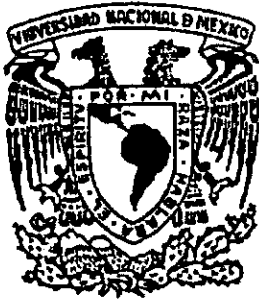


53



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

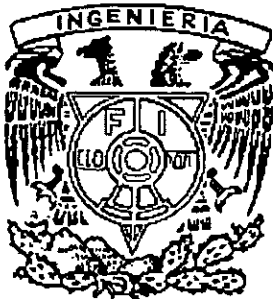
---

---

AMPLIACIÓN DE MUELLE Y PATIOS DE UNA  
TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO  
DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COLIMA

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO  
DE INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A:  
ALEJANDRO } LOPEZ MACIAS



DIRECTOR ING. JAVIER GUTIERREZ REYNOSO.

MÉXICO, D.F.

2000

283565



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/143/98

Señor  
**ALEJANDRO LOPEZ MACIAS**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. JAVIER GUTIERREZ REYNOSO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de "INGENIERO CIVIL"

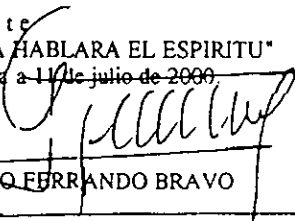
**"AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COLIMA"**

- INTRODUCCION**
- I. ANTECEDENTES**
- II. ANALISIS DE LA CAPACIDAD DEL PUERTO EN ESTUDIO**
- III. ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS**
- IV. INGENIERIA DE PROYECTO**
- V. CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFIA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria a 11 de julio de 2000  
EL DIRECTOR

  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg

## AGRADECIMIENTOS.

A Dios por permitirme alcanzar mis metas y de seguir adelante.

A mi Universidad, Facultad de Ingeniería y a todos mis profesores que colaboraron en mi desarrollo profesional.

Al Ingeniero Javier Gutiérrez Reynoso por su dedicación y tiempo en la asesoría del presente trabajo, y especialmente por brindarme su amistad.

Al Ingeniero Guillermo Macdonell por haberme brindado su apoyo y enseñanzas en el inicio de mi carrera profesional.

## DEDICATORIAS.

### A mis Papas

Que con su amor y apoyo incondicional, no importando las circunstancias he culminado una de las metas más importantes de mi vida les dedico este logro que en realidad es de ustedes ya que sin ustedes nunca lo habría logrado.

### A mis hermanitos José Alberto, Karla y Ariadne

Por estar conmigo en los momentos difíciles de mi vida así como también por sus consejos y comprensión.

### A mi tío Paco (t).

Que aunque ya no estés con nosotros estoy seguro que te alegraría tanto como a mí este momento y aunque nunca te lo dije tu fuste mi segundo papá.

### A Mayra.

Por estar conmigo siempre en los momentos especiales para mí, por confiar no importando las circunstancias, ni las razones, por entender mi mal carácter, pero principalmente por enseñarme lo que es realmente el AMOR.

### A todos mis amigos, tíos y primos.

Que siempre han estado conmigo en los momentos especiales de mi vida.

Recuerda que justo en el momento en que digas "me rindo", alguien más al verse en la misma situación, estará diciendo "¡ qué maravillosa oportunidad !"..

**H. Jackson Brown, Jr**

# AMPLIACIÓN DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO COLIMA.

## OBJETIVO:

La finalidad de esta tesis es proyectar la construcción de la ampliación de una terminal de contenedores en el Puerto de Manzanillo Colima, de la cual se incluye muelle marginal, además del patio respectivo de contenedores e instalaciones inherentes para el manejo de los mismos

## Introducción.

### Alcances de la tesis.

### I.- Antecedentes

I.1 Condiciones Físicas.....	2
I.1.1 Localización.....	2
I.1.2 Fisiografía.....	4
I.1.3 Clima.....	4
I.1.4 Procesos Costeros.....	6
I.1.5 Geología y uso del suelo.....	10
I.2 Transporte.....	10
I.3 Area de Influencia.....	10
I.4 Instalaciones existentes y terminales en operación del puerto en estudio.....	11
I.4.1 Antecedentes históricos.....	11
I.4.2 Infraestructura.....	11
I.5 Instalaciones existentes y terminales para el manejo de contenedores.....	13
I.5.1 Datos de Diseño.....	14

### II.- Análisis de la capacidad del puerto de Manzanillo.

#### Introducción

II.1 Factores determinantes de la evolución de un puerto.....	17
II.2 Tendencias de Explotación.....	18
II.3 Análisis de la capacidad del puerto.....	19
II.3.1 Capacidad por Índices.....	20
II.3.2 Capacidad por teoría de Colas.....	22

