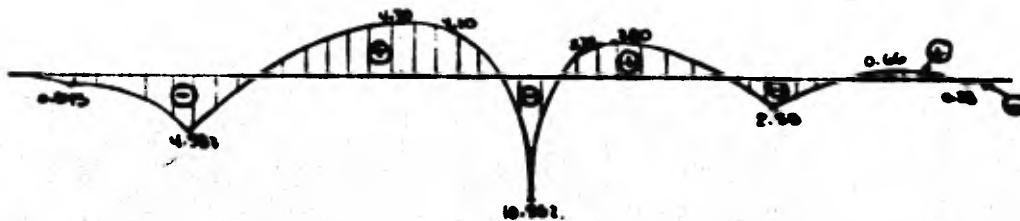
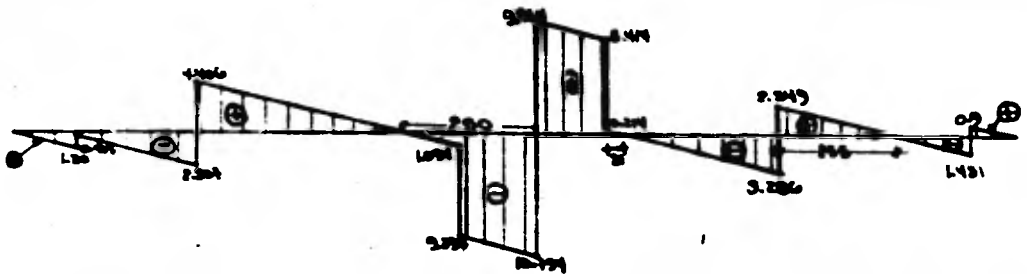
$$M_{\odot d} = \frac{w l^2}{8} = \frac{1 (4)^2}{8} = 2 \text{ T - m}$$

$$M_{\odot d} = \frac{w l^2}{2} = \frac{1 (0.9)^2}{2} = 0.405 \text{ T - m}$$

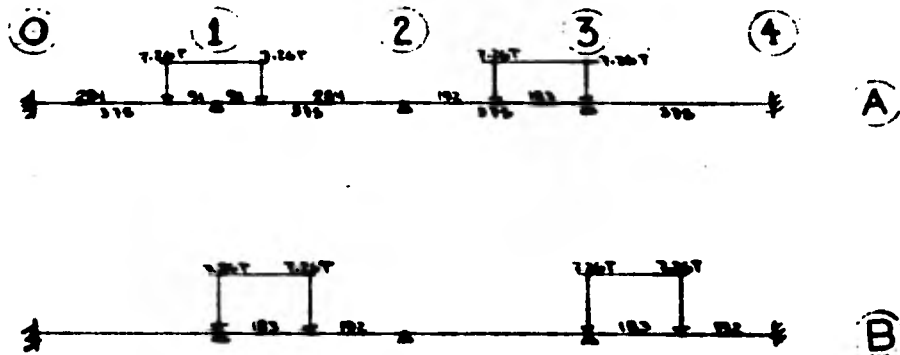
Con estos momentos y con las rigideces ya obtenidas plantearemos el cross.



| | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| FD | -0.611 | -0.323 | -0.416 | -0.284 | -0.292 | -0.408 | | | | |
| M _r | -0.222 | -0.275 | -0.701 | +6.184 | -11.676 | +9.110 | -4.666 | +2.000 | -0.405 | +0.185 |
| FD | -3.627 | -1.735 | +1.483 | +2.082 | +1.878 | +1.087 | | | | |
| WT | +0.711 | -0.867 | +0.789 | +1.041 | | | | | | |
| 2FD | -0.501 | -0.239 | +0.032 | +0.045 | -0.016 | -0.424 | | | | |
| 2FT | +0.016 | -0.119 | -0.308 | +0.022 | | | | | | |
| 3FD | -0.011 | -0.005 | +0.177 | +0.249 | -0.023 | -0.009 | | | | |
| 3FT | +0.028 | -0.007 | -0.006 | +0.124 | | | | | | |
| 4FD | -0.059 | -0.028 | +0.003 | +0.004 | -0.075 | -0.040 | | | | |
| 4FT | +0.001 | -0.014 | -0.036 | +0.002 | | | | | | |
| 5FD | 0 | 0 | +0.020 | +0.027 | -0.001 | -0.001 | | | | |
| 5FT | +0.010 | - | 0 | +0.014 | | | | | | |
| H _f | -0.215 | +0.215 | -10.963 | +10.988 | -2.988 | +2.603 | -0.406 | +0.403 | | |
| | -4.989 | +5.003 | | | | | | | | |
| R _f | +1.30 | +1.25 | +1.25 | +5.257 | +9.243 | +8.248 | +4.940 | +2.00 | +2.00 | +0.9 |
| R _r | -1.487 | +1.621 | -0.961 | +0.851 | +1.674 | -1.674 | +0.679 | -0.679 | -0.679 | |
| R _f | +1.20 | -0.487 | +2.521 | +4.406 | +10.794 | +9.924 | +3.286 | +2.849 | +1.471 | +0.50 |
| | +0.893 | +7.313 | +20.708 | | | | +2.826 | | +2.361 | |



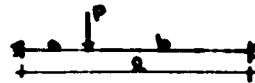
Para el claro largo, caso 1, tenemos dos modificaciones en cuanto a ubicación del camión:



Momentos del empotramiento

Modificación A

$$M_E = \frac{P a b^2}{2}$$



$$M_{01} = M_{02} = \frac{P a b^2}{2} = \frac{7.26 (2.84) (0.91)^2}{(3.75)^2} = 1.24 T - m$$

$$M_{03} = M_{04} = \frac{P b^2 a}{2} = \frac{7.26 (2.84)^2 (0.91)}{(3.75)^2} = 3.79 T - m$$

$$M_{02} = \frac{7.26 (1.83)^2 (1.92)}{(3.75)^2} = 3.32 T - m$$

$$M_{03} = \frac{7.26 (1.92)^2 (1.83)}{(3.75)^2} = 3.48 T - m$$

Modificación B

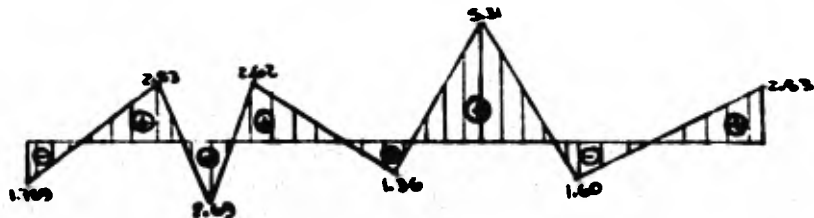
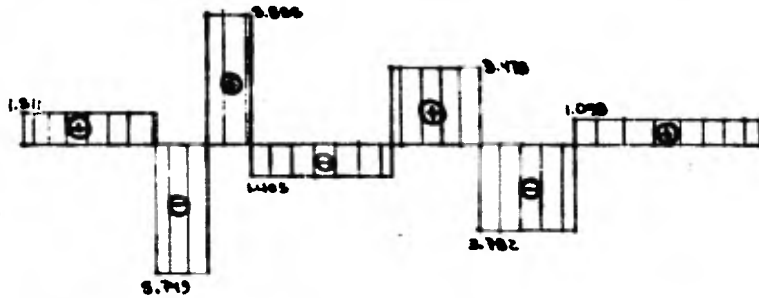
$$M_{01} = M_{02} = \frac{7.26 (1.92)^2 (1.83)}{(3.75)^2} = 3.48 T - m$$

$$M_{03} = M_{04} = \frac{7.26 (1.83)^2 (1.92)}{(3.75)^2} = 3.32 T - m$$

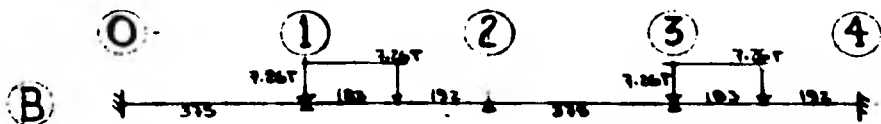
Con los factores de distribución ya obtenidos (pag.68) plantearemos los crosses para las distintas modificaciones:

caso A

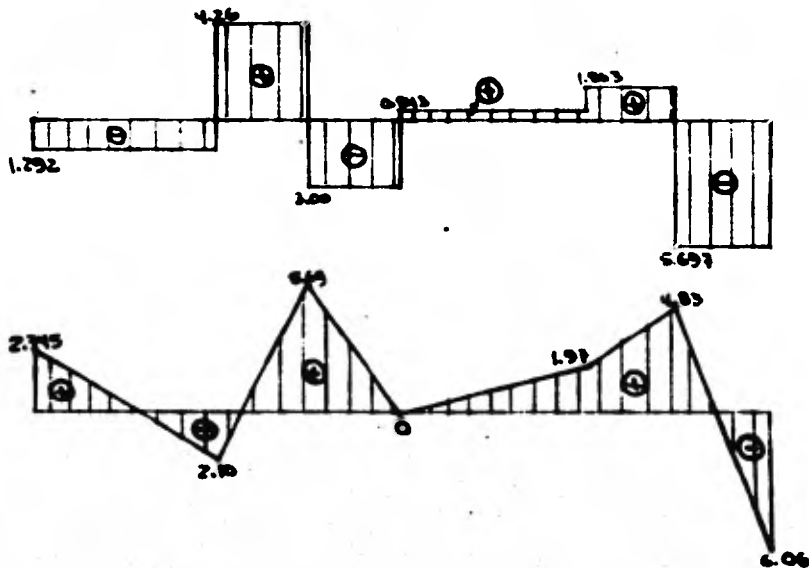
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|--------|---------------|---------------|---------------|--------|
| FD | | -0.571 -0.429 | -0.5 -0.5 | -0.429 -0.571 | |
| M _g | +1.214 | -3.79 +3.79 | +2.14 +2.32 | -3.48 -3.48 | |
| 1 ^o D | | | -2.73 -2.73 | +2.98 +2.94 | |
| 1 ^o T | | -1.36 | +1.452 | -1.36 | +1.987 |
| 2 ^o D | | +0.771 +0.881 | -0.74 -0.74 | +0.881 +0.771 | |
| 2 ^o T | +0.387 | -0.373 | +0.250 +0.250 | -0.373 | +0.287 |
| 3 ^o D | | +0.213 +0.140 | -0.29 -0.29 | +0.140 +0.213 | |
| 3 ^o T | +0.106 | -0.145 | +0.080 +0.080 | -0.145 | +0.086 |
| 4 ^o D | | +0.083 +0.082 | -0.080 -0.080 | +0.082 +0.083 | |
| 4 ^o T | +0.041 | -0.040 | +0.034 +0.034 | -0.040 | +0.04 |
| 5 ^o D | | +0.083 +0.017 | -0.081 -0.081 | +0.017 +0.083 | |
| 5 ^o T | +0.011 | -0.015 | +0.008 +0.008 | -0.015 | +0.011 |
| M _g | +1.759 | -2.697 +2.681 | -1.245 +1.261 | -1.604 +1.581 | +2.532 |
| R ₁ | +1.761 | +5.499 +5.499 | +2.761 +3.943 | +5.771 - | - |
| D ₂ | -0.280 | +0.290 +0.285 | -0.286 -0.006 | +0.006 +1.098 | -1.098 |
| R ₂ | +1.511 | +5.749 +5.885 | +1.403 +3.478 | +3.782 +1.098 | -1.098 |
| | +1.811 | +11.604 | +4.883 | +12.140 | -1.098 |



Caso B

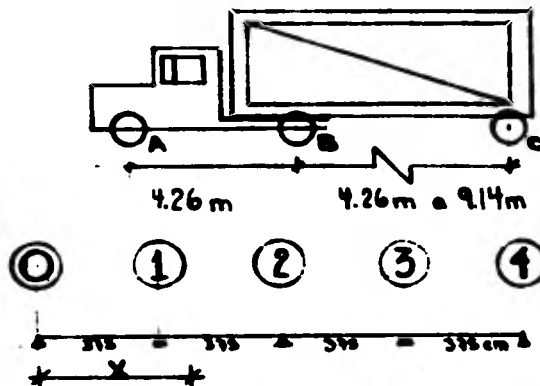


| | | | | | | |
|------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| FD | -0.671 | -0.429 | -0.5 | -0.5 | -0.429 | -0.671 |
| M_c | +3.48 | +3.48 | -3.32 | -3.32 | +3.48 | +3.48 |
| $1^o D$ | -3.974 | -2.985 | +3.32 | +3.32 | -2.985 | -3.974 |
| $1^o T$ | -1.987 | +1.66 | -1.492 | -1.492 | +1.66 | -1.987 |
| $2^o D$ | -0.947 | -0.712 | +1.492 | +1.492 | -0.712 | -0.947 |
| $2^o T$ | -0.413 | +0.746 | -0.386 | -0.386 | +0.746 | -0.413 |
| $3^o D$ | -0.426 | -0.320 | +0.386 | +0.386 | -0.320 | -0.426 |
| $3^o T$ | -0.213 | +0.746 | -0.168 | -0.168 | +0.746 | -0.213 |
| $4^o D$ | -0.101 | -0.076 | +0.168 | +0.168 | -0.076 | -0.101 |
| $4^o T$ | -0.060 | +0.080 | -0.088 | -0.088 | +0.080 | -0.060 |
| $5^o D$ | -0.045 | -0.034 | +0.088 | +0.088 | -0.034 | -0.045 |
| $5^o T$ | -0.022 | +0.019 | -0.017 | -0.017 | +0.019 | -0.022 |
| H_f | -2.745 | -2.013 | +2.006 | 0 | +2.006 | -2.013 |
| R_s | | +3.747 | +3.943 | | +3.747 | +3.943 |
| ΔR | -1.292 | +1.292 | +0.843 | -0.843 | -0.843 | +1.292 |
| R_f | -1.292 | +1.292 | +4.260 | +3.0 | +0.843 | +5.697 |
| | -1.292 | +12.812 | +3.843 | | +8.260 | +5.697 |



Analizaremos la variante 1 caso 2 para claro largo, mediante líneas de influencia.

Como tenemos variable la distancia entre ejes del remolque, haremos varios tanteos :



Tomando como referencia el eje "0" tenemos :

Condición 1 : distancia entre ejes B y C de 4.26 m

Momentos en el centro del claro 1

C en $X = 1.5 \text{ m}$

$X = 1.675 \text{ m}$

| | | | |
|-------|---|---|---------------|
| Rueda | A | + | 0.0085 |
| | B | - | 0.0275 |
| | C | + | 0.2040 |
| | | + | <u>0.1820</u> |

| | | |
|---|---|---------------|
| A | + | 0.0040 |
| B | - | 0.0220 |
| C | + | <u>0.1596</u> |
| | + | 0.1416 |

Momentos en el centro del claro 2

$X = 1.5 \text{ m}$

con A en

$X = 1.405 \text{ m}$

| | | |
|---|---|---------------|
| A | - | 0.0220 |
| B | + | 0.1495 |
| C | - | <u>0.0330</u> |
| | + | 0.0945 |

| | | |
|---|---|---------------|
| A | - | 0.0300 |
| B | + | 0.1730 |
| C | + | <u>0.0227</u> |
| | + | 0.1657 |

Momento flexionante en el apoyo 1

Con C en

| | |
|--|--|
| $X = 2.25 \text{ m}$ A + 0.005 B - 0.0388 C - 0.1029 <hr style="width: 100%;"/> - 0.1367 | $X = 0.975 \text{ m}$ A + 0.0191 B - 0.0789 C - 0.0851 <hr style="width: 100%;"/> - 0.1249 |
|--|--|

Momento flexionante en el apoyo 2

Con A en

| | |
|---|---|
| $X = 1.65 \text{ m}$ A + 0.0254 B - 0.0875 C - 0.0425 <hr style="width: 100%;"/> - 0.1046 | $X = 0.46 \text{ m}$ A + 0.0101 B - 0.0434 C - 0.0557 <hr style="width: 100%;"/> - 0.1190 |
|---|---|

Con C en

| |
|---|
| $X = 5.10 \text{ m}$ A + 0.0220 B - 0.0804 C - 0.0616 <hr style="width: 100%;"/> - 0.1200 |
|---|

Cortantes en los apoyos " 0 " y " 4 "

Con C en

| |
|--|
| $X = 0$ A + 0.0144 B - 0.0379 C + 1.0000 <hr style="width: 100%;"/> - 0.9785 |
|--|

Cortantes en los apoyos " 1 " y " 3 "

Con C en

| |
|--|
| $X = 0$ A + 0.0297 B - 0.0852 C + 1.0000 <hr style="width: 100%;"/> + 0.9845 |
|--|

Reacciones en el apoyo 1

ahora la rueda c está mas próxima al eje 0

$$\begin{array}{r} X = 3.37 \text{ m} \\ A \diamond 0.0269 \\ B - 0.0200 \\ C \diamond \underline{1.0036} \\ \diamond 1.0107 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} X = 2.74 \text{ m} \\ A \quad 0 \\ B \diamond 0.1388 \\ C \diamond \underline{0.9289} \\ \diamond 1.0666 \end{array}$$

Reacciones en el apoyo 2

$$\begin{array}{r} X = 3.28 \text{ m} \\ A - 0.0883 \\ B \diamond 1.0000 \\ C - \underline{0.0883} \\ \diamond 0.8234 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} X = 7.01 \text{ m} \\ A \quad \text{---} \\ B \quad 0 \\ C \diamond \underline{0.9028} \\ \diamond 0.9028 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} X = 6.46 \text{ m} \\ A \quad 0 \\ B \diamond 0.1439 \\ C \diamond \underline{0.8807} \\ \diamond 1.0246 \end{array}$$

Condición 2 distancia entre ejes B y C 6.85 m (considerado a partir de varios tanteos, como el que mayores efectos produce)

Momento en el centro del claro 1

Con A en

$$\begin{array}{r} X = 1.50 \text{ m} \\ A \diamond 0.2040 \\ B - 0.0275 \\ C - \underline{0.00265} \\ \diamond 0.1738 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} X = - 2.78 \text{ m} \\ A \quad \text{---} \\ B \diamond 0.2040 \\ C \diamond \underline{0.0073} \\ \diamond 0.2103 \end{array}$$

Momento en el centro del claro 2

Con A en

$$\begin{array}{r} X = 1.31 \text{ m} \\ A = 0.0300 \\ B = + 0.1730 \\ C = + 0.0099 \\ \hline + 0.1929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} X = 2.02 \text{ m} \\ A = \text{---} \\ B = 0.0377 \\ C = 0.0317 \\ \hline - 0.0894 \end{array}$$

Con C en

$$\begin{array}{r} X = + 5.02 \text{ m} \\ A = \text{---} \\ B = + 0.0099 \\ C = + 0.173 \\ \hline + 0.1829 \end{array}$$

Momento en el apoyo " 1 "

Con A en

$$\begin{array}{r} X = 1.875 \\ A = 0.1005 \\ B = 0.0551 \\ C = 0.0067 \\ \hline - 0.1623 \end{array}$$

Momento en el apoyo " 2 "

$$\begin{array}{r} X = 5.36 \text{ m} \\ A = 0.0638 \\ B = 0.0638 \\ C = \text{---} \\ \hline - 0.1276 \end{array}$$

Cortante en los apoyos " 0 " y " 4 "

Con C en X = 0

$$\begin{array}{r} A = 0 \\ B = 0.0379 \\ C = + 1.0000 \\ \hline + 0.9621 \end{array}$$

Cortante en los apoyos "1" y "3"

Con A en

$$X = - 0.52 \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} A \quad \text{-----} \\ B + 1.0000 \\ C = 0.0379 \\ \hline + 0.9621 \end{array}$$

Reacciones en los apoyos "1" y "3"

Con A en

$$X = 3.22 \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} A + 0.9922 \\ B \quad 0 \\ C + 1.0000 \\ \hline + 1.0095 \end{array}$$

Con C en

$$X = 3.37 \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} A + 0.0131 \\ B + 0.0081 \\ C + 1.0038 \\ \hline + 0.9408 \end{array}$$

Nota : aquí consideramos las ordenadas que producen el mayor efecto (por la diferencia de cargas entre A y C)

Reacciones en el apoyo 2

Con A en

$$X = 3.64 \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} A \quad \text{-----} \\ B - 0.0723 \\ C + 1.0000 \\ \hline + 0.9277 \end{array}$$

$$X = 3.9 \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} A + 0.0089 \\ B + 0.9375 \\ C \quad 0 \\ \hline + 0.9464 \end{array}$$