### III.- Estudio de Mecánica de Suelos.

III.1. Investigación del subsuelo.....	31
III.1.1 Exploración.....	31
III.1.2 Ensayes de laboratorio.....	31
III.2. Estratigrafía.....	33
III.2.1. Patio de Contenedores.....	33
III.2.1.1 Zona de Tierra.....	33
III.2.1.2 Zona de Agua.....	36
III.2.2. Muelle.....	36
III.3. Licuación de arenas.....	36
III.3.1 Aspectos Básicos.....	37
III.3.1.1 Comportamiento bajo carga en condición drenada.....	37
III.3.1.2 Comportamiento bajo carga en condición no drenada.....	37
III.3.2 Acontecimientos sísmicos en el Puerto de Manzanillo.....	37
III.3.3 Potencial de licuación a partir de ensayos de campo.....	38

III.4. Bancos de Materiales.....	39
III.4.1 Banco La Floreña.....	41
III.4.2 Banco La Tigra.....	41
III.4.3 Banco Tapeixtles.....	41
III.5. Análisis Geotécnicos.....	41
III.5.1 Cimentación del Muelle.....	47
III.5.2 Patio de contenedores.....	49
III.5.2.1 Zona de Tierra.....	49
III.5.2.2 Zona de Agua.....	49
III.5.3 Elementos de contención.....	49
III.5.3.1 Pedrapén.....	50
III.5.3.2 tablestaca.....	50
<b>IV. Ingeniería de proyecto.</b>	
IV.1 Rellenos en la zona de patios.....	51
IV.2 Mejoramiento del terreno.....	51
IV.2.1 Vibrodesplazamineto.....	57
IV.2.2. Drenes Verticales (Wick Drains).....	57
IV.3 Pavimentos.....	63
IV.4 Drenaje Pluvial.....	68
IV.5 Muelle.....	70
IV.5.1 Defensas.....	74
IV.5.2 Elementos de Amarre.....	76
<b>V. Conclusiones y Recomendaciones.</b>	
V.1 Conclusiones.....	78
V.2 Recomendaciones.....	79
<b>Anexo A</b> .....	80
<b>Anexo B</b> .....	85
<b>Bibliografía.</b>	



## INTRODUCCION

En el pasado la calidad y productividad de los servicios portuarios eran inferiores a los estándares internacionales, el equipamiento y las instalaciones mostraban rezagos importantes, había un bajo dinamismo en los volúmenes transportados por vía marítima en relación con el tamaño de la economía; existía una gran dispersión de las inversiones en un elevado número de puertos, lo cual se reflejaba en un bajo índice de utilización de la capacidad instalada al tiempo que existían puertos cercanos al grado de saturación. La construcción y administración de puertos estaba a cargo exclusivamente del Gobierno Federal y la prestación de los servicios estaba monopolizada por empresas gubernamentales. Existían fuertes rigideces laborales asociadas a la existencia de un único sindicato por puerto. Los precios y tarifas eran fijadas centralmente y de manera uniforme para todos los puertos y la participación del capital privado era prácticamente simbólica y cuando existía, se limitaba a terminales de uso particular.

Por ello fue necesario redefinir el papel del Estado en la actividad portuaria esto es, contar con la rectoría de la actividad para el fortalecimiento de las funciones normativas y de supervisión. Posteriormente se trabajó en la descentralización para que cada puerto o conjunto de pequeños puertos contaran con una administración propia, autónoma y autosuficiente; fue entonces cuando se fomentó la sana competencia entre los puertos.

Esto trajo consigo significativos avances, al grado de que nuestro país actualmente cuenta con servicios de transporte marítimo suficientes, oportunos y seguros así como con servicios regulares quincenales o semanales, de 118 líneas navieras que enlazan a nuestros puertos con 108 países, se dice fácil pero las 20 principales líneas navieras internacionales dan servicio a nuestro país.

Dada la apertura tan fuerte que se ha tenido en los últimos años hacia el comercio internacional los puertos mexicanos han tenido que invertir para contar con instalaciones especializadas y así ofrecer un servicio de verdadera eficiencia; y un ejemplo claro es el puerto de Manzanillo que de 1994 a 1999 se realizaron inversiones que permitieron ampliar sus instalaciones, se duplicaron los patios de almacenamiento de 61 mil 215 metros a 122 mil 241 metros cuadrados, entre otras modificaciones como la compra de grúas; por lo que ahora el puerto que más se acerca a lo que se considera una terminal marítima eficiente es Manzanillo, puerto que espera aumentar su capacidad instalada para el manejo de carga en este año en un millón de toneladas, es decir, de los 17 de 1999 a 18 millones en este año.

Para poder lograr este reto se considero adecuado y necesario la construcción de la terminal especializada para el manejo de contenedores que es motivo de la realización de este trabajo; por lo que el objetivo primordial de esta tesis es dar a conocer de manera general algunos de los trabajos que se deben de realizar para la construcción de una terminal.

Inicialmente en el capítulo I se dan a conocer las características fisiográficas del sitio en donde se realizara la construcción, su área de influencia, y así como también la infraestructura con la que se cuenta.

En capítulo II se explica un poco sobre cuales son los factores que determinan la evolución de un puerto y posteriormente se realiza un análisis sobre la capacidad del puerto de Manzanillo.

En el capítulo III se describe ampliamente las propiedades del subsuelo, los aspectos básicos sobre la licuación de las arenas, las características de los bancos de materiales, etc.

En el capítulo IV se tratan trabajos específicos de la terminal como son:

- Los rellenos
- El mejoramiento masivo del terreno
- Los pavimentos, y
- El drenaje pluvial.

Y finalmente en el capítulo V se realizan las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la realización de este trabajo.

## CAPITULO I

### **ANTECEDENTES.**

#### **El Medio Marítimo.**

Es del conocimiento generalizado que los océanos y mares cubren aproximadamente el 70 % de la superficie del globo terráqueo, con un volumen de agua de  $1,370 \times 10^{15} \text{ m}^3$ ; en la oceanografía moderna se establece que existen 4 océanos: Pacífico, Atlántico, Indico y Ártico. El Océano Pacífico, junto con sus mares es mucho más grande que los otros, siguiendo de importancia el Atlántico, Indico y Ártico.

#### **Aprovechamientos Marítimos.**

Prácticamente desde la aparición de los seres humanos, éstos han aprovechado de una u otra forma el medio ambiente, contándose dentro de él desde luego el mar.

Con el paso del tiempo y acorde con el desarrollo de la tecnología, los aprovechamientos marítimos se han intensificado y diversificado, pudiéndose clasificar en varios grupos:

- Navegación
- Explotación de Recursos.
- Recreo o placer.

**Navegación.-** Representa uno de los medios de transporte más importantes y sin lugar a duda, es relativamente el más económico de todos los existentes.

La navegación puede subdividirse a su vez en: turística, militar y comercial; cabe señalar el gran auge que ha tenido la navegación comercial en las últimas décadas, debido al transporte masivo de materias primas y cargas especializadas tales como el petróleo, minerales, granos, contenedores, etc., provocando el crecimiento de los buques de manera sorprendente llegando inclusive a rebasar inclusive las 500,000 T.P.M.<sup>1</sup> (Super Tanque).

La historia de los puertos es un tema de gran interés y amplitud, que data en la historia antigua, posiblemente desde el año 3,500 a. C. o anterior inclusive. Se dice que los egipcios se lanzaron a la conquista del mar alrededor del año 2,800 a. C., sin tener éxito, pero aportando las bases para el posterior desarrollo de la navegación.

Los herederos del movimiento fueron los fenicios, quienes establecieron el comercio marítimo y alcanzaron por vez primera el Atlántico.

Fue en los tiempos de los griegos que se iniciaron las grandes obras relacionadas con la actividad portuaria, con la construcción del primer muelle y del primer rompeolas, así como las obras de balizamiento e iluminación en Delos.

Durante la caída del imperio Romano, se construyeron varias obras, como por ejemplo el puerto de Ostia en Italia, que fue construido con una idea de grandeza y solidez; debido al bajo costo de la mano de obra, en este tiempo los trabajos marítimos recibieron una gran atención y que dada la falta de mantenimiento desaparecieron que de lo contrario, estarían en condiciones de operar actualmente.

Fue hasta varios siglos después cuando los imperios europeos, en su afán de conquista, impulsaron los avances en la navegación y el desarrollo de las obras portuarias.

<sup>1</sup> T.P.M. Toneladas de Peso Muerto. (Se compone de la carga, combustible, agua, viveres, lubricantes, consumo y tripulación).

**Explotación de Recursos.**- Dentro de los mares y océanos, la explotación de recursos se realiza con diversas finalidades: la más antigua es la pesca de diferentes especies animales para el consumo humano.

Es notorio el desarrollo que se ha tenido en la explotación petrolera en el mar, mediante el uso de plataformas marinas y otros elementos de alta tecnología.