De los coef. totales obtenidos, consideraremos los mayores, que a su vez nos darán los valores de los coef. parciales que tendremos que utilizar para cada descarga A, B y C

| EFECTOS | Coef. total máximo | Distancia 4.26 m | | | Distancia 6.85 m | | | C | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------|-------------|--------|-----------------------|---------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | Coef. A | parciales B | C | Coef. total máximo | Coef. A | parciales B | | | | | | | | | |
| Momentos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| centro del claro 1 | + | 0.1620 | + | 0.0085 | - | 0.0275 | + | 0.2040 | + | 0.2103 | - | + | 0.2040 | + | 0.0073 | |
| centro del claro 2 | + | 0.1657 | - | 0.0300 | + | 0.1730 | + | 0.0227 | + | 0.1629 | - | + | 0.0089 | + | 0.1730 | |
| apoyo - - - - - 1 | - | 0.1367 | + | 0.0080 | - | 0.0388 | - | 0.1029 | - | 0.1623 | - | 0.1008 | - | 0.0951 | - | 0.0067 |
| apoyo - - - - - 2 | - | 0.1200 | + | 0.0280 | - | 0.0804 | - | 0.0816 | - | 0.1278 | - | 0.0838 | - | 0.0838 | - | - |
| Cortante | | | | | | | | | | | | | | | | |
| apoyos 0 y 4 | + | 0.9765 | + | 0.0144 | - | 0.0379 | + | 1.0000 | + | 0.9821 | - | - | 0.0379 | + | 1.0000 | |
| apoyos 1 y 5 | + | 0.9845 | + | 0.0297 | - | 0.0882 | + | 1.0000 | + | 0.9821 | - | + | 1.0000 | - | 0.0379 | |
| Reacciones | | | | | | | | | | | | | | | | |
| apoyo 1 | + | 1.0000 | 0 | + | 0.1388 | + | 0.9288 | + | 0.9488 | + | 0.0131 | - | 0.0881 | + | 1.0000 | |
| apoyo 2 | + | 1.0246 | 0 | + | 0.1439 | + | 0.8807 | + | 0.9784 | + | 0.0389 | + | 0.9375 | 0 | | |

utilizando como constantes

$$\begin{aligned} l &= 3.75 \text{ m} \\ P_a &= 3.63 \text{ T} \\ P_B &= 14.53 \text{ T} \\ P_c &= 14.53 \text{ T} \end{aligned}$$

y para una distancia entre ejes B y C de 4.25 m :

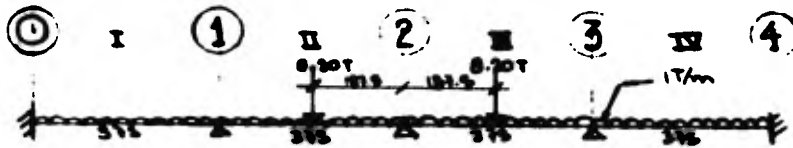
| EFECTOS | Coef. parciales | | | Resultados * | | | TOTAL | | |
|--------------------|-----------------|----------|----------|--------------|---------|----------|----------|-------|--|
| | A | B | C | A | B | C | | | |
| Momentos | | | | | | | | | |
| centro del claro 1 | + 0.0055 | - 0.0275 | + 0.2040 | + 0.075 | - 1.498 | + 11.115 | + 9.692 | T - m | |
| centro del claro 2 | - 0.0300 | + 0.1730 | + 0.0227 | - 0.408 | + 9.426 | + 1.236 | + 10.254 | T - m | |
| apoyo 1 | + 0.0050 | - 0.0366 | - 0.1029 | + 0.098 | - 2.114 | - 5.606 | - 7.652 | T - m | |
| apoyo 2 | + 0.0220 | - 0.0804 | - 0.0616 | + 0.299 | - 4.360 | - 3.366 | - 7.437 | T - m | |
| Cortantes | | | | | | | | | |
| apoyos 0 y 4 | + 0.0144 | - 0.0379 | + 1.0000 | + 0.062 | - 0.590 | + 14.53 | + 14.032 | T | |
| apoyos 1 y 3 | + 0.0297 | - 0.0662 | + 1.0000 | + 0.107 | - 0.947 | + 14.53 | + 13.69 | T | |
| Reacciones | | | | | | | | | |
| apoyo 1 | 0 | + 0.1386 | + 0.9626 | 0 | + 2.031 | + 13.989 | + 16.020 | T | |
| apoyo 2 | 0 | + 0.1439 | + 0.8607 | 0 | + 2.091 | + 12.796 | + 14.867 | T | |

para una distancia entre ejes B y C de 6.65 m :

| EFECTOS | Coef. parciales | | | Resultados * | | | TOTAL | | |
|--------------------|-----------------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|-------|--|
| | A | B | C | A | B | C | | | |
| Momento | | | | | | | | | |
| centro del claro 1 | — | + 0.2040 | + 0.0073 | — | + 11.115 | + 0.397 | + 11.512 | T - m | |
| centro del claro 2 | — | + 0.0089 | + 0.1730 | — | + 0.539 | + 9.426 | + 9.965 | T - m | |
| apoyo 1 | - 0.1005 | - 0.0651 | - 0.0087 | - 1.368 | - 3.002 | - 0.365 | - 4.730 | T - m | |
| apoyo 2 | - 0.0638 | - 0.0638 | — | - 0.668 | - 3.476 | — | - 4.144 | T - m | |
| Cortante | | | | | | | | | |
| apoyos 0 y 4 | — | - 0.0379 | + 1.0000 | — | - 0.960 | + 14.53 | + 13.98 | T | |
| apoyos 1 y 3 | — | + 1.0000 | - 0.0379 | — | + 14.53 | - 0.960 | + 13.98 | T | |
| Reacciones | | | | | | | | | |
| apoyo 1 | + 0.0131 | - 0.0681 | + 1.0000 | + 0.047 | - 0.969 | + 14.985 | + 13.643 | | |
| apoyo 2 | + 0.0389 | + 0.9375 | 0 | + 0.141 | + 13.621 | 0 | + 13.762 | | |

- * M = P1 x Q x ordenada
- V = P1 x ordenada
- R = P1 x ordenada

Ahora analizaremos la variante 2 del caso 2



Momentos de Empotramiento

Claro I

$$M_{01} = M_{01} = \frac{w l^2}{8} = 1.738 \text{ T - m}$$

Claro II

$$M_{02} = M_{21} = \frac{w l^2}{8} + \frac{P l}{2} = 1.738 + \frac{8.2 (1.875)(1.875)^2}{(3.75)^2} = 5.601 \text{ T - m}$$

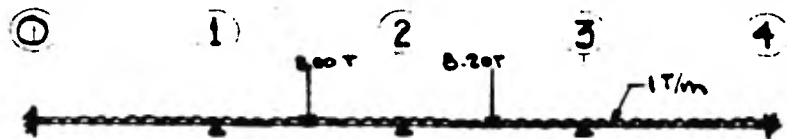
Claro III

$$M_{03} = M_{31} + 5.601 \text{ T - m}$$

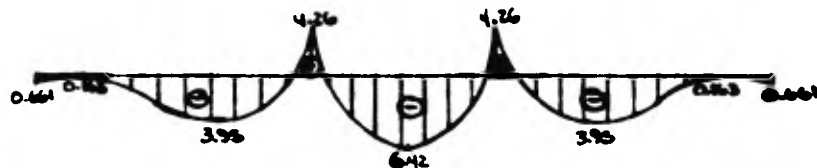
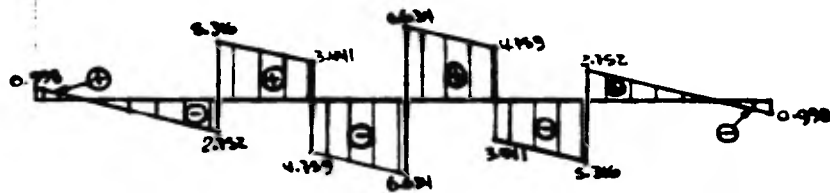
Claro IV

$$M_{04} = M_{41} = 1.738 \text{ T - m}$$

Con los factores de distribución ya obtenidos, resolveremos por cross



| | | | | | | | |
|----------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|--------|
| FD | -0.931 | -0.429 | -0.9 | -0.9 | -0.429 | -0.931 | |
| Me | +1.758 | -1.758 + 5.601 | -5.601 + 5.601 | -5.601 + 5.601 | -5.601 + 1.758 | -1.758 | |
| 17D | -2.194 | -1.648 | 0 | 0 | +1.648 | +2.194 | |
| 17T | -1.097 | | -0.824 | +0.824 | | | +1.097 |
| Hf | +0.661 | -3.952 + 3.952 | -6.425 | +6.425 | -3.952 + 3.952 | | -0.661 |
| R _i | +1.815 | +1.815 | +5.975 | +5.975 | +5.975 | +1.815 | +1.815 |
| AE | -0.817 | +0.817 | +0.639 | +0.639 | +0.639 | +0.817 | -0.817 |
| R _f | +0.998 | +2.152 | +5.316 | +0.639 + 6.631 | +5.316 | +2.152 | +0.998 |
| | | +8.068 | | +13.268 | | +8.068 | |



DISEÑO DE TRABE B, D y E

De los análisis anteriores determinaremos el momento último de dos combinaciones de carga

CM + CV

$$M = 1.5 M_{cm} + 1.8 M_{cv} = 1.5 (2.56) + 1.8 (11.51)$$

$$M = 26.73 \text{ T - m}$$

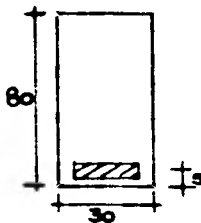
CM + Cautión

$$M = 1.5 M_{cm} + 1.8 M_{cautión} = 1.5 (2.56) + 1.8 (11.51)$$

$$M = 26.73 \text{ T - m}$$

$$M = 26.73 \text{ T - m}$$

Con los esfuerzos reducidos ya obtenidos y suponiendo una sección



$$t = 80$$

$$d = 75$$

$$b = 30$$

$$r = 5$$

Utilizando la ec. 1 pag. 9 , substituyendo los valores obtenidos y simplificando tenemos :

$$a^2 - 150 a + 1164.70 = 0$$

resolviendo la ecuación tenemos :

$$a_1 = 8.21 \text{ cm}$$

$$a_2 = 141.78 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{sb f'_{cc}}{f_y} = \frac{8.21 (30) (153)}{3200} = 11.77 \text{ cm}^2$$

revisando las limitaciones de acero

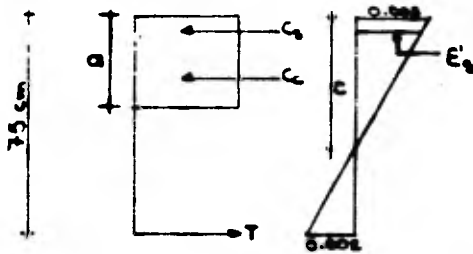
$$A_{smin} = 0.0035 (30) (75) = 7.87 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0.0234 (30) (75) = 52.65 \text{ cm}^2$$

Por lo que la sección es correcta, quedándonos el armado

$$\begin{aligned} 2 \text{ var } \# 8 &= 10.44 \text{ cm}^2 \\ 1 \text{ var } \# 6 &= \frac{1.33 \text{ cm}^2}{12.13 \text{ cm}^2} \end{aligned}$$

Ahora determinaremos el acero de compresión



$$T = A_s b f_y \quad (A)$$

$$A_s b = 0.0312 (30) (75)$$

$$A_s b = 70.20 \text{ cm}^2$$

$$T = 280,800 \text{ Kg}$$

Por igualación de triángulos

$$C = \frac{0.003 \times 75}{0.005} = 45 \text{ cm}$$

$$A = 0.85 C = 38.25 \text{ cm}$$

$$C_c = 0.85 f'_c a b = 0.85 (280) (38.25) (30)$$

$$C_c = 243,643 \text{ Kg}$$

Por equilibrio de fuerzas

$$C_c + C_s = T$$

$$C_c = 36,957 \text{ Kg.} \quad \text{con base en la ec. (A)}$$

$$A' s f_y = C_c = 36,957 \text{ Kg.} \quad \text{de donde}$$

$$A' s = 9.30 \text{ cm}^2$$

$$\text{lo que implica} \quad 2 \text{ var } \# 5 = 10.14 \text{ cm}^2$$

Ahora revisaremos la sección por fuerza cortante

$$C_M + C_{c \text{ sección}} V_{M} = 1.5 V_{cm} + 1.8 V_{c \text{ sección}}$$

$$V_{M} = 38.87 \text{ T}$$

$$\text{por lo que} \quad V_{M} = 72,020 \text{ Kg.}$$

$$C_M + C_V \quad V = 1.15 V_{cm} + 1.8 V_{cv}$$

$$V = 72.02 \text{ T}$$

Cortante que toma el concreto

$$V_c = 0.5 \sqrt{f'_c} \quad bd = 0.5 \sqrt{290} \quad (30) (75)$$

$$V_c = 17.787 \text{ Kg.}$$

El resto es tomado por el acero

$$V_u = V_a + V_c$$

$$V_a = 54,232 \text{ Kg.}$$

Considerando estribos del # 5 ($A_s = 1.98 \text{ cm}^2$) la separación de los estribos esta dada por la expresión

$$S = \frac{A_s f_y d}{V_a} \quad \text{donde } f_y \text{ es el esfuerzo reducido para el acero de los estribos (pag. 61)}$$

$$S = \frac{2 (1.98) (2040) (30)}{54,232 \text{ Kg}} = 11.08 \text{ cm}$$

$$S = 10 \text{ cm}$$

$$A_{\min} = \frac{3.5 (30) (11.08)}{2040} = 0.926 \text{ cm}^2$$

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{75}{2} = 37.5 \text{ cm}$$

Sección a partir de la cual se considerará $S = 20 \text{ cm}$

$$V_a = \frac{2 (1.98) (2040) (30)}{20} = 12,117.6 \text{ Kg}$$

Del diagrama de fuerza cortante

$x = 70 \text{ cm}$ y el armado nos quedará como indica el plano

Nota :

Se colocarán 4, vs # 5 para rigidizar los estribos

DISEÑO TRABES TRANSVERSALES.

Ahora diseñaremos las traves transversales del muelle (ejes numéricos)

$$CM + CV \quad M_{\mu} = 1.5 (48.32) + 1.8 (38.10)$$

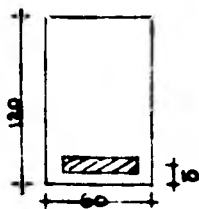
$$M_{\mu} = 141.06 \text{ T - m}$$

$$CM + Camión \quad M_{\mu} = 1.5 (48.32) + 1.8 (18.26)$$

$$M_{\mu} = 105.34$$

$$\therefore M_{\mu} = 141.06, 000 \text{ Kg - cm}$$

Suponiendo una sección y utilizando los esfuerzos reducidos obtenidos en la (pag. 61) tenemos :



$$t = 120 \text{ cm}$$

$$d = 110 \text{ cm}$$

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$r = 10 \text{ cm}$$

sustituyendo en la ec. 1 pag. 62 y simplificando, tenemos :

$$s^2 - 220 s + 3,073.20 = 0$$

resolviendo la ecuación

$$s_1 = 15 \text{ cm}$$

$$s_2 = 205 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{15 (60) (153)}{3200} = 43.03 \text{ cm}^2$$

limitaciones de acero

$$A_{smin} = 0.0035 (60) (110) = 23.10 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0.0234 (60) (110) = 154.44 \text{ cm}^2$$

lo que implica que la sección es correcta, quedándonos 9 varillas de 1"

$$A_s = 45.83 \text{ cm}^2$$

Determinaremos ahora el acero de compresión utilizando el mismo criterio adoptado

$$A_{sb} = 0.0312 (60) (110) = 208.92 \text{ cm}^2$$

$$T = 823,680 \text{ Kg}$$

Por igualación de triángulos

$$C = 66 \text{ cm} \quad a = 56.10 \text{ cm}$$

$$C_c = 0.85 f'c a b = 715,275 \text{ Kg.}$$

Por equilibrio de fuerzas

$$C_c = 108,405 \text{ Kg}$$

$$A's f_y = 108,405 \text{ Kg}$$

$$\text{Por lo que } A's = 27.10 \text{ cm}^2$$

lo que implica 8 var # 8

Revisión por fuerza cortante

CM + CV

$$V_u = 1.5 (72.80) + 1.8 (87.09)$$

$$V_u = 230 \text{ T}$$

CM + Compón

$$V_u = 1.5 (72.80) + 1.8 (23.03)$$

$$V_u = 190.66 \text{ T}$$

$$\therefore V = 210,000 \text{ Kg.}$$

cantidades que toma el concreto

$$V_c = 0.5 \sqrt{250} (60) (110) = 92,177.6 \text{ Kg.}$$

El resto es tomado por el acero

$$V_s = 230,000 - 92,177.6 = 177,823 \text{ Kg.}$$

Considerando estribos de 2 piezas del # 5 ($A_s = 1.98 \text{ cm}^2$)

$$A_s = 4 (1.98) = 7.92 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{7.92 (2040) (110)}{177,823} = 9.99 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

$$A_{stn} = \frac{3.5 (30) (10)}{2040} = 0.51 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{110}{2} = 55 \text{ cm}$$

$$S = 15 \text{ cm}$$

$$V = \frac{7.92 (2024) (110)}{15} = 17,954 \text{ Kg}$$

Del diagrama de fuerza cortante

$$X = 6.15 \text{ m}$$

para $S = 30 \text{ cm}$

$$V_s = \frac{7.92 (2024) (110)}{30} = 98,777$$

$$X = 3.073 \text{ m}$$

Para el claro de 2.50 m

$$V = 1.5 (72.80) + 1.8 (98.30)$$

$$V = 214.14 \text{ T } 214,140 \text{ Kg}$$

$$V_s = 161,963 \text{ Kg}$$

$$S = \frac{7.92 (2024) (110)}{161.963} = 10.97 \text{ cm} \Rightarrow 10 \text{ cm}$$

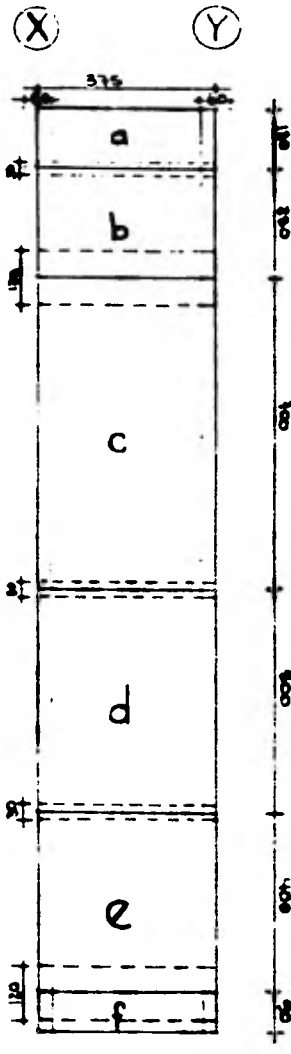
Para $S = 15 \text{ cm}$

$$V_s = \frac{7.92 (2024) (110)}{15} = 118,483 \text{ Kg}$$

$$X = 3.72$$

Lo que implica que todos los estribos irán a cada 10 cm.

) Análisis y Diseño para tableros de losa



Esc. 1:125

Acotación en cm

Carga viva 4 T/m^2

CM (suponiendo $h=0.25\text{m}$)

$0.25 \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 0.6 \text{ T/m}^2$

Carga total :

$W = 4.6 \text{ T/m}^2$

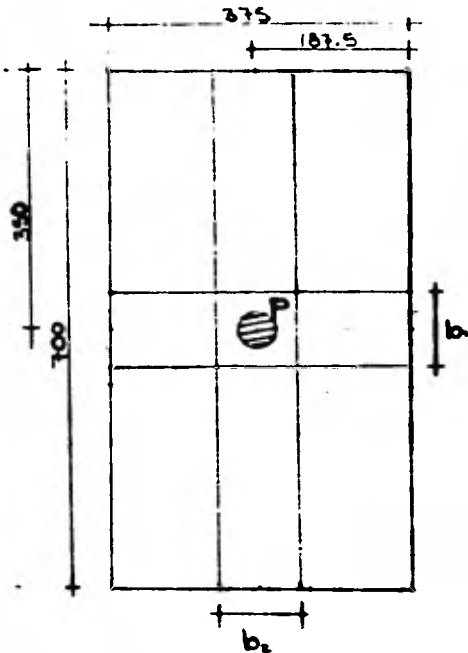
de la p.p. (61)

$f'c = 153 \text{ Kg/cm}^2$

$f'yp = 3200 \text{ Kg/cm}^2$

$P_{min} = 0.002$

Se analizará la losa c que es la mas crítica.



Suponiendo la carga concentrada en el centro del claro de la losa, tenemos :

El ancho de la llanta esta dado por :

$$i = / 456 \text{ Kg} \quad (\text{ref. } 7 \text{)}$$

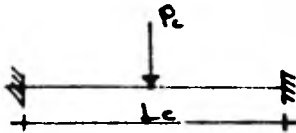
Esto implica que, teniendo descargas por rueda de 7205 Kg el ancho de cada rueda será :

$$16 = (40 \text{ cm})$$

b_1 y b_2 son los anchos unitarios, en los cuales obra la carga; de esta manera :

Suponiendo que se tienen 40 cm de apoyo longitudinal

Para el claro corto tenemos :



La deflexión en el centro del claro está dado por la expresión

Para el claro largo :

$$A_c = \frac{P_c L_c^3}{192 EI}$$



$$A_l = \frac{P_l L_l^3}{192 EI}$$

Como en estos puntos la flecha es igual en ambos sentidos

$$A_c = A_l$$

$$\frac{P_c L_c^3}{192 EI} = \frac{P_l L_l^3}{192 EI}$$

simplificando $P_c = \frac{P_l L_l^3}{L_c^3}$

$$P_c = \frac{192 P_l L_l^3}{192 L_c^3} = \frac{P_l (700)^3}{(375)^3}$$

$$P_c = 6.504 P_l \quad (1)$$

Pero también tenemos que :

$$P_t = P_c + P_l \quad P_t = 7.25 T = 7260 \text{ Kg}$$

$$7260 \text{ Kg} - P_c = P_l \quad \text{sustituyendo en (1)}$$

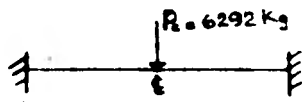
$$P_c = 6.504 (7260 - P_c)$$

$$P_c = 47,219.04 - 6,504 P_c$$

$$P_c = 6,292 \text{ Kg}$$

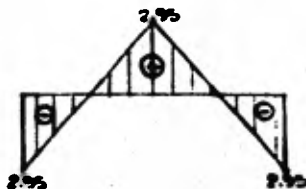
$$P_l = 968 \text{ Kg}$$

Ahora tenemos

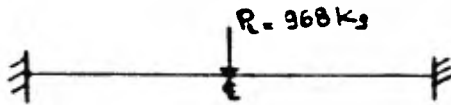


$$M_{\max} = \frac{P_l}{8} = \frac{6292 (375)}{8}$$

$$M_{\max} = 2.949 T - m$$



centro del claro



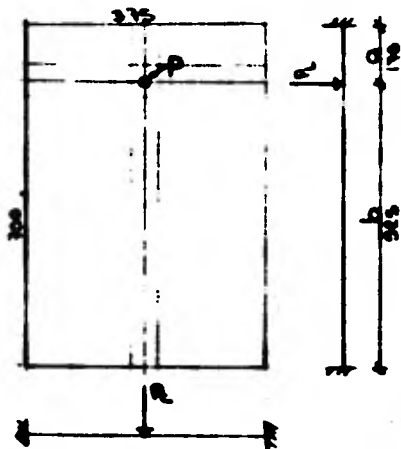
$$M_{\max} = \frac{P_l L_l}{8} = \frac{968 (700)}{8}$$

$$M_{\max} = 0.847 T - m$$

en el centro y los extremos



Considerando la carga en otro punto



En este punto también se cumple que

$$A_2 = A_1$$

Por lo que tenemos

$$A_2 = \frac{P_2 L_2^3}{192 EI} \quad 2$$

$$A_1 = P_1 \frac{b^3}{3 L_1^3} \quad 3 \text{ igualando 2 y 3}$$

$$\frac{P_1 b^3}{3 L_1^3} = \frac{P_2 L_2^3}{192 EI} \text{ simplificando}$$

$$\frac{P_1 b^3 (192)}{3 L_1^3 L_2^3} = P_2 \quad 4$$

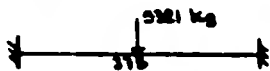
Aplicando la eq. 4 y sustituyendo

$$P_2 = \frac{(7000) \frac{3}{3} \frac{b^3}{L_1^3} (192)}{L_2^3} = \frac{(7000 - P_2) (175)^3 (192)^3 (192)}{(700)^3 (375)^3}$$

$$P_2 = 2.744 (7000 - P_2)$$

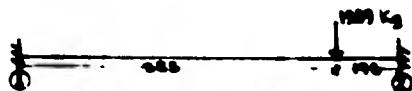
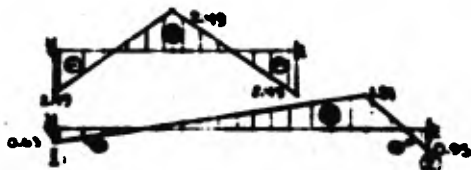
$$\therefore P_2 = 5321 \text{ Kg}$$

$$\therefore P_1 = 1939 \text{ Kg}$$



$$M_{max} = \frac{P_2 L_2}{8} = \frac{5321 (375)}{8}$$

$$M_{max} = 2.684 \text{ T - m}$$

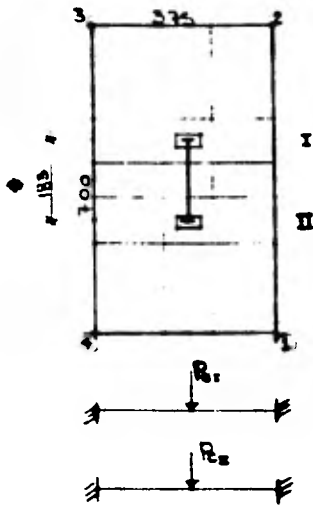


$$u_1 = \frac{P_1 b^2}{(700)^2} = \frac{1939 (375)(175)^2}{(700)^2} = -0.636 \text{ T - m}$$

$$u_2 = \frac{P_1 L_2^2}{2} = \frac{1939 (175) (375)^2}{(700)^2} = 1.908 \text{ T - m}$$

$$M_2 = \frac{2 P_1 b^2 L_2^2}{L_1^3} = \frac{2 (1939) (175) (375)^2}{(700)^3} = 0.984 \text{ T - m}$$

Considerando dos cargas en la misma magnitud

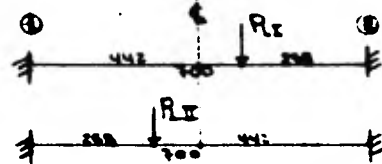


En la intersección de las franjas, las flechas son iguales

$$A_I = A_C I$$

$$A_I = A_C II$$

En los puntos respectivos



Para el claro corto

$$A_C I = A_C II = \frac{P_c L_c^3}{192 EI}$$

Para el claro largo

$$A_I I = A_I II = \frac{P_l^3 b^3}{3 EI L_l^3}$$

Igualando las flechas

$$A_C I = A_I I$$

$$\frac{P_c L_c^3}{192 EI} = \frac{P_l^3 b^3}{3 EI L_l^3}$$

simplificando llegamos a la ec. (4)

$$P_c = \frac{P_l^3 b^3 (192)}{3 L_l^3 L_c^3} \quad (4)$$

Sustituyendo valores y aplicando la ec. b

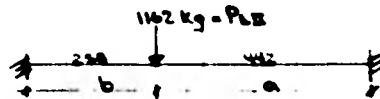
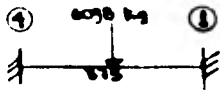
• distancia entre rueda de un camión tipo H 20 - 816 - 44

$$P_c = \frac{(7260 - P_c) (298)^2 (442)^3 (192)}{3 (700)^3 (375)^3} = 5.247 (7260 - P_c)$$

$$\therefore P_c = 6,088 \text{ Kg}$$

$$P_1 = 1162 \text{ Kg}$$

ahora tenemos



$$M_{max} = \frac{P_c l_c}{8} = \frac{6098 (375)}{8}$$

$$M_{max} = 2.858 \text{ T} - \text{m}$$

pero como se superponen los efectos

$$M_{max} = 5.716 \text{ T} - \text{m}$$

Para la carga P1 I

$$M_1 = \frac{P_1 a^2 b}{l^2} = \frac{1162 (298)^2 (442)}{(700)^2} = 0.697 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_2 = \frac{P_1 b^2 a}{l^2} = \frac{1162 (298) (442)^2}{(700)^2} = 1.195 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_c = \frac{2 P_1 a b^2}{l^2} = \frac{2 (1162) (298)^2 (442)}{(700)^2} = 0.881 \text{ T} - \text{m}$$

Para la carga P1 I

$$M_1 = 1.195 \text{ T} - \text{m}$$

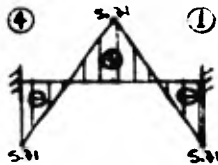
$$M_2 = 0.697 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_c = 0.881 \text{ T} - \text{m}$$

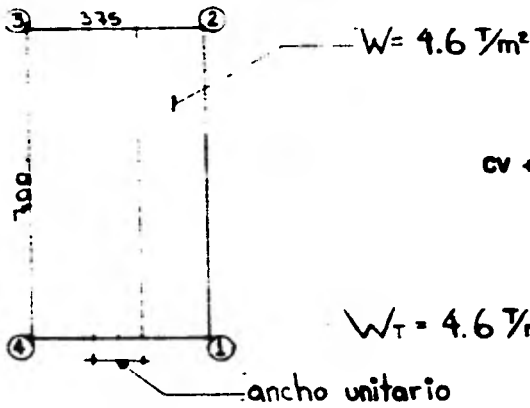
$$\therefore M_1 = 1.892 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_2 = 1.892 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_c = 1.762 \text{ T} - \text{m} \quad \textcircled{2}$$



Considerando carga viva + carga muerta (uniformemente distribuidas)



$$CV + CM = 4 \cdot T/m^2 + 0.6 T/m^2$$

$$= 4.6 T/m^2$$

$$W_T = 4.6 T/m$$

tenemos



$$A_c = \frac{5}{384} \frac{W_c L_c^4}{EI}$$



$$A_l = \frac{5 W_l L_l^4}{384 EI}$$

igualando flechas y simplificando

$$\frac{5}{384} \frac{W_c L_c^4}{EI} = \frac{5 W_l L_l^4}{384 EI} = W_c L_c^4 = W_l L_l^4$$

$$W_c = W_l \left(\frac{L_l}{L_c} \right)^4 \quad (5)$$

Pero también tenemos

$$W_c + W_l = W_T$$

$$W_l = W_T - W_c = 4.6 - W_c \text{ sustituyendo en (5)}$$

$$W_c = (4.6 - W_c) \left(\frac{7}{3.75} \right)^4 = 12.14 (4.6 - W_c)$$

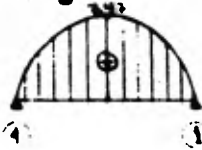
$$\therefore W_l = 0.35 T/m$$

$$W_c = 4.25 T/m$$

obteniendo momentos

$$M_0 = \frac{w_c L^2}{8}$$

$$M_0 = \frac{4.25 (3.75)^2}{8} = 7.47 \text{ T - m}$$

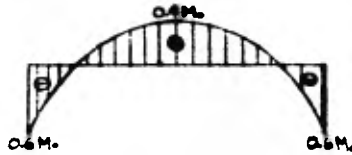


$$M_1 = \frac{w_l L^2}{8}$$

$$M_1 = \frac{0.35 (7)^2}{8} = 2.14 \text{ T - m}$$



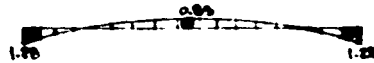
Suponiendo empotrada la losa, la distribución aproximada de momentos es:



CLARO CORTO



CLARO LARGO



Considerando que tendremos:

$$CM + CV \quad \text{o} \quad CM + \text{Casión}$$

Se diseñará con los mayores momentos obtenidos

$$M + = 5.71 \text{ T - m}$$

$$M - = 5.71 \text{ T - m}$$

Diseñaremos con los máximos momentos obtenidos

$$M (+) = 571,000 \text{ Kg - cm} \times 1.4 = 799,400 \text{ Kg - cm}$$

$$M (-) = 571,000 \text{ Kg - cm} \times 1.4 = 799,400 \text{ Kg - cm}$$

Peralto mínimo

$$h_{\min} = \frac{(825 + 315)}{300} \cdot 2 = 6.26 = 6.50 \text{ cm}$$

Este valor lo multiplicaremos por 0.034 $\sqrt{f'_{sy} W}$ (pag. 74 , ref. 4)

$$W = (CM + CV) \cdot 1.4 = (4 + 0.6) \cdot 1.4 = 6.5 \text{ T/m}^2$$

$$0.034 \sqrt{400 \times 6000} = 2.427$$

$$h = h_{\min} (2.427) = 2.427 (6.50) = 15.77 \approx 16 \text{ cm}$$

$$\text{recubrimiento } r = 3 \text{ cm}$$

$$d = h - r = 16 - 3 = 13 \text{ cm}$$

con las fórmulas

$$M_{\Delta} = f'_{sc} b d^2 q (1 - 0.59 q) = q \quad (1)$$

$$q = \frac{f'_{sy}}{f'_{sc}} \quad (2)$$

$$q = \frac{M}{f'_{sc} b d^2} \quad (3)$$

se diseñará la losa

Revisión por flexión

Se revisará el peralte propuesto , debiéndose cumplir que

$$P = P_{\max}$$

$$P_{\max} = \frac{f'_{sc}}{f_y} \frac{4800}{f_y + 6000}$$

$$P_{\max} = \frac{153}{4000} \frac{4800}{4000 + 6000} = 0.0163$$

Con el momento negativo de diseño tenemos

$$M_{\Delta} = -799,400 \text{ Kg - cm} \text{ de la ec. (1) obtendremos } q, \text{ así:}$$

$$-799,400 = (153) (100) (13)^2 q (1 - 0.59 q)$$

$$- 0.309 q (1 - 0.99 q)$$

simplificando

$$q = 1.69q - 0.523 = 0$$

resolviendo

$$q = \frac{1.69 \pm \sqrt{(1.69)^2 - 4(1)(-0.523)}}{2}$$

$$q = 1.95$$

$$q = 0.27$$

de la ec (2)

$$P = 0.27 \left(\frac{153}{3200} \right) = 0.013$$

como $P < P_{max}$ el peralte esta correcto por flexión

Revisión por cortante

La fuerza cortante máxima es presenta en el claro corto

$$(4) V_{\mu} = \left(\frac{0.5 a_1 - d}{1 + \frac{a_1}{a_2}} \right) W = \frac{(0.5)(3.15) - 0.13}{1 + \frac{3.15}{6.25}} \frac{6800}{6} = 9241 \text{ Kg}$$

$$W = (CM + CV) F.C.$$

$$CM = 0.6 \text{ T/m}^2$$

$$a_1 = 3.15 \text{ m}$$

$$CV = 4 \text{ T/m}^2$$

$$a_2 = 6.25 \text{ m}$$

$$F.C. = 1.4$$

$$d = 0.13 \text{ m}$$

$$W = (0.6 + 4) 1.4 = 6.5 \text{ T/m}^2$$

Resistencia de diseño

$$(5) V_r = 0.5 F_r b d \sqrt{f'c} = 0.5 (0.8) (100) (13) \sqrt{153}$$

$$V_r = 6432 \text{ Kg}$$

como $V_{\mu} > V_r$

Se modificará el peralte

Proporcionando

$$\begin{aligned}h &= 25 \text{ cm} & r &= 5 \text{ cm} \\d &= h - r = 25 - 5 = 20 \text{ cm}\end{aligned}$$

Revisión por flexión

planteando la ec. 1 con los nuevos valores

$$6\,799.400 = (153)(100)(20)^2 q (1 - 0.59 q)$$

simplificando

$$q^2 - 1.69 q - 0.22 = 0$$

resolviendo

$$q = \frac{1.69 \pm \sqrt{(1.69)^2 - 4(1)(-0.22)}}{2}$$

$$q = 1.81$$

$$q = -0.12 \quad \text{tomando valor absoluto y sustituyendo en la ec (2)}$$

$$P = 0.12 \left(\frac{153}{3200} \right) = 0.0057$$

como $P < P_{max}$ la sección es correcta por flexión

Revisión por cortante

utilizando la ec 4

$$V_{AL} = \frac{0.5 (3.15) - 0.20}{1 + \frac{3.15}{5.25}} \frac{6900}{8} = 8,793 \text{ Kg}$$

Resistencia de diseño ec. 5

$$V_R = 0.5 (0.6) (100) (20) \quad 193$$

$$V_R = 9,895 \text{ Kg}$$

Como $V_R > V_{AL}$ la sección es correcta por cortante

Como la sección es correcta por cortante y flexión procederemos al diseño

Con el porcentaje de acero encontrado P tenemos

$$P = 0.0057$$

$$A_s = p b d = 0.0057 (100) (20) = 11.4 \text{ cm}^2$$

utilizando varillas de 5/8"

$$A = 1.99 \text{ cm}^2$$

obtendremos la separación

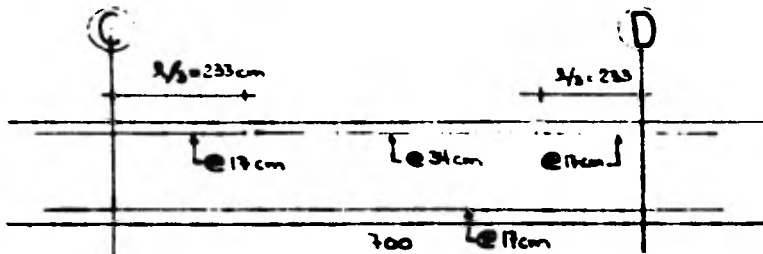
$$S = \frac{100 A_b}{A_s} \quad \text{donde} \quad \begin{array}{l} A_b \text{ --- area de una varilla} \\ A_s \text{ --- area de acero por metro de losa} \end{array}$$

$$S = \frac{100 (1.99)}{11.4} = 17.45 \hat{=} 17 \text{ cm}$$

acero negativo varillas # 5 a cada 17 cm en ambos sentidos

$$S_{max} = 2.5 d = 2.5 (20) = 50 \text{ cm}$$

Como el momento positivo es igual al momento negativo , tendremos el mismo tipo de varilla y separación , así , tenemos :



para la losa b tenemos

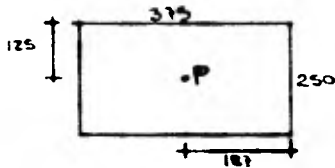
condición 1



condición 2



condición 1



también por igualación de flechas

$$A_c = A_l$$

$$A_c = \frac{P_c L_c^3}{192 EI}$$

$$A_l = \frac{P_l L_l^3}{192 EI}$$

igualando y simplificando

$$P_c = \frac{P_l L_l^3}{L_c^3}$$

sustituyendo b y las longitudes

$$P_c = (7200 - P_c) \left(\frac{375}{250} \right)^3$$

$$P_c = 5600 \text{ Kg}$$

$$P_l = 1660 \text{ Kg}$$

$$W_l = \frac{P_l L_l}{8} = \frac{1660 (375)}{8} = 0.776 \text{ T} \cdot \text{m}$$

$$W_c = \frac{P_c L_c}{8} = \frac{5600 (250)}{8} = 1.75 \text{ T} \cdot \text{m}$$

condición 2

como es el caso similar al ya analizado en la pag. 115, aplicaremos la ec. 5

$$W_c = W_l \left(\frac{L_l}{L_c} \right)^4$$

$$W_l = 4.6 - W_c$$

$$W_c = (4.6 - W_c) \frac{375^4}{250^4}$$

$$W_c = 3.84 \text{ T} \cdot \text{m}$$

$$W_l = 0.76 \text{ T} \cdot \text{m}$$



CM + CV

obteniendo momentos

$$M_c = \frac{3.64 (2.50)^2}{8} = 3.7 \text{ T-m}$$

$$M_l = \frac{0.76 (3.75)^2}{8} = 1.33 \text{ T-m}$$

suponiendo la losa empotrada

$$M_{\text{max}+} = 1.75 \text{ T-m} \times 1.4 = 2.45 \text{ T-m}$$

$$M_{\text{max}-} = 1.8 \text{ T-m} \times 1.4 = 2.52 \text{ T-m}$$

Como $M_{\text{max}+} \approx M_{\text{max}-}$ el acero será el mismo

encontraremos ahora q con la ec. (1)

$$-292,000 = 153 (100) (20)^2 q (1 - 0.59q)$$

resolviendo la ecuación tenemos:

$$q = 1.73$$

$$q = 0.04$$

sustituyendo en la ec (2)

$$P = 0.040 \frac{153}{3200} = 0.0019$$

como $P < P_{\text{min}}$ utilizaremos P_{min}

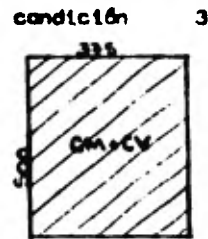
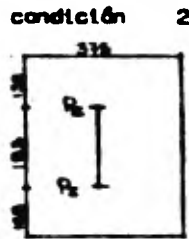
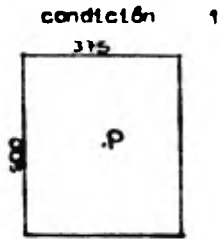
$$P_{\text{min}} = 0.002$$

$$A_s = 0.002 (100) (20) = 4 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{100 (1.99)}{4} = 49.75 \approx 50 \text{ cm}$$

por facilidad de construcción se prolongará el acero del tablero C, colocando el armado positivo a cada 34 cm