El agua del océano, por sí misma, representa un valioso recurso, como por ejemplo en el caso de aprovecharla para el enfriamiento de centrales térmicas y nucleares, para la obtención de agua potable, aunque esto último no es en la actualidad una opción económica para desarrollos no costeros.

**Recreo o placer.**- Es de todos conocido el hecho de que el mar constituye una de las mayores atracciones para vacacionar, desarrollándose varias actividades en él, tales como: el buceo, el veleo, la pesca deportiva, etc.

Como nunca antes, en nuestros tiempos el comercio internacional es la clave para el crecimiento económico. Los barcos y puertos desempeñan un papel primordial en el comercio mundial, y consecuentemente, en el desarrollo económico nacional e internacional.

El comercio marítimo mundial tan solo en 1997, totalizó cinco mil millones de toneladas, de las cuales tres mil millones fueron productos tales como el petróleo, carbón, granos y minerales, transportados en buques graneleros. El volumen restante, consiste principalmente en carga general, integrada por productos terminados o sus componentes el cual se manejó hasta en un 70%, en contenedores; esto ha ocasionado que muchos puertos antiguos sean tecnológicamente obsoletos con lo cual es necesario la construcción de nuevos puertos y terminales para poder dar alojamiento a los grandes barcos modernos, por lo cual es conveniente dar a conocer las condiciones en que se encuentra el sitio en donde se desarrollará nuestra terminal especializada.

## **1.1 Condiciones Físicas.**

### **• 1.1.1 Localización.**

El estado de Colima está localizado en la parte media de la costa sur del Océano Pacífico. Su nombre significa "Mano armada". Está limitado al norte, este y oeste con el estado de Jalisco; al Sureste con Michoacán y al sur con el Océano Pacífico. Tiene forma de triángulo escaleno cuyo vértice viene a ser el cono del volcán de Fuego y su base el litoral del Pacífico.

El estado de Colima está formado por 10 municipios: Armería, Colima, Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc, Ixtlahuacán, Minatitlán, Manzanillo, Tecomán y Villa de Álvarez.

El municipio de Manzanillo es el más grande del estado, se localiza entre los 103°59' y 104°44' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y los 18°53' y 19° 00' Latitud Norte (Figura 1.1). Está limitado al Sureste con el municipio de Armería; al Sur con el Océano Pacífico; al Noreste con el Municipio de Coquimatlán, al Norte con Minatitlán y al Noreste y Oeste con el Estado de Jalisco.

El puerto de Manzanillo es para México "la puerta del Pacífico" al comercio internacional, hecho que lo hace un puerto estratégico y de gran potencial para el comercio con los países de la cuenca del Pacífico, en especial con sus principales socios comerciales (Estados Unidos y Canadá), así como los países que conforman la zona más dinámica en el ámbito mundial, tales como Japón, Corea, Singapur, Hong Kong, Australia y Nueva Zelanda.

Así mismo es el principal vínculo entre el Pacífico y el corredor industrial y comercial más importante del país, conformado por las zonas occidente y centro, donde se concentran importantes desarrollos industriales y agrícolas, como son los ubicados en Jalisco, la zona del bajo, el Estado de México y el Distrito Federal.