TABLERO d



condición 1

$A_c = A_l$ aplicando la ecuación (a) y (b)

$$P_c = \frac{P_1 L_1^3}{L_c^3} = \frac{P_1 (500)^3}{(375)^3} = 2.37 P_1$$

$$P_1 = 7260 - P_c$$

$$P_c = 2.37 (7260 - P_c)$$

$$P_c = 5105 \text{ Kg}$$

$$P_1 = 2155 \text{ Kg}$$

$$M_c = \frac{P_1}{8} = \frac{5105 (375)}{8} = 2.39 \text{ T} - \text{ en } (-) \text{ y } (+)$$

$$M_l = \frac{2155 (900)}{8} = 1.34 \text{ T} - \text{ en } (-) \text{ y } (+)$$

condición 2

$$A_c = \frac{P_c L_c^3}{192 EI}$$

$$A_l = \frac{P_1 a^3 b^3}{3 EI L_1^3}$$

igualando y simplificando tenemos

$$P_c = \frac{64 P_1 a^3 b^3}{L_1^3 L_c^3}$$

sustituyendo valores y aplicando la ec (b)

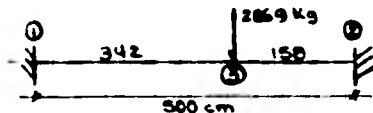
$$P_c = \frac{64 (7260 - P_c) (198)^3 (342)^3}{(500)^3 (375)^3} = 1.531 (7260 - P_c)$$

$$P_c = 4391 \text{ Kg}$$

$$P_1 = 2869 \text{ Kg}$$

$$M_c = \frac{P_1}{8} = \frac{4391 (375)}{8} = 2.058 \text{ T - m}$$

Para el claro largo tenemos



$$M_1 = \frac{P_1 b^2}{l^2} = \frac{2869 (342) (198)^2}{(500)^2} = 0.98 \text{ T - m}$$

$$M_2 = \frac{P_1 a^2}{l^2} = \frac{2869 (342)^2 (198)}{(500)^2} = 2.12 \text{ T - m}$$

$$P_3 = \frac{2 P_1 a^2 b^2}{l^3} = \frac{2 (2869) (342)^2 (198)}{(500)^3} = 1.34 \text{ T - m}$$

condición 3

aplicando la ecuación 5 de la pag. 115

$$w_c = w_l \left(\frac{l_1}{L_c} \right)^4$$

$$w_l = 4.6 - w_c$$

$$w_c = (4.6 - w_c) \left(\frac{500}{375} \right)^4$$

$$w_c = 3.49 \text{ T/m}$$

$$w_l = 1.11 \text{ T/m}$$

obteniendo momentos

$$M_c = \frac{3.49 (3.75)^2}{8} = 6.13 \text{ T - m}$$

$$M_l = \frac{1.11 (5.00)^2}{8} = 3.46 \text{ T - m}$$

suponiendo la losa empotrada

$$M_c (-) = 3.67 \text{ T - m}$$

$$M_l (-) = 2.07 \text{ T - m}$$

$$M_c (+) = 2.45 \text{ T - m}$$

$$M_l (+) = 1.38 \text{ T - m}$$

De las tres condiciones analizadas obtendremos los momentos máximos

$$M_{\max +} = 2.45 \text{ T - m} \times 1.4 = 3.43 \text{ T - m} = 343,000 \text{ Kg - cm}$$

$$M_{\max -} = 3.67 \text{ T - m} \times 1.4 = 5.14 \text{ T - m} = 514,000 \text{ Kg - cm}$$

Con estos momentos diseñaremos

aplicando la ec. (1) para obtener q

$$- 514,000 = (153) (100) (20)^2 q (1 - 0.59q)$$

resolviendo la ec. tenemos

$$q = 1.77$$

$$q = 0.80 \quad \text{sustituyendo en la ec (2)}$$

$$p = 0.80 \frac{153}{3600} = 0.0036$$

$$A_s = 0.0036 (100) (20) = 7.6 \text{ cm}^2$$

utilizando varillas del # 5

$$s = \frac{100 (1.99)}{7.6} = 26.18 \text{ cm} \Rightarrow 25 \text{ cm}$$

acero negativo... varillas # 5 a cada 25 cm

Haciendo el mismo análisis para el momento positivo, tenemos:

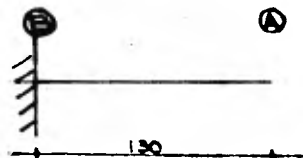
El análisis indica varillas a cada 38 cm, pero para ser congruentes con el tablero C, las colocaremos a cada 34 cm

∴ varillas # 5 a cada 34 cm

Para el tablero e seguiremos el mismo armado que para el tablero d ,
por la similitud de sus medidas

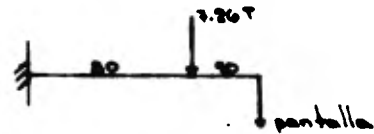
Tablero e

analizando como un cantiliver , tenemos :

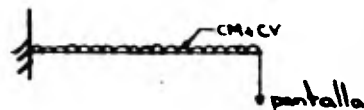


tendremos dos condiciones de carga

condición 1



condición 2



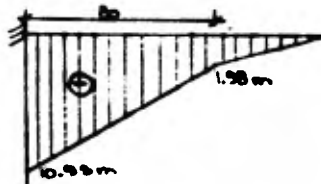
Para la condición 1

$$M_b = 7.26 (0.80) + 3.96 (1.30) = 10.95 T - m$$

$$\text{pantalla} = 2.20 \times 0.2 \times 2.4 \times 3.75 m = 3.96 T$$

Para la condición 2

$$M_b = \frac{p l^2}{2} + 3.96 (1.30) = 9.03 T - m$$



Con este momento tenemos : $M = 10.95 \times 1.4 = 15.33 T - m$

$$- 1' 533, 000 = 153 (100) (20)^2 q (1 - 0.59 q)$$

resolviendo

$$q_1 = 1.91$$

$$q_2 = 0.22$$

sustituyendo en (2)

$$p = 0.22 \frac{153}{3200} = 0.010$$

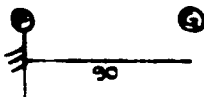
$$A_s = 0.010 (100) (20) = 20 \text{ cm}^2$$

con varillas # 5

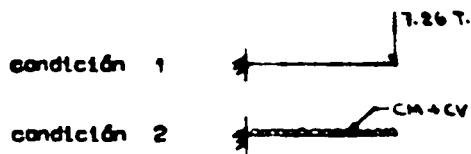
$$s = \frac{100 (1.99)}{20} = 9.95 \Rightarrow 10 \text{ cm}$$

el acero positivo, se prolongará de la losa b, esto cubre la condición de que en determinado momento se presente una fuerza vertical ascendente (por efecto de la flotación de la pantalla)

Para el tablero r



con 2 condiciones



condición 1

$$M_r = 7.26 (0.90) = 6.53 \text{ T - m}$$

condición 2

$$M_r = \frac{w l^2}{2} = \frac{4.6 (0.9)^2}{2} = 1.86 \text{ T - m}$$

Con el momento $M = 6.53 \times 1.4 = 9.14 \text{ T - m}$ Obtendremos un porcentaje de acero; procediendo de la misma manera que en el tablero :

$$- 914,000 = 153 (100) (20)^2 \quad q (1 - 0.59 q)$$

resolviendo

$$q_1 = 1.83$$

$$q_2 = 0.14 \quad \text{sustituyendo en (2)} \quad p = 0.14 \frac{153}{3200} = 0.0067$$

$$A_s = 0.0067 (100) (20) = 13.4 \text{ cm}^2 \quad \text{con vs # 5}$$

$$S = \frac{100 (1.99)}{13.4} = 14.85 \approx 15 \text{ cm}$$

Para el acero positivo, prolongaremos el armado del tablero e , quedandonos el armado como lo indican los plenos.

Los cabezales C - 1 , C - 2 . la pantalla y el machón de defensa, fueron armados por temperatura, utilizando :

K = 0.002 para cabezales

K = 0.004 para pantalla y machón .

IV PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

Para la ejecución de este trabajo será necesario contar con determinado equipo, el cuál, generalmente es :

- 1 Grúa de patio (para maniobras) optativa.
- 1 Grúa para piloteo.
- 1 Martillo para hincar.
- 1 Planta generadora de vapor.
- 1 Soldadora con motor diesel.
- 1 Compresor y pistolas rompedoras.
- 1 Dosificadora de concreto (30 m³/ hr.)
- 1 Bomba para concreto.
- 1 Bomba de agua de alta presión.

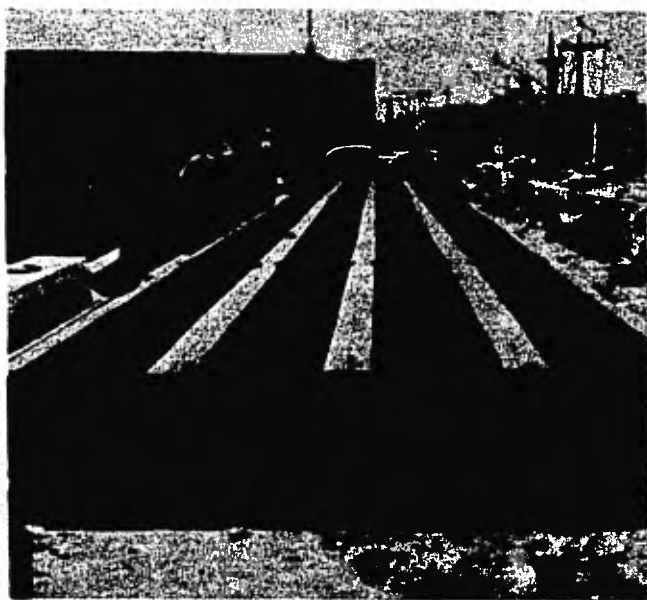
y equipo menor como : vibradores, equipos de corte, teodolitos (2) , un nivelata, una revoladora.

El trabajo de campo se inicia básicamente con dos operaciones, preparación para el colado de pilotes y hechura de la plataforma de trabajo para piloteo.

La primera operación se inicia con el colado de una plantilla de concreto armado, que nos servirá como superficie de colado de pilotes, posteriormente se coloca la cimbra (generalmente metálica) , normalmente se preparan " camas " de colado para diez pilotes (ver foto 1), se prosigue con la colocación del acero de refuerzo, cuidando que se respeten los recubrimientos especificados y colocando la tubería para el hincado; debe preverse también la colocación de tubería transversal, en los puntos de izado del pilote (foto 2 y 3); inmediatamente se procede a colar los pilotes. Normalmente se utiliza cemento tipo I con editivos, pero también se puede usar cemento tipo V.

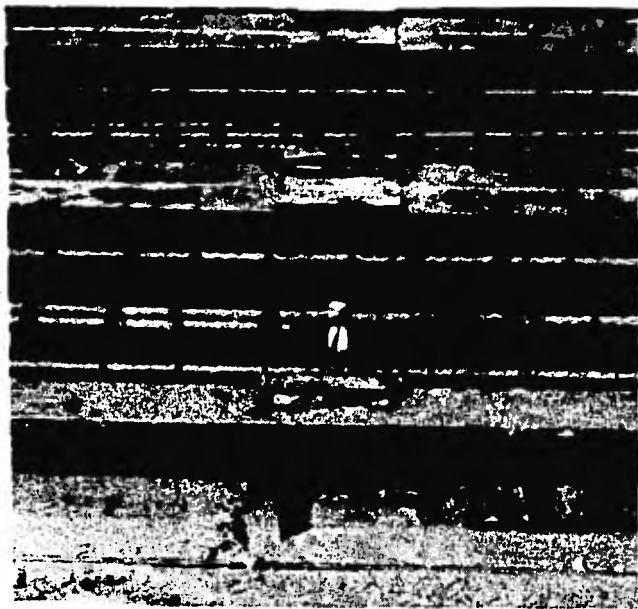
Terminando el colado, se inicia la colocación de tubería galvanizada (con perforaciones inferiores), a lo largo del pilote, esta tubería se conecta a la generadora de vapor, se coloca una lona a plástico sobre dicha tubería y se inicia el curado a vapor.

1

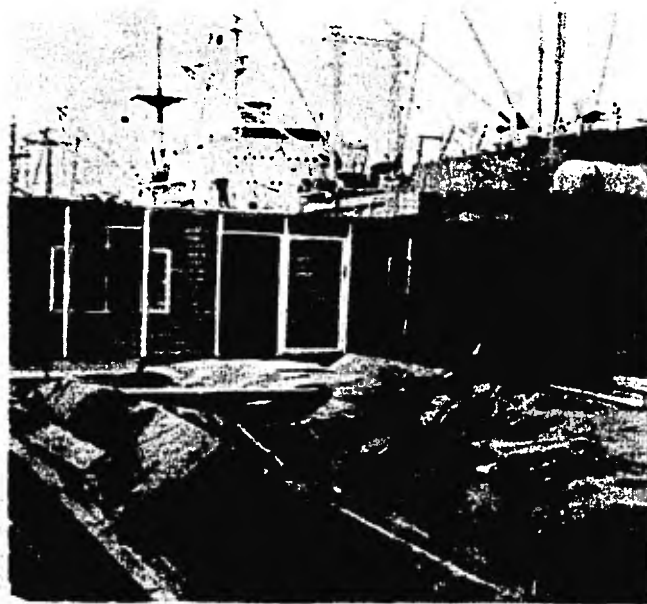


2

3



4

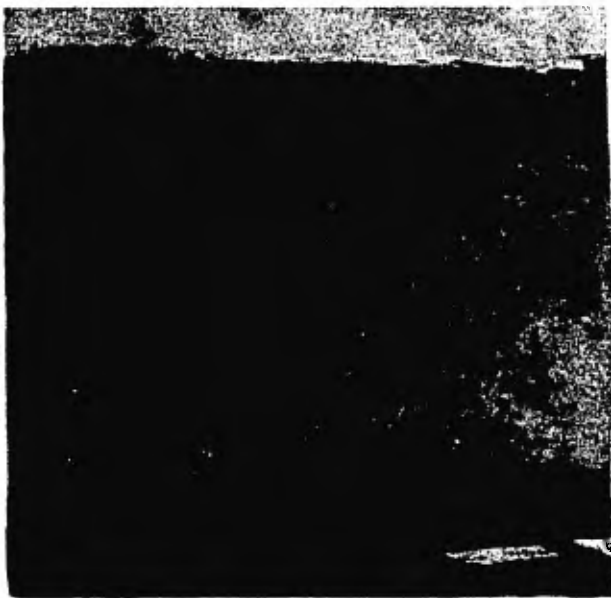


Deben curarse los pilotes por un tiempo de 6 hrs. , pero revisando constantemente que el vapor, en la " bolsa de curado " se conserve a una temperatura de 80° C. (foto 4). Terminado el curado se prosigue a desmoldar los pilotes; retirando las " trampas " donde se tienen los puntos de izado y colocando un sujetador que pase a través del pilote, por la tubería transversal (foto 5 y 6) en este momento, la grúa iza el pilote y lo estiba en un lugar determinado (lo mas cercano posible al area de hincado).

La otra operación a ejecutarse simultaneamente es la fabricación de la plataforma de trabajo, que no es mas que una plantilla de hincado, (normalmente se utiliza tubería de 8" a 12" de diámetro, ver fotos 7 y 8). En esta plataforma se coloca una viga en la cuál vé montado un " carro " por donde se realizarán los pilotes para hincarlos; con esta viga se obtiene la inclinación deseada para la hincada . (ver foto 9)

Teniendo listo el equipo de hincado, los pilotes y la plataforma de trabajo, el procedimiento de hinca en tierra es : con dos teodolitos se localiza en punto de hincado y se hace una perforación previa (de un metro de profundidad) se coloca el pilote en la posición requerida, se situa el martillo en posición de trabajo y se inicia la hinca del pilote. Es muy conveniente llevar un registro preciso del número de golpes y la penetración en el terreno. Del lado mar el procedimiento es el siguiente : se ubica la plataforma de trabajo donde se iniciarán las operaciones de hincado, esta operación puede ser auxiliada por una barcaza o " chalán " de pilotaje; en una sola posición de la plataforma se pueden realizar varios hincados. Estando aún el pilote en tierra se le conecta una manguera que suministrará agua a presión y se iza el pilote, el pilote es colocado sobre el carro guía, posteriormente a esta operación, dos teodolitos revisan el punto de hincado haciendo las modificaciones necesarias; una vez que la ubicación del pilote es correcta se fija el carro y la viga y se procede a inyectar agua a presión, para que el pilote penetre hasta unos dos metros antes de la elevación indicada, se corta el chiflón de agua y se coloca el martillo, el cuál llevará el pilote hasta la cota requerida. vigilando el número de golpes aplicados.

5



6



7



8



9



10



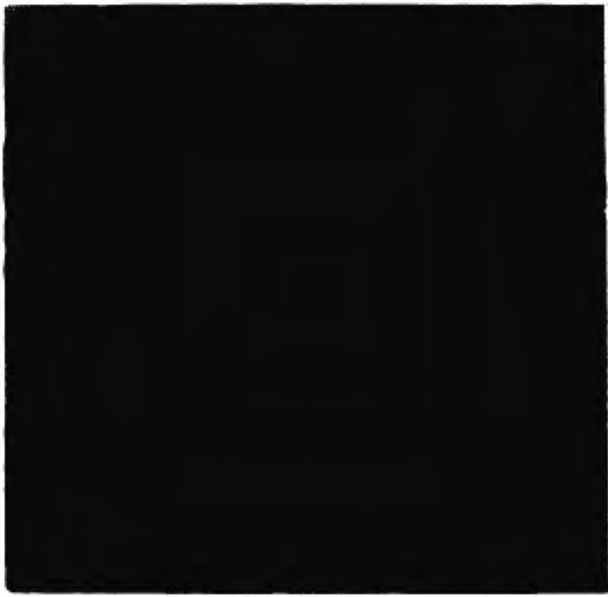
Como recomendación general es conveniente que en la última pasada de 10 golpes el pilote no penetre mas de 5 cm.

Las operaciones antes descritas se repiten tantas veces como sea necesario, hasta tener todos los pilotes hincados.

Una vez hincado el pilote se procede a demoler 1 m. de la cabeza del mismo, para poder descubrir el acero y ligarlo posteriormente con la superestructura del muelle.

La operación siguiente es la colocación de la obra falsa para cimbrar : en tierra se utilizan los sistemas acostumbrados y en mar es necesario fabricar unas horquillas que se fijan al pilote; auxiliadas por carteles o sáneulas, estas horquillas soportarán la obra falsa para el colado. Sobre los carteles se apoyarán vigas I, de pilote a pilote, obviamente es necesario formar un rectángulo de vigas, las cuales soportarán polines de 4 x 4" colocados a cada 60 cm. que servirán como soporte de la cimbra para las trabes. Cuando los claros a cubrir son grandes, es necesario colocar vigas intermedias (ver fotos 10, 11 y 12) no es recomendable utilizar tubería como soporte, debido a su menor resistencia a flexión que la viga I. En las fotografías anteriores se observa la colocación de la cimbra y el acero para el colado de las trabes, y la colocación de vigas intermedias que soportarán la cimbra para la losa. Sobre esta obra falsa se cimbra y coloca el acero de refuerzo, cuidando las recomendaciones de traslapes y dobleses. Se deben colar los elementos, vigilando estrechamente el contenido de agua del concreto y observando la temperatura del medio ambiente, normalmente alta en el puerto, con el fin de no tener grandes pérdidas de agua; por lo que es conveniente utilizar un aditivo inclusor de aire.

11



12



V CONCLUSIONES

La construcción de la terminal de contenedores es un paso más para lograr los objetivos del crecimiento económico del país, pero ésta única terminal no podrá dar el impulso necesario para alcanzar dichas metas, sino que se debe crear a corto plazo, un sistema portuario en el cual se tengan las instalaciones necesarias para manejar adecuadamente contenedores, además de desarrollar la infraestructura terrestre para obtener un crecimiento compensado.

Esta terminal es un factor determinante para que se incrementen las exportaciones e importaciones, debido a que el manejo de la carga se hará en una forma segura, económica y eficiente.

En el aspecto estructural no se cuenta con criterios bien definidos o comprobados para el análisis, en ciertos casos se deben hacer algunas consideraciones para que pueda aplicarse determinado criterio y efectuar cálculos prácticos y con la precisión requerida por el proyecto.

En este aspecto encontré un marcado desarrollo de la tecnología japonesa para este tipo de análisis.

Muy importante en el diseño de la trabe cabezal, es que la grúa (portainer) no ejerce tensiones sobre el mismo, debido a su estructuración.

En el aspecto de mecánica de suelos, se utilizó el criterio de Zeevaert por dar valores más conservadores del factor de capacidad de carga

• BIBLIOGRAFIA •

- 1.- REINFORCED CONCRETE DESIGNER'S HANDBOOK
 Charles E. Reynolds
 James C. Steedman 1976

- 2.- ANALISIS DE ESTRUCTURAS INDETERMINADAS
 J. Sterling Kinney 1976

- 3.- ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO
 Oscar M. González Cuevas
 Francisco Robles F.V.
 Juan Cejillas S. de L.
 Roger Díaz de Cossío 1975

- 4.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
 (Publicación # 401)
 Instituto de Ingeniería U.N.A.M. 1976

- 5.- MANUAL DE DISEÑO POR SISMO
 (Publicación # 405)
 Instituto de Ingeniería U.N.A.M. 1976

- 6.- AYUDAS DE DISEÑO
 (Recopilación de Información)
 Secretaría de Marina

- 7.- STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES
 AASHTO 1953

- 8.- MANUAL MONTERREY
 Varías 1965

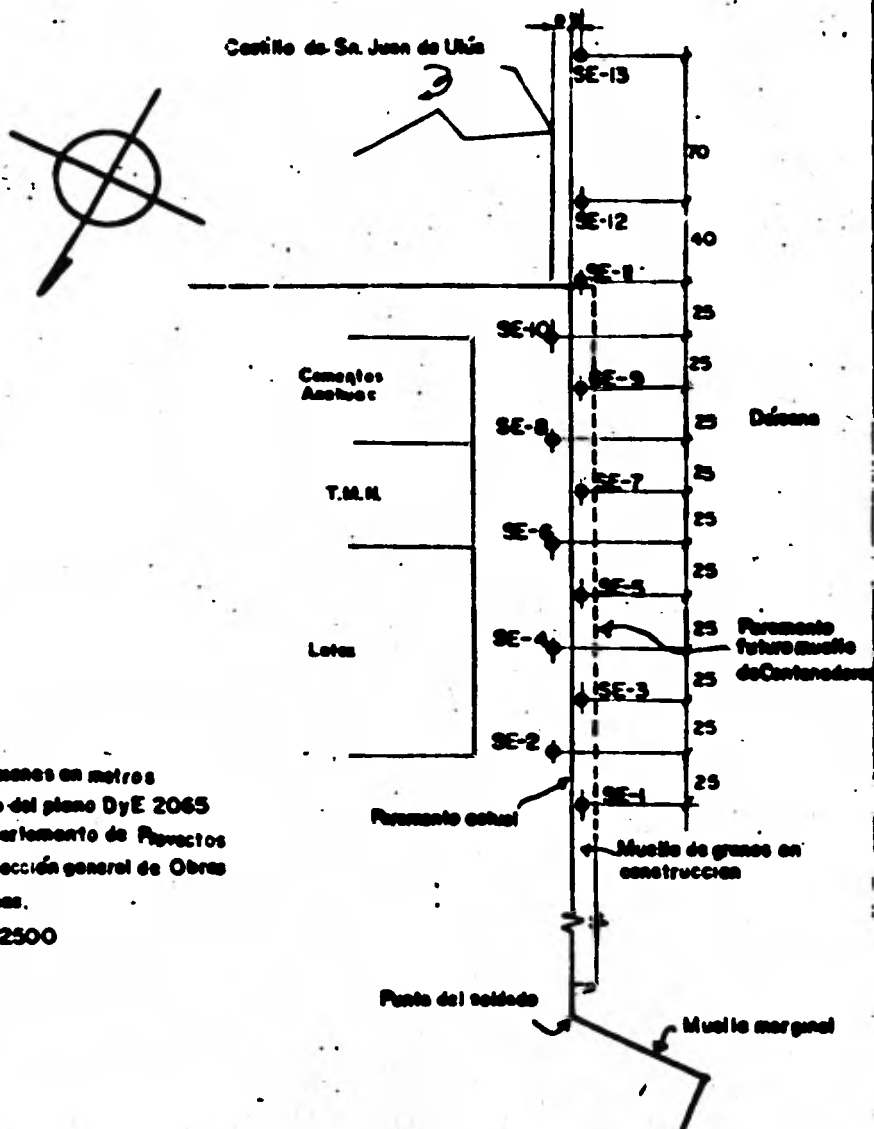
- 9.- SHIBATA FINDER
 Shibata Industrial CO. LTD
 Tokio, Japan

- 10.- MECANICA DE SUELOS
 Eulalio Juárez Badillo
 Alfonso Risco Rodríguez Vol. I y II 1976
- 11.- SEDIU
 Rubber Dock Fender and Synthetic Resin Plug
 Saibu Rubber Chemical Co. LTD
- 12.- GRAFICAS PARA DISEÑO PLASTICO DE COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO
 Robert Maki 1969
- 13.- CIMENTACIONES
 A.L. Little 1968
- 14.- FOUNDATION ENGINEERING FOR DIFFICULT SUBSOIL CONDITIONS
 Leonard Zeevaert 1973
- 15.- CONTAINER TERMINAL
 Ishikawajima - Harima Heavy Industries Co. LTD 1976
- 16.- I SERVIDARIO DE TRANSPORTE PUBLICO DE CARGA
 Asociación Mexicana de Ingeniería de Tránsito y de Transportes, A.C 1976
- 17.- TERMINAL PARA CONTENEDORES EN EL PUERTO DE VERACRUZ
 (Estudio Económico)
 Secretaría de Programación y Presupuesto 1975

GRUPO DE UBICACION DE SONDEOS

ESTUDIO: Muelle de Contenedores en
Vancouver, V.C.

ANEXO 1



Notas:

- 1) Dimensiones en metros
- 2) Tomado del plano DyE 2065 del Departamento de Proyectos de la Dirección general de Obras Marítimas.
- 3) Esc. 1:2500

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-1 Elev.-9.90m.(N.&M.I)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | | | [m (Ton/m ²) S _e | | Cr | | c (Ton/m ²) | N | | | | Po (Ton/m ²) | | | |
|--------------|------|---|-------------------|------|------|--|---|-----|----|----|-------------------------|---|----|----|----|--------------------------|----|----|--|
| | | | W | L.L. | L.P. | | 1.0 | 2.0 | 0 | +1 | | 0 | 10 | 20 | 30 | | 40 | 50 | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | Grava gruesa con arena y arena fina para limoso con conchas | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | Grava con limo para arenoso | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | Grava con arena fina para limoso gris oscuro | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | Limo grueso con gran cuño | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | Grava fina limo para limo grueso gris oscuro | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | Arena fina con conchas, moderadamente compacta. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | compacta. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO Nº 2

ESTUDIO: Muelle de Camatzenes Veracruz
 SONDEO: SE-1 (continúa)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | | | γ_m (Ton/m ³) 1.0 2.0 | | Cr -1 0 +1 | | c (Ton/m ²) | N _v 10 20 30 40 50 | P _c (Ton/m ²) |
|-----------|------|--|-------------------|------|------|--|---|--|---------------|--|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | W | L.L. | L.P. | | | | | | | | |
| 24 | ● | Área lsa con cenizas, de mediana a compacta o compacta | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | Erva | | | | | | | | | | |
| 30 | ● | Área lsa col/ clau | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | |
| | | El suelo termina a 31.24 de profundidad | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Malla de Carboneras Veraces
 SONDEO: SE-2 Elev +250m (N.B.M.I)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | | | γ _m (Ton/m ³) | | Cr | | e (Ton/m ³) | | P _u (Ton/m ²) |
|-----------|------|---|-------------------|----|----|----|--------------------------------------|-----|----|---|-------------------------|---|--------------------------------------|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 1.0 | 2.0 | - | 0 | 1 | 2 | |
| 0 | | Arena gruesa limosa con gravilla y medra. | | | | | | | | | | | |
| 2 | | Arena fina que muy suelta | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | Arena fina que suelta con coque de molle o con coque. | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | Arena media que con un poco de limonita compacta | | | | | | | | | | | |
| 22 | | Arena fina que con coque compacta | | | | | | | | | | | |
| 24 | | Arena fina que con coque compacta | | | | | | | | | | | |
| 26 | | Arena fina que con coque compacta | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO Nº 3

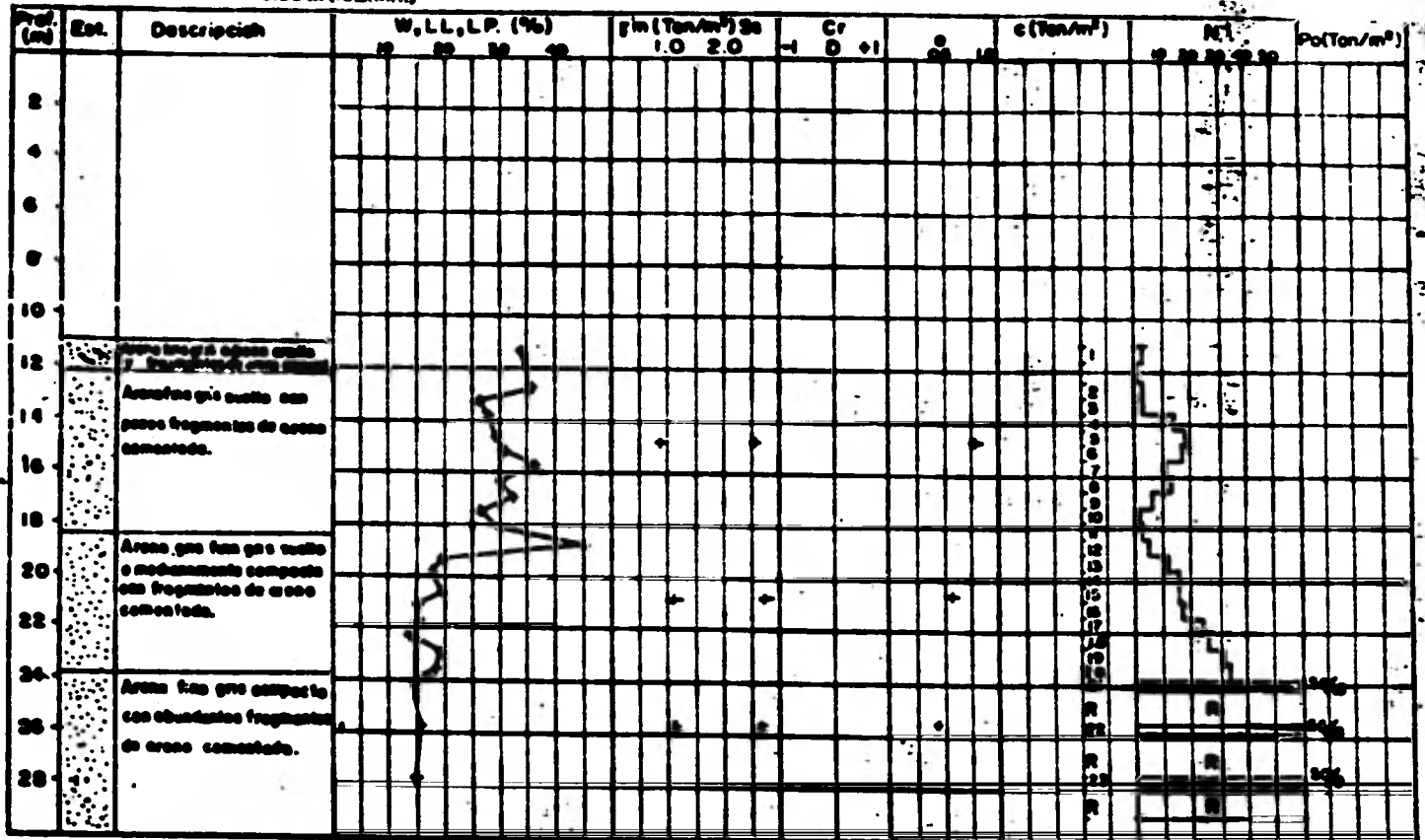
ESTUDIO: Muelle de Cadenas Vefacruz
 SONDEO: SE-2 (continúa)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L, L.P. (%) | | | | ρ_n (Ton/m ³) | | σ_{cr} | | c (Ton/m ²) | | ρ | | P_u (Ton/m ²) |
|-----------|------|---|----------------|---|------|--|--------------------------------|-----|---------------|-----|---------------------------|--|--------|--|-----------------------------|
| | | | W | L | L.P. | | 1.0 | 2.0 | 0 | 0.1 | | | | | |
| 24 | A | Arena fina verdea muy compacta | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | Arena fina verdea muy compacta | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | Arena fina verdea muy compacta | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | B | Arena fina gris gruesa muy compacta | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | B | Arena fina gris gruesa muy compacta | | | | | | | | | | | | | |
| | | El sondeo terminó a 32.50m de profundidad | | | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-3 Elev. 10.55m (N.R.M.I.)

RESULTADOS DE LABORATORIO



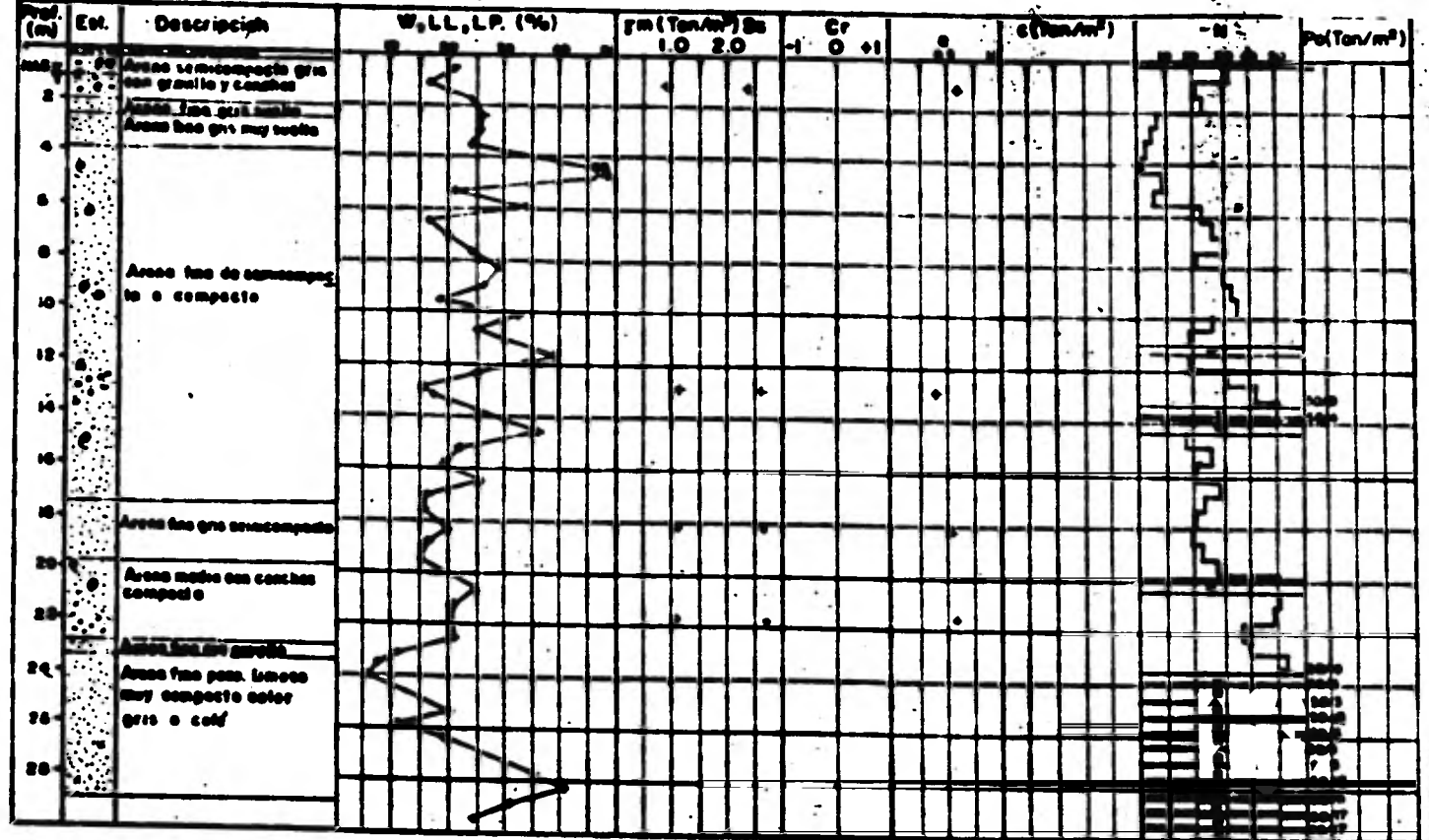
ESTUDIO: Muestra de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-3 (continúa)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L, L.P. (%) | | | | γ_m (Ton/m ³) ₈₀ | | Gr | | c (Ton/m ²) | N | | | | | Po (Ton/m ²) | |
|--------------|------|---|----------------|----|----|----|--|-----|----|---|-------------------------|----|---|----|----|----|--------------------------|----|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 1.0 | 2.0 | -1 | 0 | | +1 | 0 | 10 | 20 | 30 | | 40 |
| 24 | ● | Arena fina gris muy compacta con abundantes fragmentos de arena conchada. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | El sondeo se terminó a 31.28m. de profundidad | | | | | | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-4 Elev. +2.50m (N.B.M.I.)

RESULTADOS DE LABORATORIO



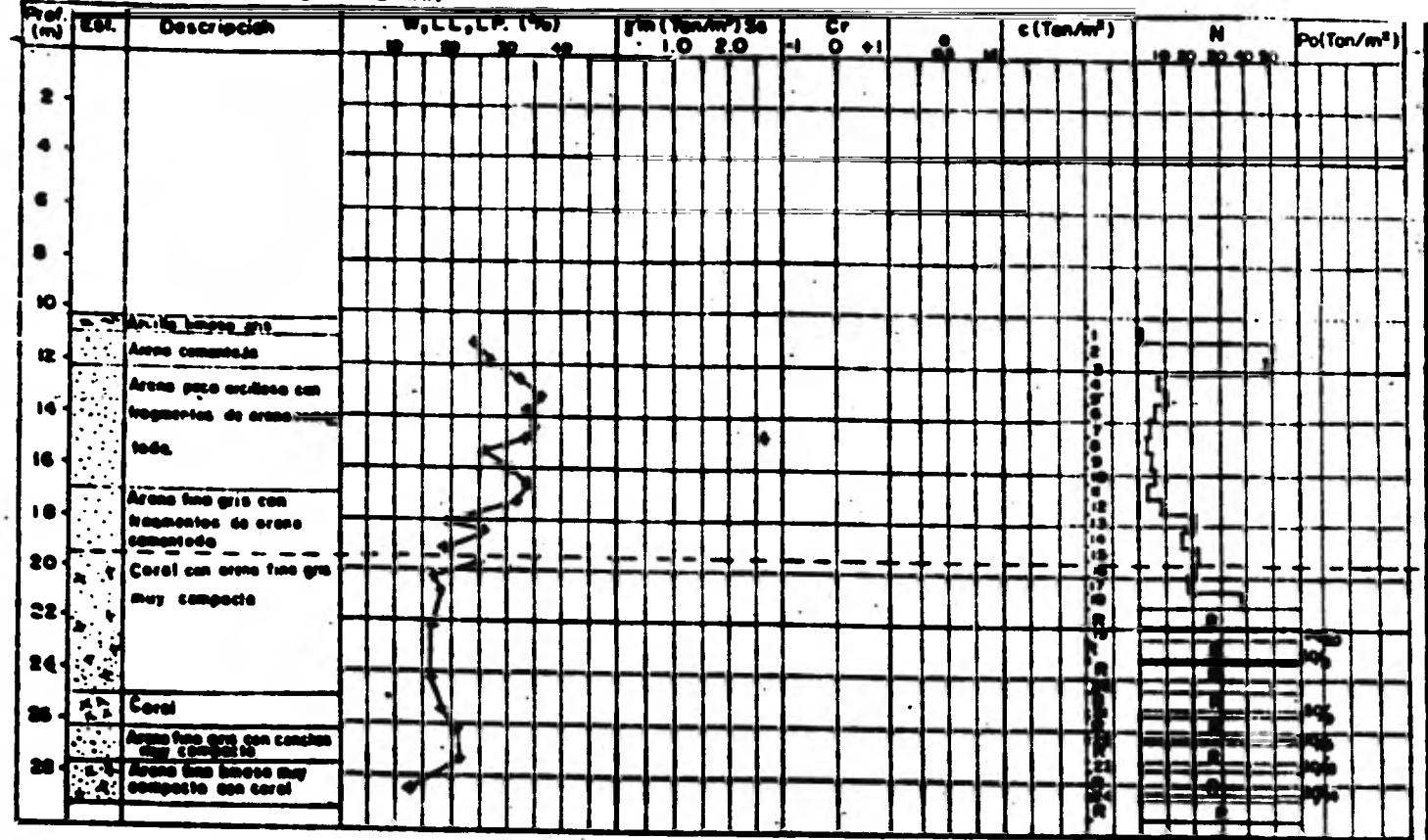
ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-4 (central)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L, L.P. (%) | | | | γ _m (Ton/m ³) | | Cr | σ | c (Ton/m ²) | N | P _o (Ton/m ²) |
|-----------|------|--|----------------|---|------|--|--------------------------------------|-----|----|---|-------------------------|---|--------------------------------------|
| | | | W | L | L.P. | | 1.0 | 2.0 | | | | | |
| 24 | ● | Arena fina poco limosa | | | | | | | | | | | |
| 26 | | muy compacta color gris o café | | | | | | | | | | | |
| 28 | ● | Arena fina poco limosa | | | | | | | | | | | |
| 30 | | este muy compacta | | | | | | | | | | | |
| 32 | | El sondaje se terminó a 32.78 m de profundidad | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muelle de Camaroneras Veracruz.
 SONDEO: SE-5 Elev.-2.85 m (N.B.M.I.)