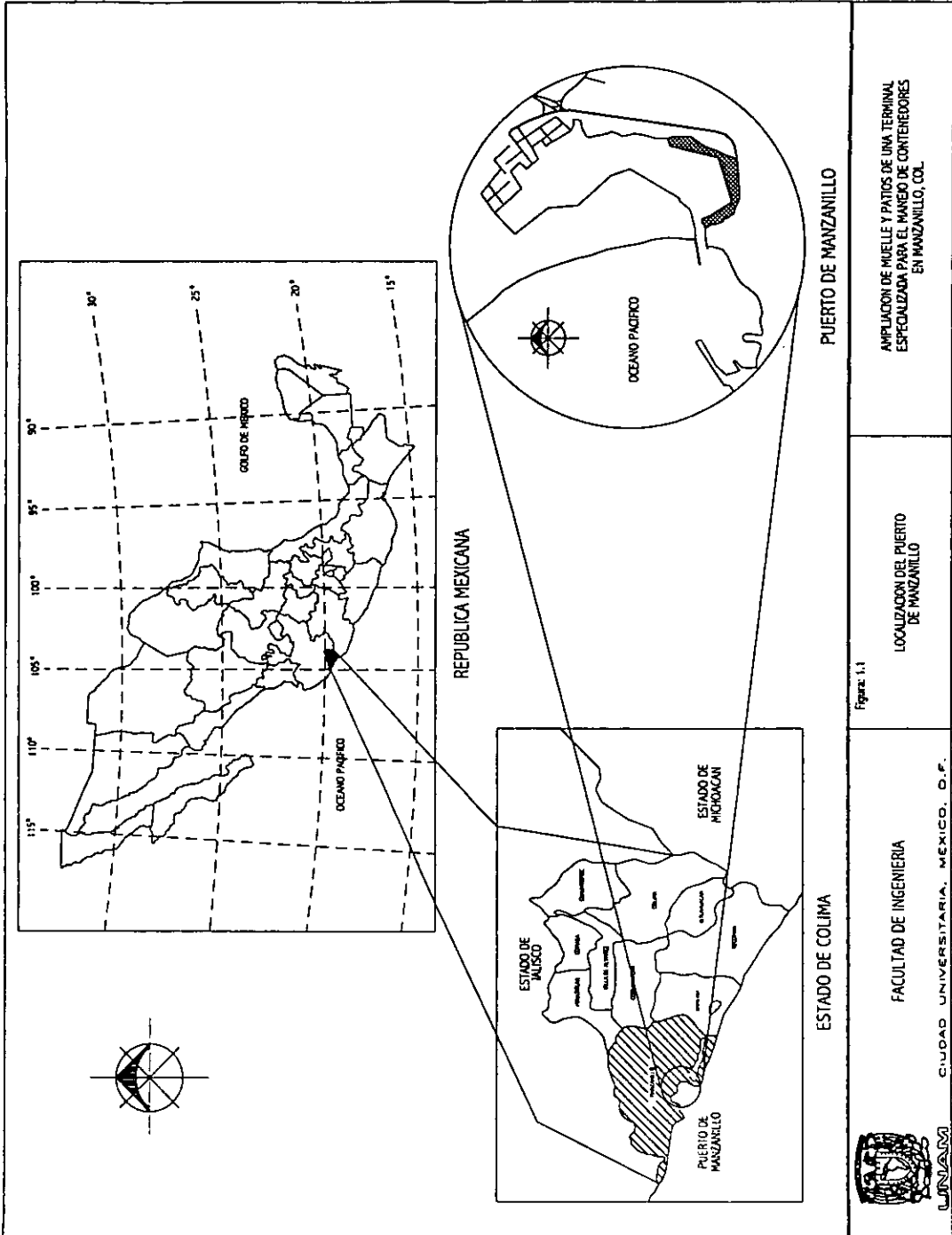


Figura 1.1

PUERTO DE MANZANILLO

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

LOCALIZACION DEL PUERTO DE MANZANILLO

ESTADO DE COLIMA

FACULTAD DE INGENIERIA

Ciudad Universitaria, México, D.F.



### 1.1.2 Fisiografía.

- **Orografía.**

El municipio de Manzanillo es básicamente montañoso sin embargo, en la costa se localizan algunas planicies o valles, como son: Santa Rita, Las Juntas y los alrededores de la bahía de Manzanillo que incluye a Jalipa, Punta de Agua de Camotlán y Chindiablo, al norte en los límites con Jalisco y la región de Centinelas en la depresión de Marabasco, los cerros con mayor altura son: el Escalítán, Tepejilote, el Espinazo del Diablo, el Zacate, San Buenaventura y el Escorpión.

- **Hidrografía**

Dada la orografía del municipio de Manzanillo no da oportunidad a las corrientes de construir un curso muy extenso por lo cual pasan al mar a través de una reducida planicie costera, provocando que no se encuentren en la zona escurrimientos permanentes de importancia.

La principal corriente de agua en la zona es el río Cihuatlán, el cuál nace en Autlán Jalisco; recibe agua de los ríos Cacao, San José, Pueblo Nuevo, Marabasco y finalmente desemboca en Barra de Navidad. Tiene una longitud de 155 Km y su descarga al mar es de 890 millones de m<sup>3</sup> al año aproximadamente. Otros arroyos son: Chindiablo, Punta de Agua de Camotlán, el Limoncito, las Juntas, el Salto y Agua Blanca.

La laguna más importante por su dimensión es la de Cuyutlán, localizada al sur de la Ciudad de Manzanillo y su aprovechamiento es principalmente el de la explotación de sal.

La laguna de San Pedrito es de menor dimensión que la anterior, se encuentra paralela a la costa de la Bahía de Manzanillo y en ella se han desarrollado las instalaciones para el puerto comercial de este estado.

En el municipio existen gran cantidad de pozos y norias, como es el caso de las localidades de Venustiano Carranza, el Colmo, Jalipa, Tapeixtles, Santiago, Salahica, la Central y Peña Blanca.