RESULTADOS DE LABORATORIO



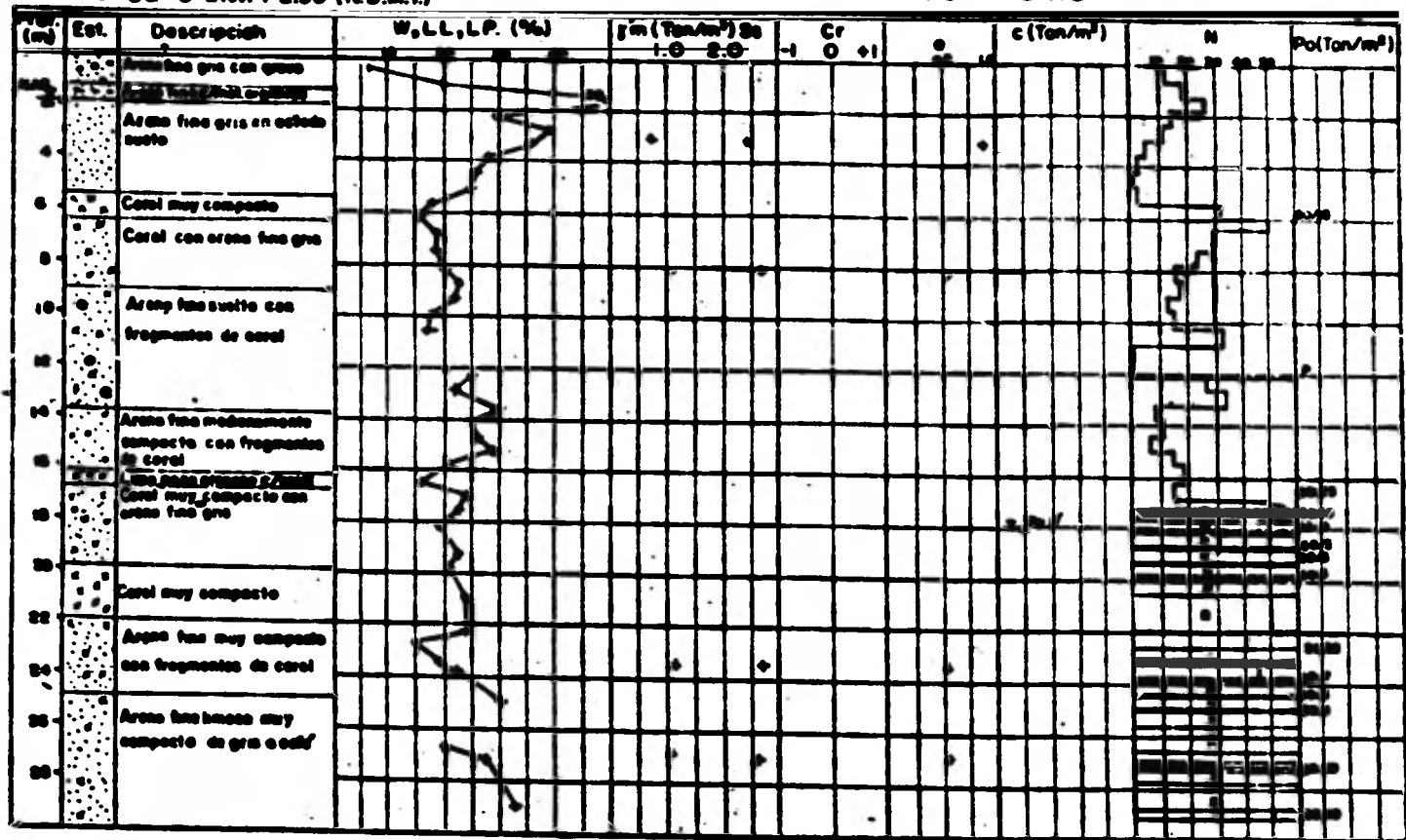
ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-5 (continúa)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof (m) | Est. | Descripción | W, L, L.P. (%) | | | | γ _m (Ton/m ³) ₂₀ | | C _r | | s (Ton/m ²) | | N | | | | P _o (Ton/m ²) | |
|----------|------|--|----------------|---|------|--|--|-----|----------------|------|-------------------------|----|----|----|----|----|--------------------------------------|--|
| | | | W | L | L.P. | | 1.0 | 2.0 | -1 | 0 +1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | Caral | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | Arena fina gris con coqueles muy compacto | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | Arena fina blanca muy compacta con arena | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | Arena fina blanca gris y café muy compacto | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | El sondeo terminó a 3175 de profundidad | | | | | | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muelle de Caimaneros Veracruz
 SONDEO: SE-6 Elev. +2.50 (N.B.M.I.)

RESULTADOS DE LABORATORIO



ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDED: SE-6 (continúa)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Esp. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | | | γ_m (Ton/m ³) ₂₀ | | Cr | | c (Ton/m ²) | | N | | | | Po (Ton/m ²) | |
|--------------|------|--|-------------------|----|----|----|--|-----|----|------|-------------------------|-----|----|----|----|----|--------------------------|--|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 1.0 | 2.0 | -1 | 0 +1 | 2.5 | 1.5 | 10 | 20 | 30 | 40 | | |
| 24 | | Area fina muy compacta con fragmentos de coral | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | Area fina limosa muy compacta de gris a café | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | El sondeo termina a 32.55 de profundidad | | | | | | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-7 Elev-10.05 (N.B.M.I.)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | | | γ _m (Ton/m ³) | | Cr | | e (Ton/m ³) | N | | | | Po (Ton/m ²) |
|-----------|------|--|-------------------|------|------|--|--------------------------------------|-----|----|---|-------------------------|----|---|----|----|--------------------------|
| | | | W | L.L. | L.P. | | 1.0 | 2.0 | -1 | 0 | | +1 | 0 | 10 | 20 | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | • | Arena fina gruesa gris oscura muy suelta con fragmentos de coral y conchas | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | • | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | • | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | • | Arena fina gris oscura con fragmentos de conchas y coral | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | • | Coral con poca arena fina gris de compacidad variable | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | • | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | • | Arena fina poca arena gruesa compacta en conchas | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | • | Arena fina poca arena gruesa muy compacta | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | • | | | | | | | | | | | | | | | |

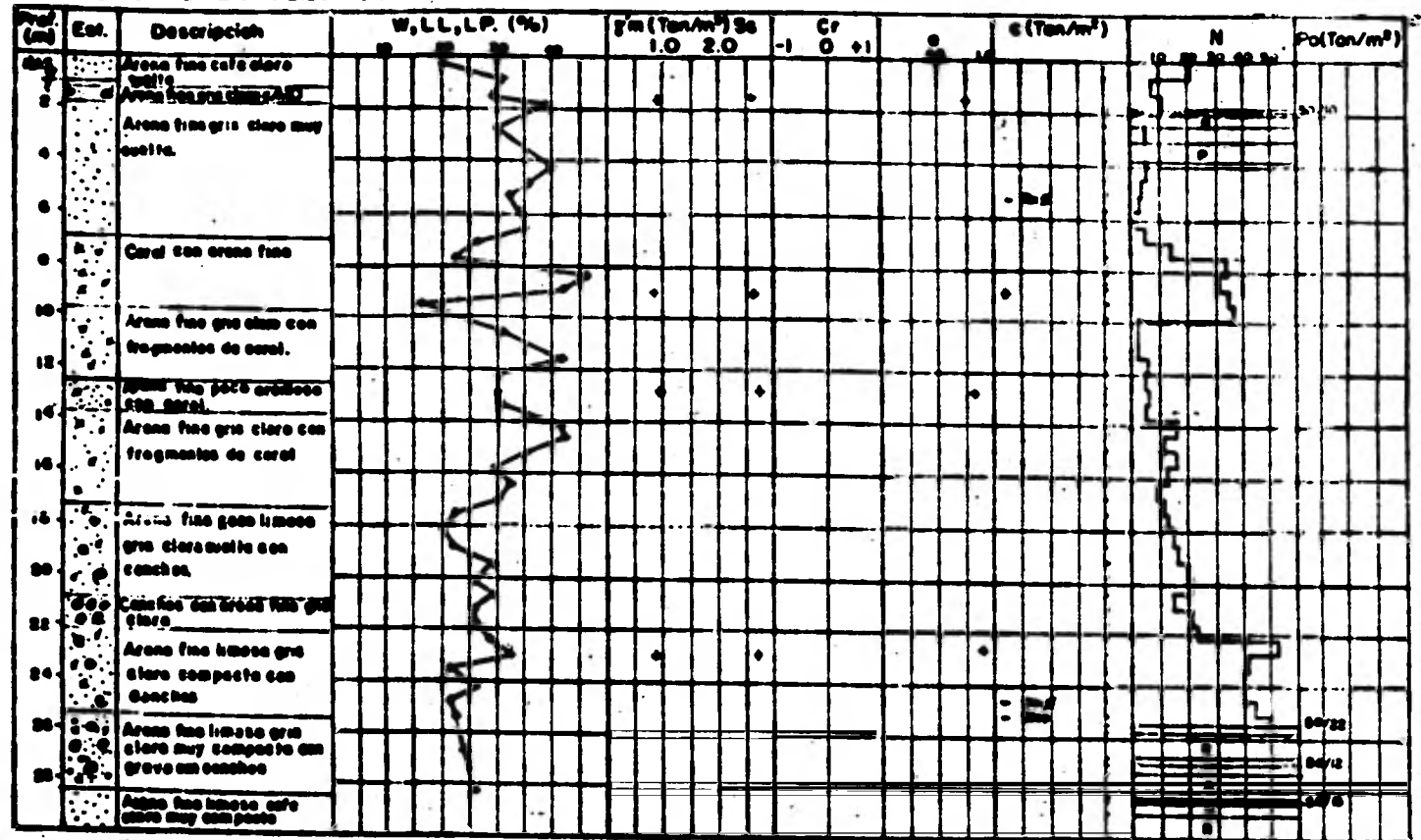
ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-7 (continúa)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L, L.P. (%) | | | | γ _m (Ton/m ³) | | Cr | | | e (Ton/m ²) | | N | | | | Po (Ton/m ²) | | |
|-----------|------|--|----------------|---|------|--|--------------------------------------|-----|----|---|----|-------------------------|--|----|----|----|----|--------------------------|--|--|
| | | | W | L | L.P. | | 1.0 | 2.0 | -1 | 0 | +1 | | | 10 | 20 | 30 | 40 | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | Armadura para lemaso gr. Muy compacto | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | Se sondeo terminado 30.61 m profundidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-8 Elev. +2.50m (N.B.M.L.)

RESULTADOS DE LABORATORIO



ESTUDIO: Muelle de Cantonedras Veracruz
 SONDEO: SE-8 (continua)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof (m) | Est. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | | | γ _m (Ton/m ³) | | Cr | e | c (Ton/m ²) | N | | | | P _o (Ton/m ²) |
|----------|------|--|-------------------|------|------|--|--------------------------------------|-----|----|---|-------------------------|----|---|---|----|--------------------------------------|
| | | | W | L.L. | L.P. | | 1.0 | 2.0 | | | | -1 | 0 | + | 10 | |
| 24 | | Arena fina limosa que clara compacta con conchas. | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | Arena fina limosa que clara muy compacta con grava y conchas | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | Arena fina limosa que clara muy compacta | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | Arena fina limosa que clara muy compacta | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | El sondeo termina a 32.65 m de profundidad | | | | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muestra de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-9 Elev.-10.3 (N.M.M.L.)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L, L.P. (%) | | | | γ _m (Ton/m ³) ₉₀ | | Cr | | c (Ton/m ²) | | R _h | | | | Po (Ton/m ²) | |
|-----------|------|--|----------------|---|------|--|--|-----|----|---|-------------------------|----|----------------|----|----|----|--------------------------|----|
| | | | W | L | L.P. | | 1.0 | 2.0 | -1 | 0 | 0 | 01 | 0 | 10 | 10 | 20 | | 30 |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | Arena arena clara muy blanda | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | Arena fina poca limosa que suelta | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | Arena fina gruesa para compacto con cantos y fragmentos de coral | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | Arena fina limosa que da muy compacto con cantos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO Nº 10

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Varadero

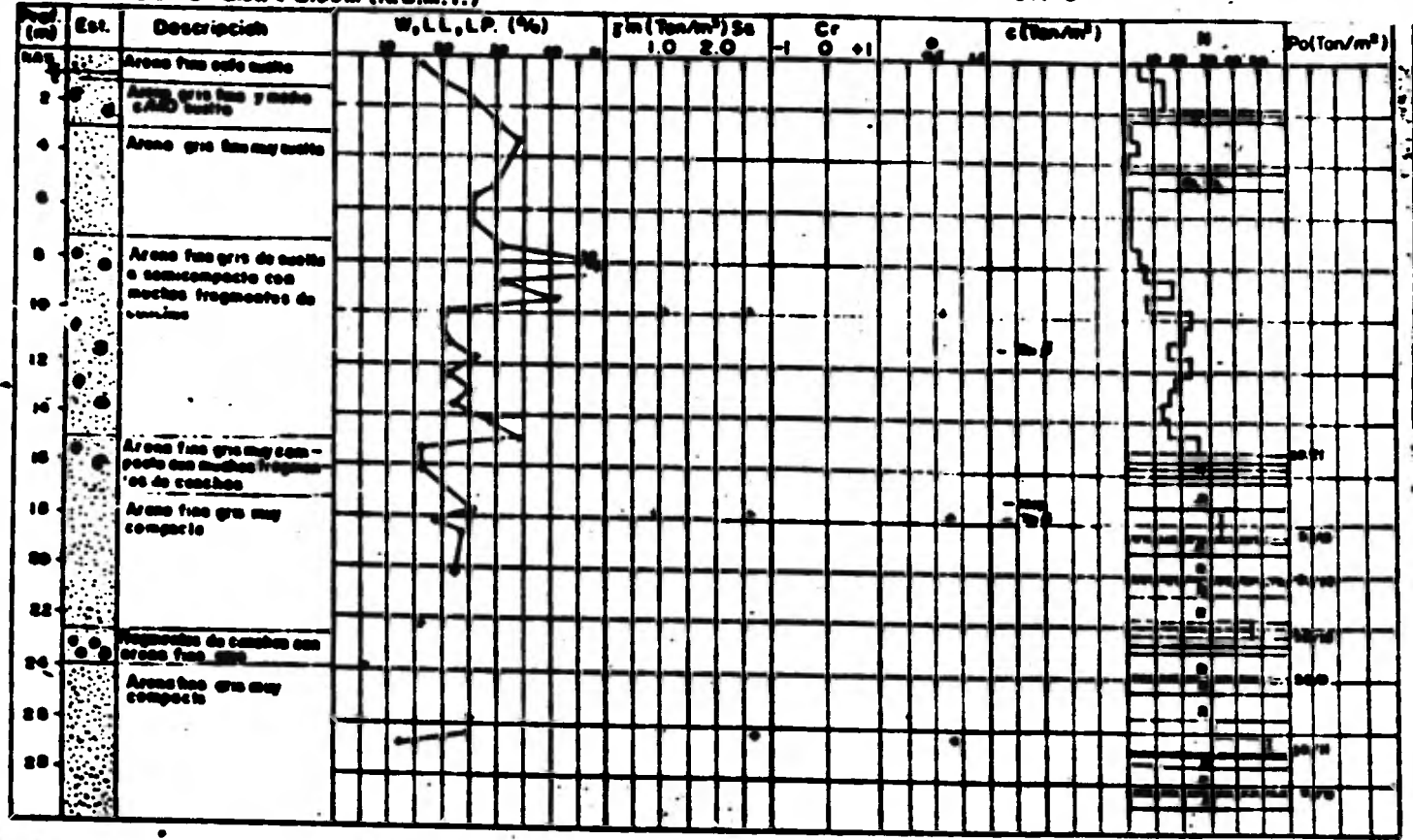
SONDEO: SE-9 (continúa)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | | | γ _m (Ton/m ³) 1.0 2.0 | | Cr | | σ (Ton/m ²) | | P ₀ (Ton/m ²) |
|-----------|------|---|-------------------|------|------|--|---|-----|----|-----|-------------------------|-------|--------------------------------------|
| | | | W | L.L. | L.P. | | 0 | 0.1 | 0 | 0.1 | | | |
| 24 | ● | Arena limosa verde muy compacta con conchas | | | | | | | | | | 5.274 | |
| 26 | | | | | | | | | | | | 5.713 | |
| 28 | | | | | | | | | | | | 5.074 | |
| 30 | | | | | | | | | | | | 5.023 | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | 5.044 |
| | | El sondaje termina a 30 m de profundidad | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-10 Elev. +2.50m (N.O.M.I.)

RESULTADOS DE LABORATORIO



ANEXO Nº II

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-10 (continuación)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L, L.P. (%) | | | | | γ _m (Ton/m ³) S _u | | C _r | C _u | c (Ton/m ²) | s _v | P _u (Ton/m ²) |
|-----------|------|---|----------------|---|------|-----|-----|---|------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|--------------------------------------|
| | | | W | L | L.P. | 1.0 | 2.0 | -1 | 0 +1 | | | | | |
| 24 | ● | Arena fina gris muy compacta | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | ● | Arena fina gris verde de muy compacta | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | El sondeo se termina a 32.64 m de profundidad | | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Veracruz
 SONDEO: SE-II Elev. - 9.95 m (N.B.M.I.)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof (m) | Est. | Descripción | W, LL, LP (%) | | | | γ _m (Ton/m ³) | | C _r | e (Ton/m ³) | P _c (Ton/m ²) |
|----------|------|--|---------------|----|----|--|--------------------------------------|-----|----------------|-------------------------|--------------------------------------|
| | | | W | LL | LP | | 1.0 | 2.0 | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 12 | | Arena fina limosa gris oscuro castaño | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | Limo arenoso café muy blanco con fragmentos de coral | | | | | | | | | |
| 20 | | Grav compacto arena fina gris castaño | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | |
| 24 | | Arena fina poco limosa café poco compacto | | | | | | | | | |
| 26 | | Arena limosa verde muy compacto con conchas | | | | | | | | | |
| 28 | | Arena limosa café claro muy compacto | | | | | | | | | |

ANEXO Nº 12

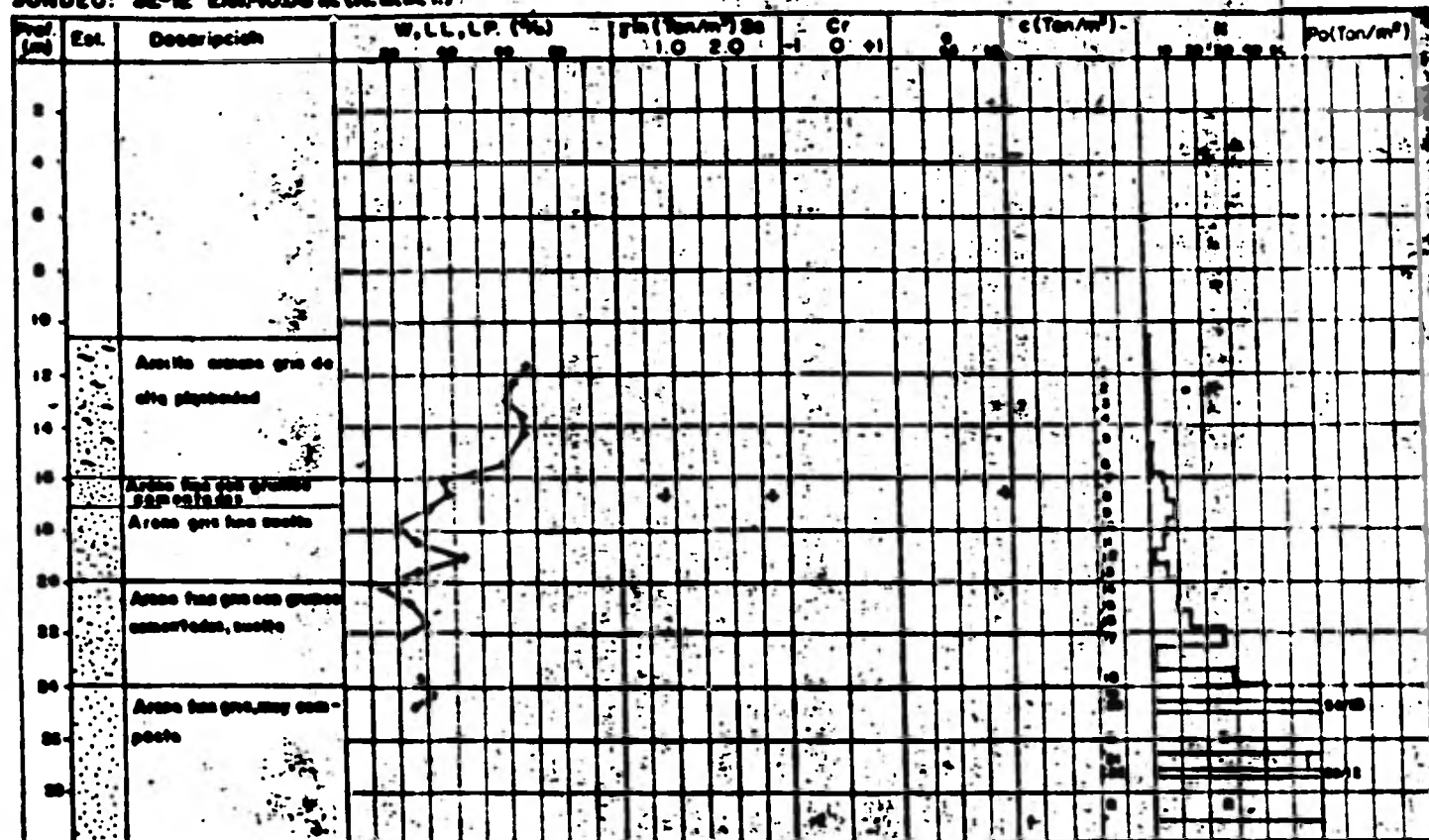
ESTUDIO: Muelle de Contenedores, Veracruz
 SONDEO: SE-1L (anclado)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof (m) | Est. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | p _h (Ton/m ²) | | Cr. | e (Ton/m ²) | | P _o (Ton/m ²) |
|----------|------|--|-------------------|-----|--------------------------------------|-----|-----|-------------------------|-----|--------------------------------------|
| | | | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 2.0 | | 1.0 | 2.0 | |
| 24 | | Arroyo limoso verde muy compacto con coque | | | | | | | | 30.21 |
| 26 | | Arroyo limoso café claro | | | | | | | | 30.78 |
| 28 | | no compacto | | | | | | | | 30.20 |
| 30 | | | | | | | | | | 31.0 |
| 32 | | El sondeo termina a 30.42m de profundidad | | | | | | | | 31.25 |

ESTUDIO: Muelle de Contenedores Vascos
 SONDEO: SE-12 Elor-1006 m. (I.R.B.M.I.)