- **Vegetación.**

La vegetación en la zona está acorde con el clima de la región, la costa tiene como vegetación el palmar y los matorrales, excepto en el contorno de las lagunas litorales, que poseen vegetación de manglar y pantano.

En la parte alta del Municipio se encuentran especies forestales como el pino y el encino; en la parte media el carcano o solocoahitl, primavera, rosa morada, palma real, coral, guayabito y perota.

### 1.1.3 Clima.

Se clasifica como tropical seco, con periodos de sequía bien definidos, correspondientes a la escala de los sub-húmedos. La temperatura externa máxima es de 34.1° y la mínima de 19.7°, con una temperatura media anual de 26.9°.

- **Precipitación.**

La precipitación media anual es de 582.2 mm, con periodos de lluvias entre Junio y Octubre y de alta incidencia ciclónica en Septiembre y Octubre, meses en que se registran altas velocidades del viento y marejadas.

- **Vientos.**

En Manzanillo los vientos reinantes provienen del oeste con una frecuencia del 87 %, del sur con 5 % y del este, sureste y suroeste con 1% respectivamente. Los vientos dominantes provienen del noroeste con una velocidad de 7 m/s y del este y oeste con 4.5 m/s (Figura 1.2).

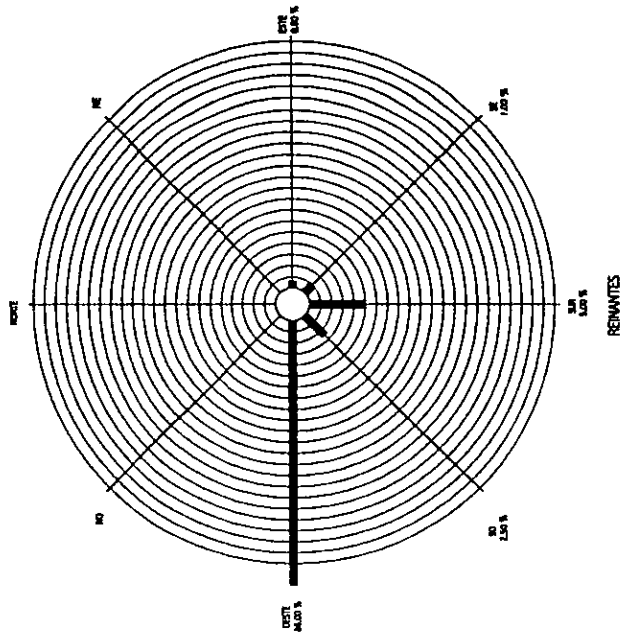
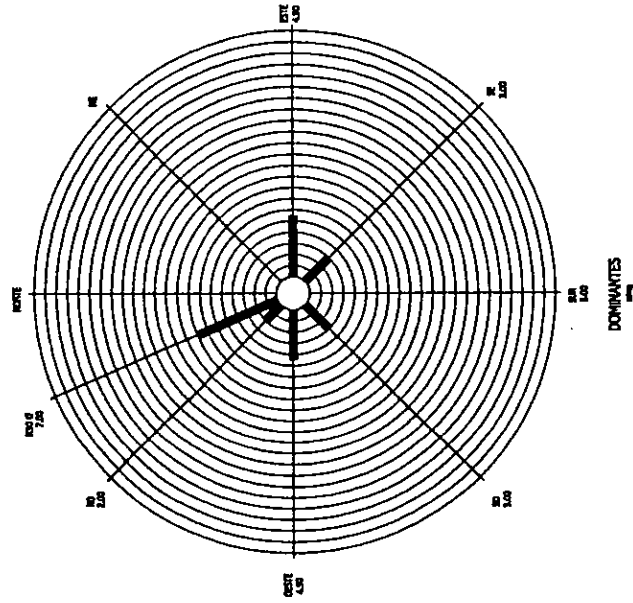


Figure 1.2

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, COL.

ROSA DE VIENTOS

FAACULTAD DE INGENIERIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



- **Sismos.**

De acuerdo a la regionalización sísmica del país<sup>2</sup>, Manzanillo se ubica en la región D, primera en orden de importancia de las cuatro en que se ha dividido el país (Figura 1.3).

La historia sísmica de Manzanillo se muestra en la tabla I.1 en la cual se puede observar que la ocurrencia y la magnitud de los sismos son de importancia, aspecto que se debe tener en consideración para el diseño y más aun sabiendo que el puerto interior de San Pedrito esta formado básicamente por rellenos hidráulicos granulares, favoreciendo con esto la aparición del fenómeno de la licuación de arenas.