RESULTADOS DE LABORATORIO



ANEXO Nº 13

ESTUDIO: Muestra de Contenedores de Vehículos
SONDEO: SE-12 (continúa)

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L, L.P. (%) | | | | γ_m (Ton/m ³) 10 20 | | C _r (%) | v _v (%) | v _w (%) | w _p (%) | N ₆₀ (blows/m) | P _c (Ton/m ²) | |
|--------------|------|--|----------------|---|------|----|---|----|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|
| | | | w | L | L.P. | LP | 10 | 20 | | | | | | | |
| 00 | | Arena fina gris muy compacta | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | El sondeo termina a 30.24m de profundidad | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO N° 13

ESTUDIO: Muestra de Contaminación de Aguas
 SONDED: SE-13 Elev. -10.40m (N.D.M.I.)

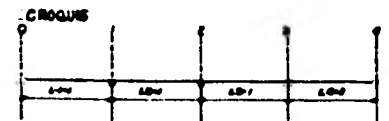
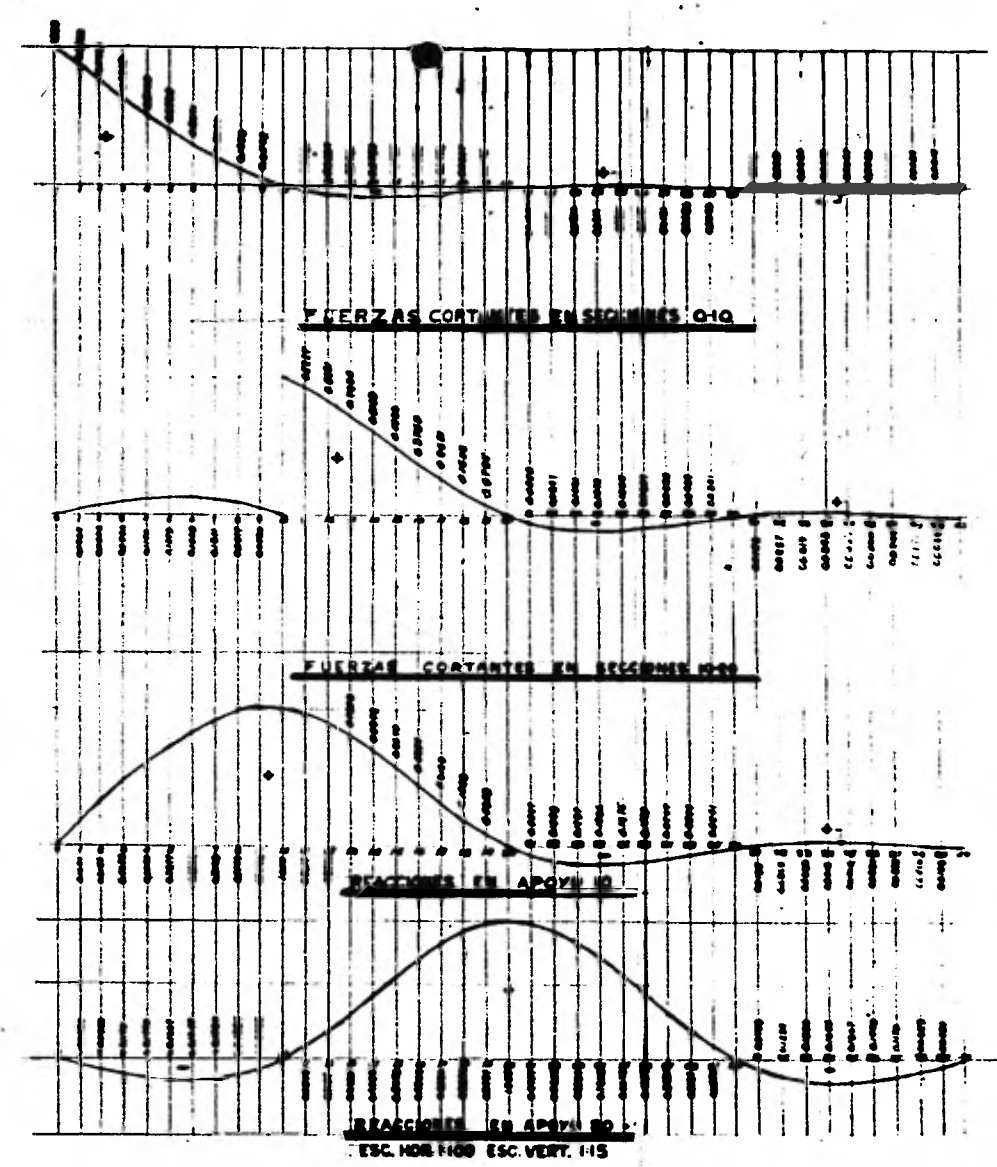
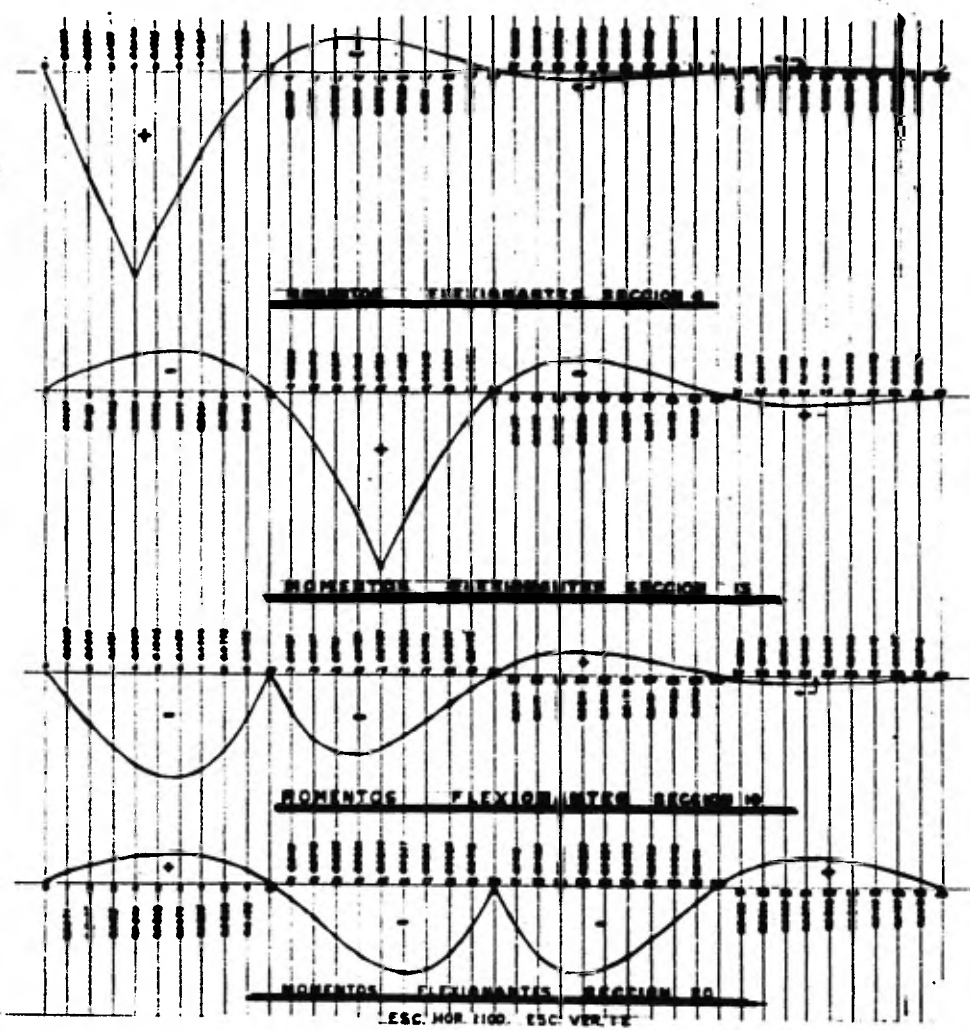
RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof (m) | Elev. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | | γ _m (Ton/m ³) | | C _r (%) | C (Ton/m ³) | N | Po (Ton/m ²) |
|----------|-------|--|-------------------|------|------|--------------------------------------|-----|--------------------|-------------------------|---|--------------------------|
| | | | W | L.L. | L.P. | 1.0 | 2.0 | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 12 | | Arena gruesa gris abundante limo | | | | | | | | | |
| 14 | | Arena fina gris clara media | | | | | | | | | |
| 16 | | Arena fina gris clara con abundantes fragmentos de coral | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |
| 22 | | Arena fina gris de com- pactación variable con frag- mentos de coral | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | |
| 26 | | Arena fina blanca muy compacta | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | |

ESTUDIO: Muestra de contenidos: **Venezuela**
 SONDEO: **SE-13 (continúa)**

RESULTADOS DE LABORATORIO

| Prof. (m) | Est. | Descripción | W, L.L., L.P. (%) | | | | P _h (Ton/m ²) | | C _r (C.G.) | e (Ton/m ³) | N | P _o (Ton/m ²) |
|-----------|------|--------------------------------|-------------------|------|------|-----|--------------------------------------|-----|-----------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|
| | | | W | L.L. | L.P. | (%) | 1.0 | 2.0 | | | | |
| 00 | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | arena fina blanda muy compacta | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | |
| 125 | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | |
| 135 | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | | | | | |
| 145 | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | | | | | |
| 155 | | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | | | | |
| 165 | | | | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | | | | |
| 185 | | | | | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | | | | | |
| 195 | | | | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | | | | |
| 205 | | | | | | | | | | | | |
| 210 | | | | | | | | | | | | |
| 215 | | | | | | | | | | | | |
| 220 | | | | | | | | | | | | |
| 225 | | | | | | | | | | | | |
| 230 | | | | | | | | | | | | |
| 235 | | | | | | | | | | | | |
| 240 | | | | | | | | | | | | |
| 245 | | | | | | | | | | | | |
| 250 | | | | | | | | | | | | |
| 255 | | | | | | | | | | | | |
| 260 | | | | | | | | | | | | |
| 265 | | | | | | | | | | | | |
| 270 | | | | | | | | | | | | |
| 275 | | | | | | | | | | | | |
| 280 | | | | | | | | | | | | |
| 285 | | | | | | | | | | | | |
| 290 | | | | | | | | | | | | |
| 295 | | | | | | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | | | | | | |
| 305 | | | | | | | | | | | | |
| 310 | | | | | | | | | | | | |
| 315 | | | | | | | | | | | | |
| 320 | | | | | | | | | | | | |
| 325 | | | | | | | | | | | | |
| 330 | | | | | | | | | | | | |
| 335 | | | | | | | | | | | | |
| 340 | | | | | | | | | | | | |
| 345 | | | | | | | | | | | | |
| 350 | | | | | | | | | | | | |
| 355 | | | | | | | | | | | | |
| 360 | | | | | | | | | | | | |
| 365 | | | | | | | | | | | | |
| 370 | | | | | | | | | | | | |
| 375 | | | | | | | | | | | | |
| 380 | | | | | | | | | | | | |
| 385 | | | | | | | | | | | | |
| 390 | | | | | | | | | | | | |
| 395 | | | | | | | | | | | | |
| 400 | | | | | | | | | | | | |
| 405 | | | | | | | | | | | | |
| 410 | | | | | | | | | | | | |
| 415 | | | | | | | | | | | | |
| 420 | | | | | | | | | | | | |
| 425 | | | | | | | | | | | | |
| 430 | | | | | | | | | | | | |
| 435 | | | | | | | | | | | | |
| 440 | | | | | | | | | | | | |
| 445 | | | | | | | | | | | | |
| 450 | | | | | | | | | | | | |
| 455 | | | | | | | | | | | | |
| 460 | | | | | | | | | | | | |
| 465 | | | | | | | | | | | | |
| 470 | | | | | | | | | | | | |
| 475 | | | | | | | | | | | | |
| 480 | | | | | | | | | | | | |
| 485 | | | | | | | | | | | | |
| 490 | | | | | | | | | | | | |
| 495 | | | | | | | | | | | | |
| 500 | | | | | | | | | | | | |

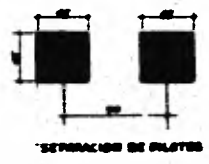
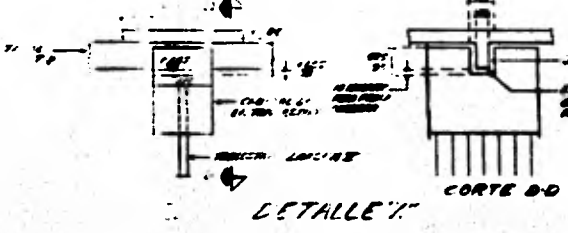
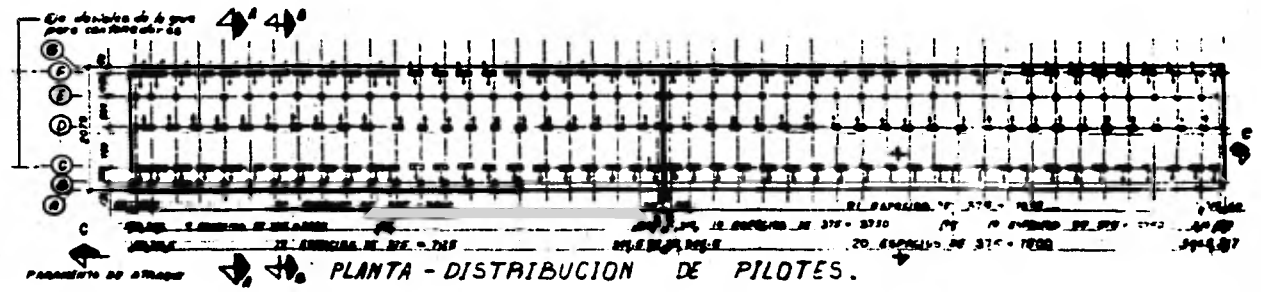
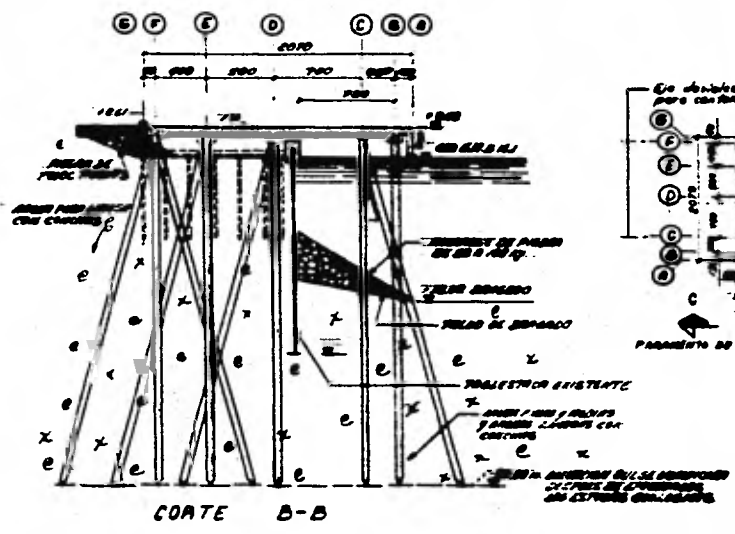
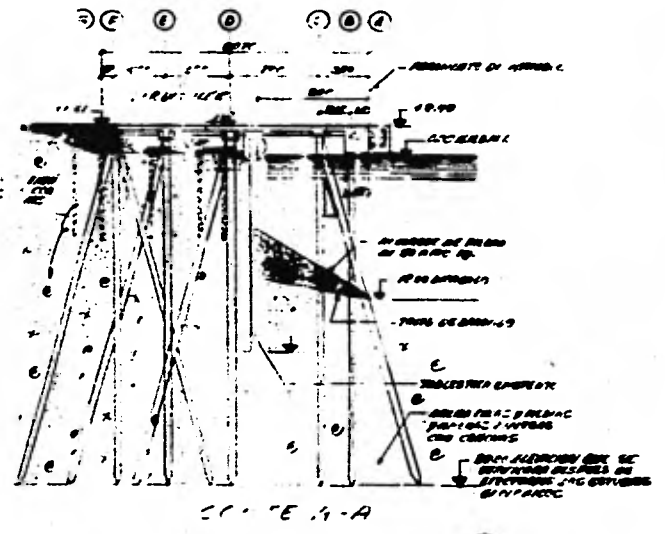
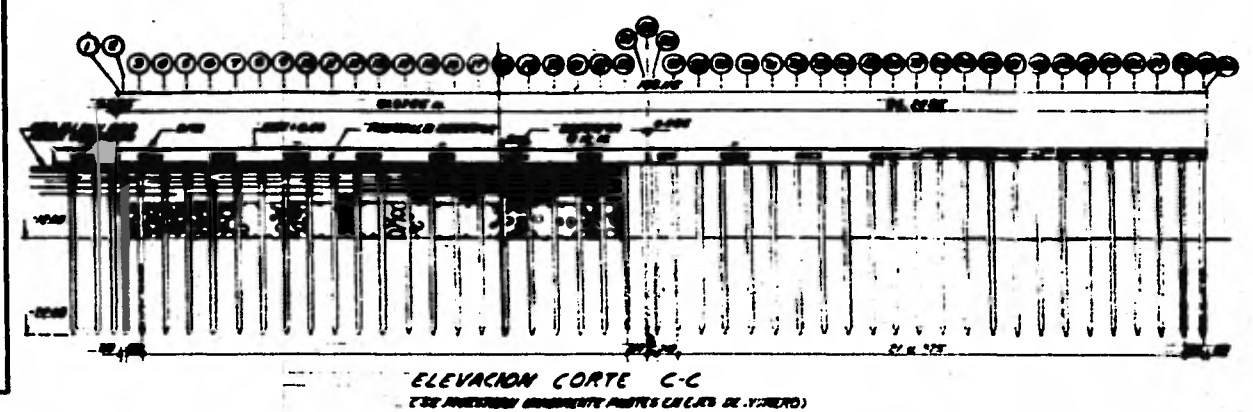
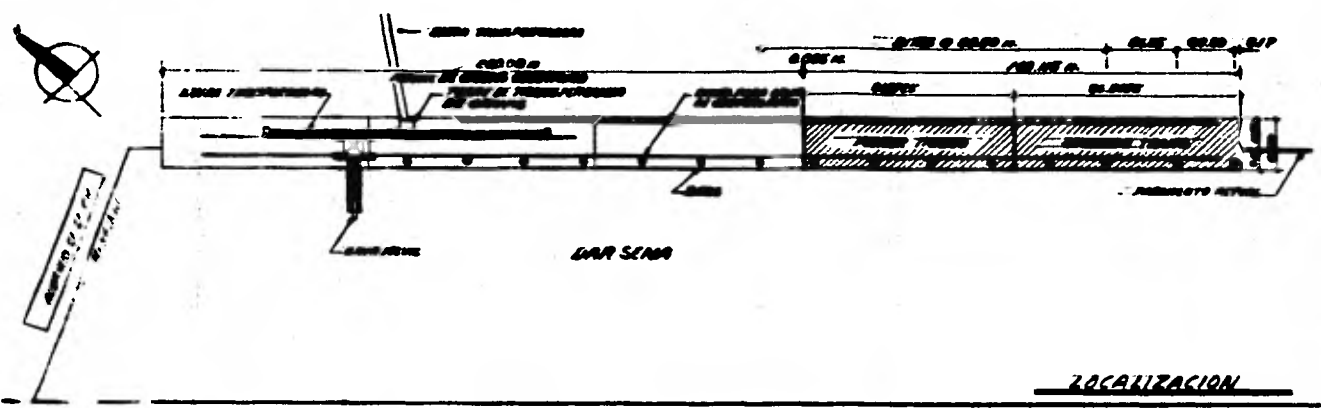


| MOMENTOS MAXIMOS EN CLAROS | | MOMENTOS MAXIMOS EN APOYOS | |
|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| M_1 | $0.0929 P L_1^2$ | M_2 | $0.0929 P L_2^2$ |
| M_2 | $0.0929 P L_2^2$ | M_3 | $0.0929 P L_3^2$ |
| M_3 | $0.0929 P L_3^2$ | M_4 | $0.0929 P L_4^2$ |

| REACCIONES | | |
|------------|----------------|----------------|
| R_0 | R_1 | R_2 |
| R_0 | $0.0929 P L_1$ | $0.0929 P L_2$ |
| R_1 | $0.0929 P L_2$ | $0.0929 P L_3$ |
| R_2 | $0.0929 P L_3$ | $0.0929 P L_4$ |

9 CARGA MUERTA
 P CARGA VIVA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO
 P1-P3 CARGA VIVA EN CLAROS 1 2 3
 M1 MOMENTOS MAX. EN CLARO 1 - APOYO 1 SEGUN TABLA
 M2 " " " 2 " 2 " "
 L1 CLARO 1
 A0 APOYO 0.