**Tabla I.1** Historia Sísmica.

FECHA	MAGNITUD*	COMENTARIO.
26 de Agosto de 1611	M = Muy Fuerte**	El volcán de Colima lanzó ceniza.
16 de Agosto de 1711	M = Fuerte**	
31 de Mayo de 1818	M = Muy Fuerte**	El volcán de Colima Hizo erupción.
20 de Enero de 1900	M= 7.5	
17 de Mayo de 1900	M= 7.1	El volcán de Colima Hizo erupción.
3 de Junio de 1932	M= 8.4***	El ferrocarril sufrió asentamiento considerables
18 de Junio de 1932 (Replica).		
30 de Enero de 1973	M= 7.3	
9 de Octubre de 1995	M= 7.6	El puerto interior de San Pedrito sufrió daños considerables

\* La magnitud esta referida a la escala de Mercalli.

\*\* Magnitud no registrada pero catalogada como muy fuerte o fuerte

\*\*\* Este sismo es el de mayor magnitud que se sabe ha ocurrido en México.

#### 1.1.4 Procesos Costeros.

- **Oleaje.**

Los oleajes más frecuentes que se presentan en la zona, provienen del noroeste con una ocurrencia del 36.6 %, seguidos en orden de importancia los provenientes del oeste con 33.7%, sureste con 10.8% y el sur con 8.1 %.

En la figura 1.4 se muestra el régimen anual de oleaje el cual es obtenido con base en la información estadística editada por el Sea and Swell.

- **Marea Astronómica.**

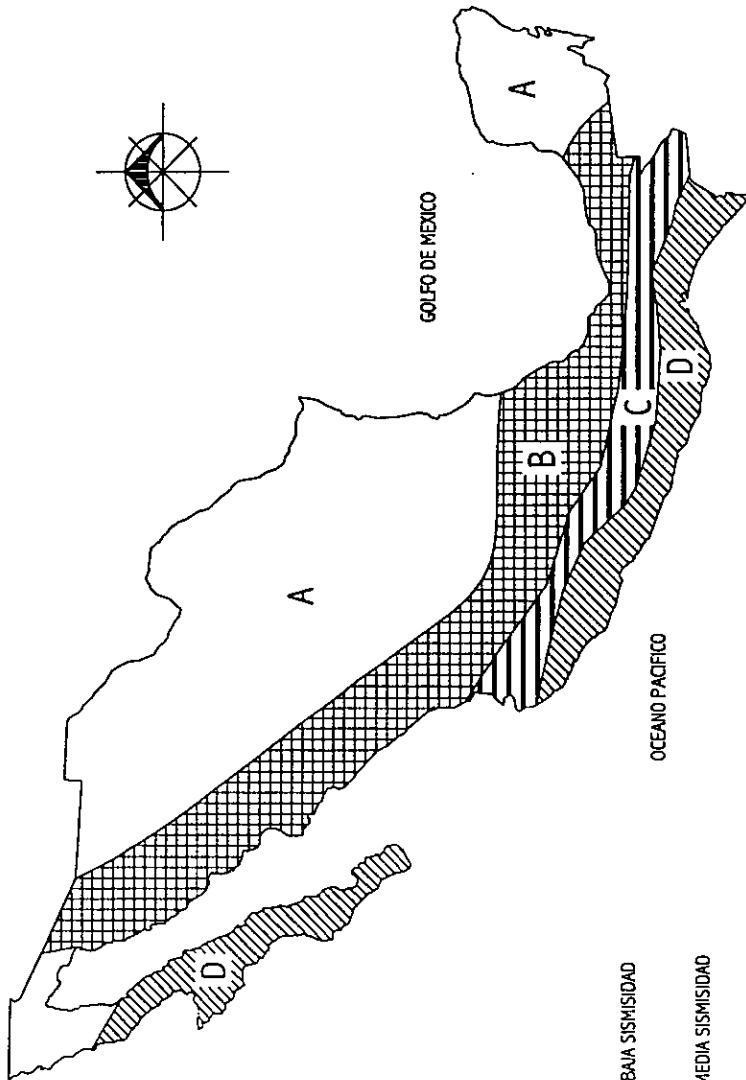
Las variaciones de nivel diarias observadas en el mar, son debidas principalmente a las fuerzas de atracción de la tierra y la luna, la fuerza centrífuga debida a la órbita de la tierra, etc.

La marea de Manzanillo es del tipo diurna, es decir, caracterizada por una sola pleamar y una bajamar dentro del ciclo completo de marea.