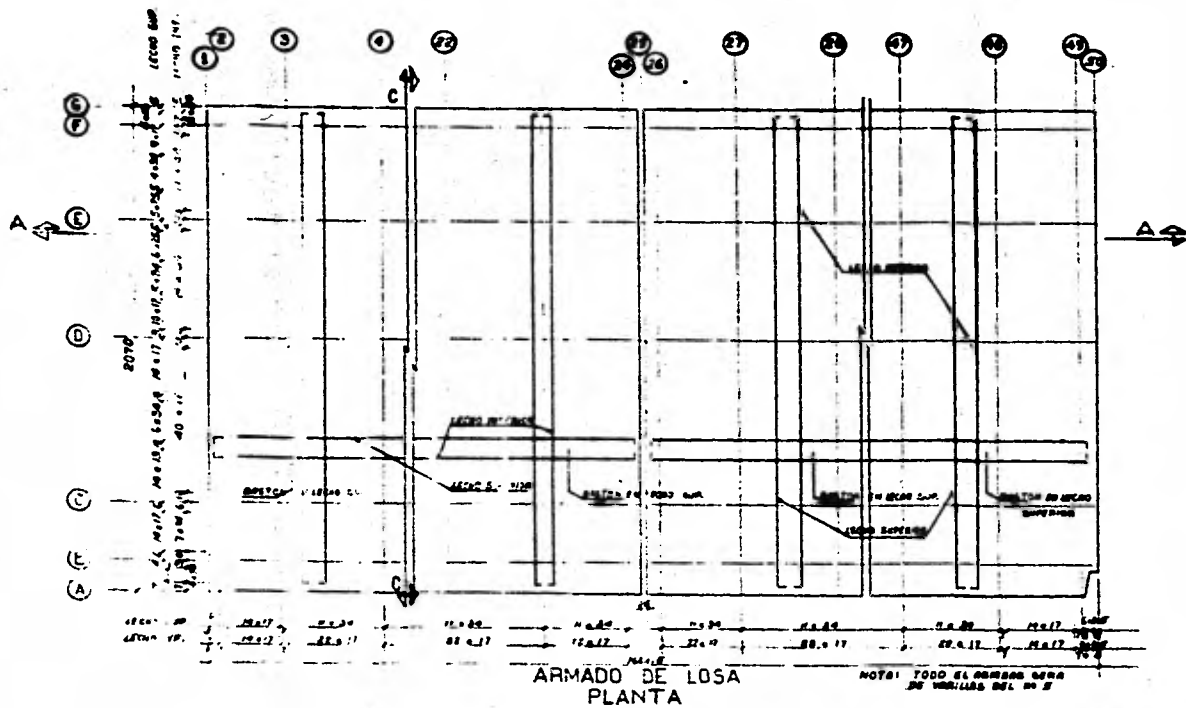
LINEAS DE INFLUENCIA PARA
 VIGAS CONTINUAS DE CLAROS IGUALES
 SECRETARIA DE MARINA
 U. N. A. M.
 TESIS PROFESIONAL
 MARZO DE 1981 ABRAHAM VELASCO R.



NOTAS:
CONDICIONES:
 En condiciones, excepto las indicadas en otra unidad.
CONDICIONES:
 En aguas, referidas al Nivel de Mar Bajo Medio Superior con elevación 0.00 m.
DATOS DE PROYECTO:
 Carga viva 40 t/m² repartida uniformemente.
 Carga N20-010.
 Grúa de contenedores.
 Impacto ocasionado por viento con velocidad de 100 Km/h.
 Coeficiente abrito 0.7

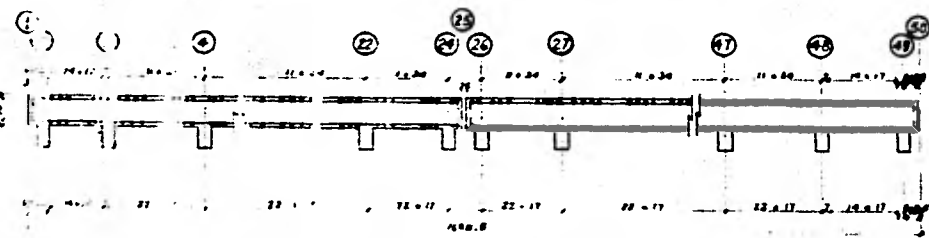
Fuerza de impacto producida por una embarcación de 20 000 t/m (DWT) con velocidad de 0.10 m/s.
CONDICIONES:
 Longitud de penetración $f_t = 0.00 \text{ g/m}^2$
 Área de refuerzo de 0.0000 g/m^2 refuerzo principal.
 Área de refuerzo de 0.0580 g/m^2 (2.6-3.6 42 2)
 Área estructural A-30, $f_t = 0.0000 \text{ g/m}^2$
 Calidad de A-30, $f_t = 0.0000 \text{ g/m}^2$
 Área de 75 t/m de capacidad.
 Refuerzo / 600 de 200 420 2 similar, a Ejecución se hará como indique el Pub. 2016

| |
|---|
| U. N. A. M. FACULTAD DE INGENIERIA TESIS PROFESIONAL PLANTA DE PILOTES |
|---|

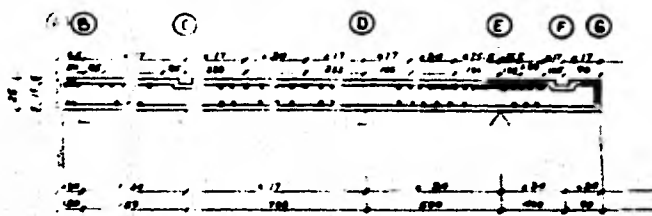


ARMADO DE LOSA PLANTA

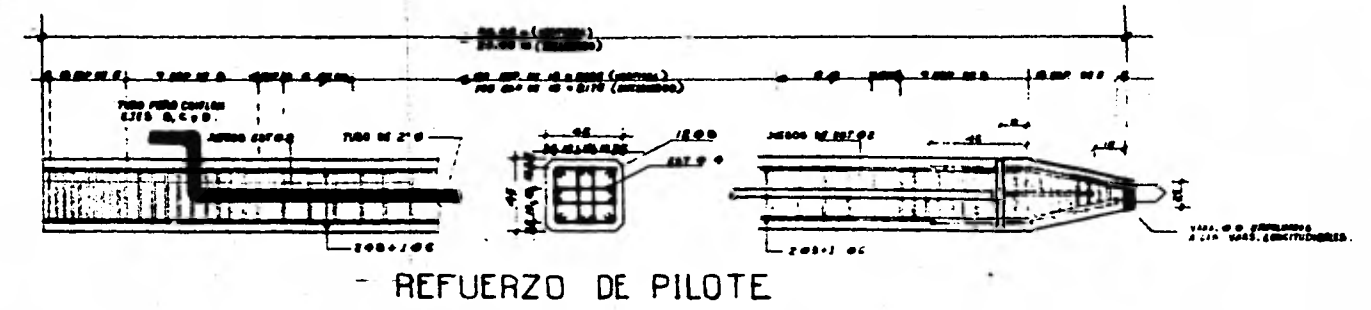
NOTA: TODO EL ARMADO SERA DE VERRILLAS DEL NO 5



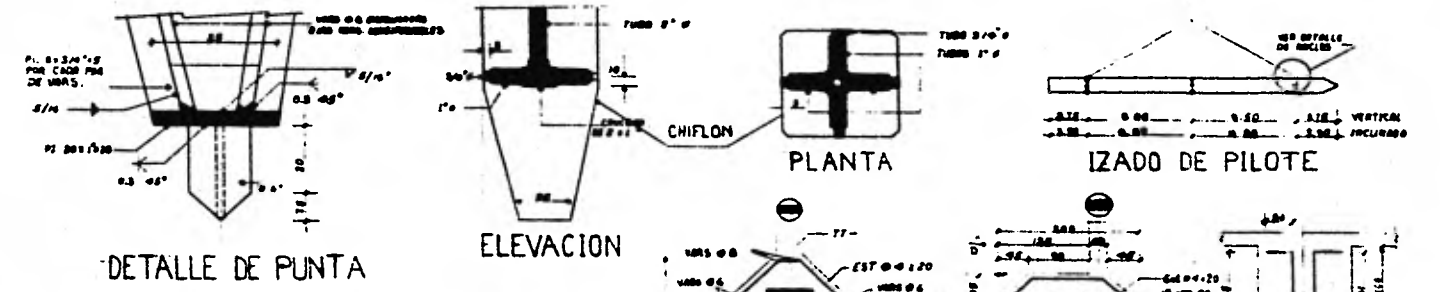
CORTE A-A



DETALLE DE ARMADO GRAL



REFUERZO DE PILOTE

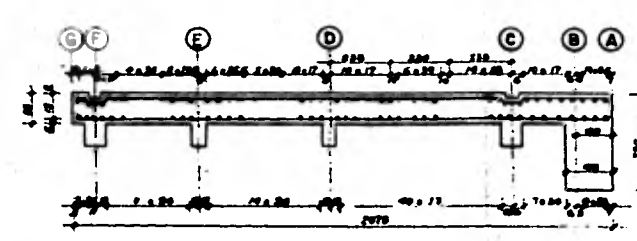


DETALLE DE PUNTA

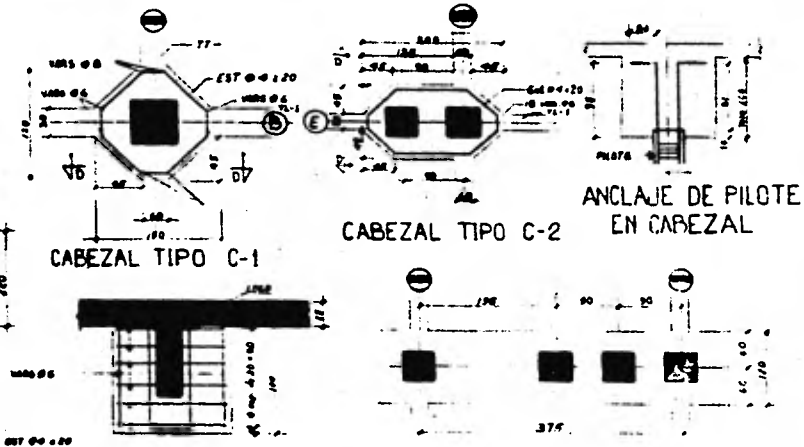
ELEVACION

PLANTA

IZADO DE PILOTE



CORTE C-C



CABEZAL TIPO C-1

CABEZAL TIPO C-2

ANCLAJE DE PILOTE EN CABEZAL

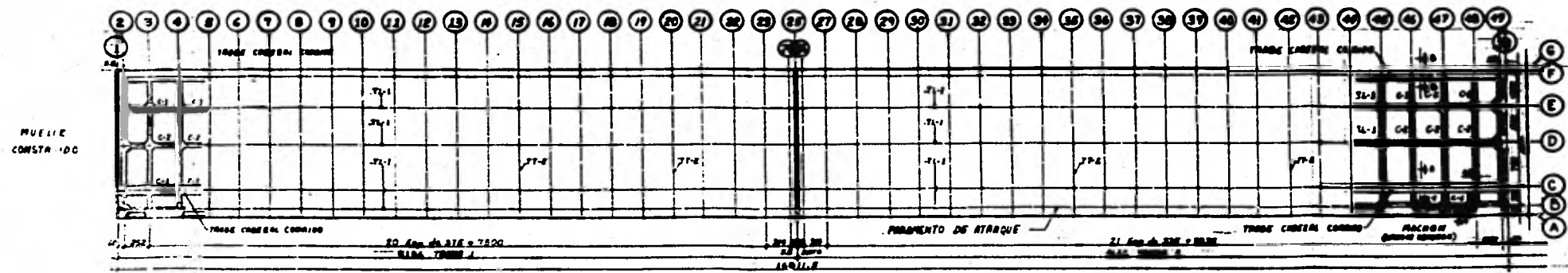
CORTE D-D

NOTAS
 1. SE DEBE DE COMPROBAR EL COMPORTAMIENTO DEL PILOTE EN EL MOMENTO DE LA CARGA.
 2. EN EL CASO DE QUE SE DEBE DE COMPROBAR EL COMPORTAMIENTO DEL PILOTE EN EL MOMENTO DE LA CARGA SE DEBE DE COMPROBAR EL COMPORTAMIENTO DEL PILOTE EN EL MOMENTO DE LA CARGA.
 3. EN EL CASO DE QUE SE DEBE DE COMPROBAR EL COMPORTAMIENTO DEL PILOTE EN EL MOMENTO DE LA CARGA SE DEBE DE COMPROBAR EL COMPORTAMIENTO DEL PILOTE EN EL MOMENTO DE LA CARGA.

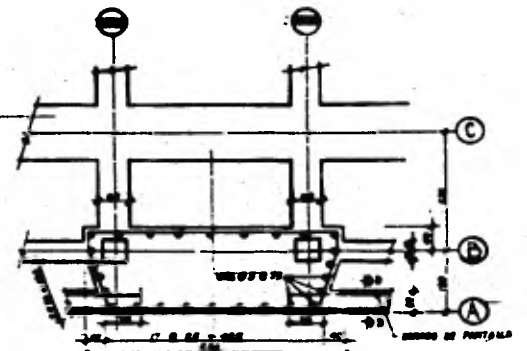
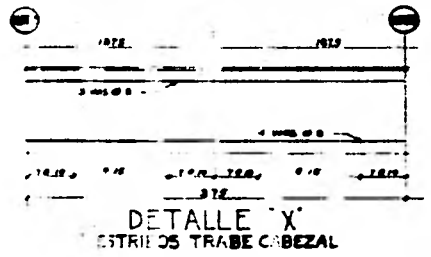
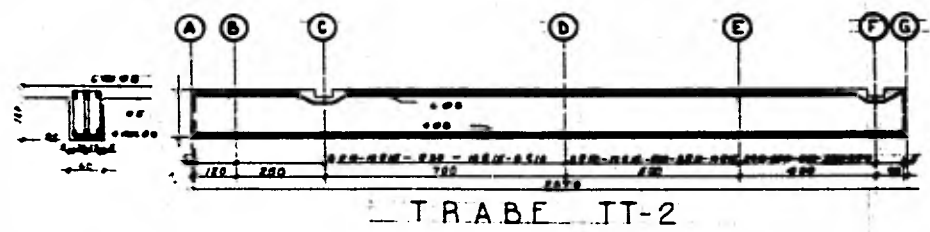
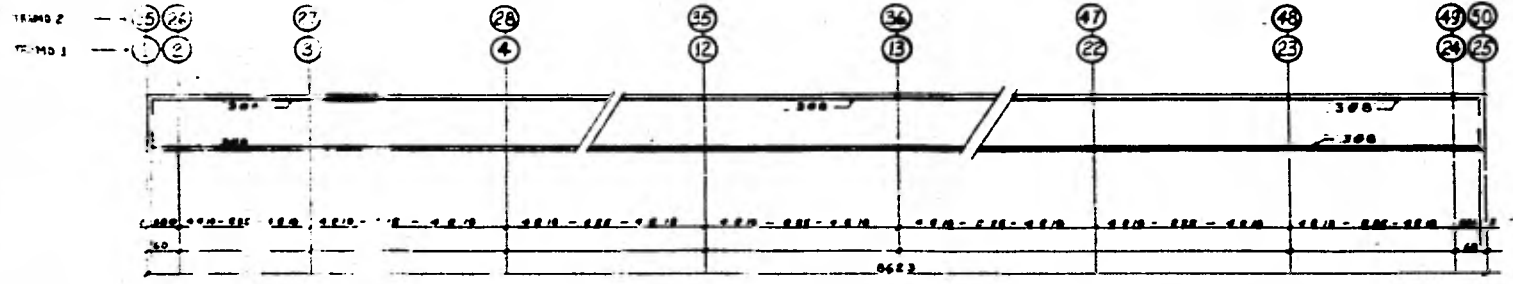
DETALLE DE PILOTES EN CABEZAL CORRIDO

U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

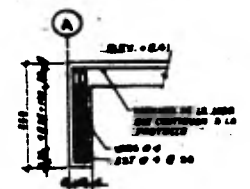
LOSA, CABEZALES Y PILOTES



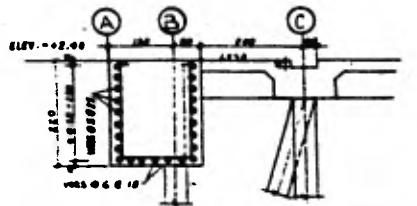
PLANTA DE LOCALIZACION DE TRABES Y CABEZALES



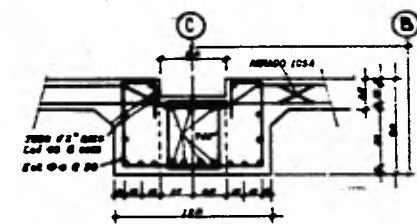
PLANTA



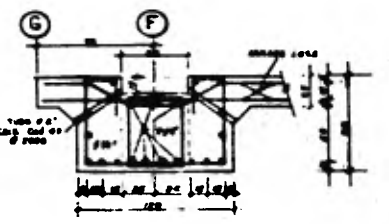
PANTALLA (CORTE D-D)



ELEVACION DETALLE DE MACHON



CORTE A-A TRABE CABEZAL CORRIDO EN EJE 'C'



CORTE B-B TRABE CABEZAL CORRIDO EN EJE 'F'

NOTA:
 REVISAR ANTES DE LOS CLAVOS EL
 ESTADO DE LAS CERRAJES PARA ASOCIAR LAS
 BOLSAS Y ANCLAJES COMO SE MUESTRA EN EL
 DISEÑO. EN DEFECTO DE ESTOS, SE DEBERAN
 COLOCAR CON LA MISMA DIMENSIONES QUE
 LOS QUE SE MUESTRA EN EL DISEÑO.

NOTAS:
 DIMENSIONES:
 EN METROS, AUNQUE SE MUESTRE EN OTRO SISTEMA
 EN METROS, AUNQUE SE MUESTRE EN OTRO SISTEMA
 REFERIRSE A LA ELEVACION D-D
 PARA NOTAS COMO EVENTUALMENTE SE MUESTRE EN
 ALGUNAS PARTES DEL DISEÑO.

U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

PLANO DE TRABES