Para determinar los niveles máximo y mínimo, fue considerada la información de las tablas de predicción de mareas del Océano pacífico 1999 editadas por la Dirección General de Oceanografía Naval.

Los planos de referencia se encuentran referidos al Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI) obtenidos para los diferentes niveles de marea.

<sup>2</sup> Esteve L. Regionalización sísmica de México, Instituto de Ingeniería, U.N.A.M



- BAJA SISMISIDAD
- MEDIA SISMISIDAD
- ALTA SISMISIDAD
- MUY ALTA SISMISIDAD

Figura 1.3

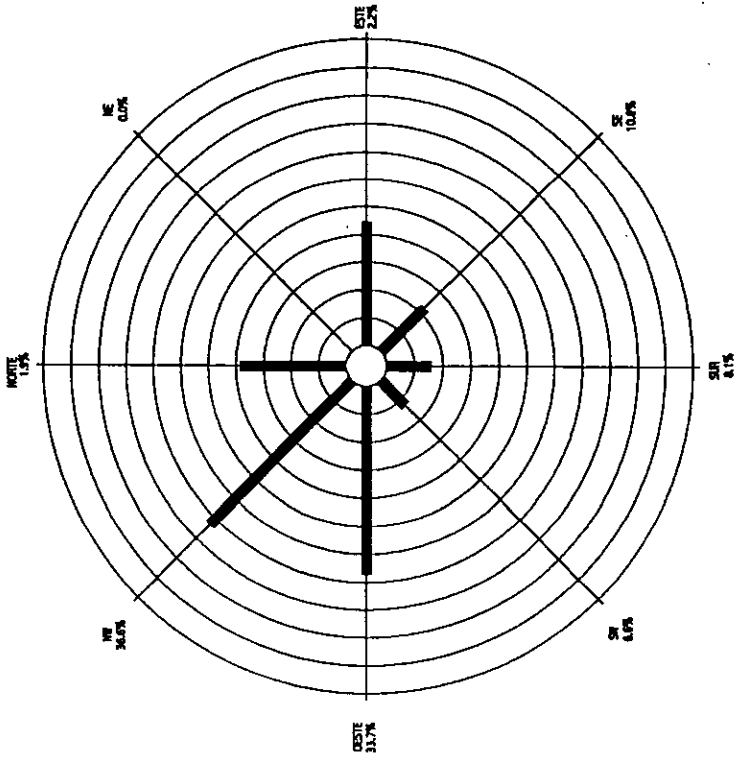
AMPLIACION DE RUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

REGIONALIZACION SISMICA DEL PAIS

FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.







INCIDENCIA	
N	1.9%
NO	34.6%
O	33.7%
SO	6.6%
S	8.1%
SE	10.9%
E	2.7%
NE	0.0%

ALTURA DE OLA (m)	
N	1.6
S	2.5
E	2.4
O	2.2
NE	0.0
SE	1.0
NO	2.2
SO	0.8

FUENTE: SEA AND SRIELL

Figure 1.4

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MAZANILLO, COL.

ROSA DE OLEANE

FAACULTAD DE INGENIERIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



Tabla I.2 Planos de referencia de la marea característica de Manzanillo.

PLANO DE REFERENCIA	ELEVACION
	[m]
Pleamar Máxima Registrada	1.246
Nivel de Pleamar Media	0.670
Nivel Medio del Mar	0.378
Nivel de Bajamar Medio Inferior	0.000
Bajamar Mínima Registrada	-0.490

- **Ciclones.**

En la tabla I.3 se muestra un resumen de los ciclones de mayor importancia que han ocurrido en las costas del Estado de Colima hasta 1998. Como se puede observar las costas colimenses, son de alta incidencia ciclónica con una temporada de ocurrencia marcada entre los meses de Junio a Octubre.

Tabla I.3 Ciclones en las costas del estado de Colima<sup>3</sup>.

NOMBRE	FECHA	VELOCIDAD DEL VIENTO		CATEGORÍA MÁXIMA ALCANZADA*
		[Km/h]		
		MINIMA	MÁXIMA	
No Nombrado	23-OCT-59	46	259	Huracán Tipo 4
Maggie	16-OCT-66	46	83	Tormenta Tropical
Annette	20-JUN-68	46	83	Tormenta Tropical
Bridget	14-JUN-71	46	158	Huracán Tipo 2
Miv	28-AGO-71	46	139	Huracán Tipo 1
Annette	1-JUN-72	46	139	Huracán Tipo 1
Aletta	28-MAY-74	46	193	Huracán Tipo 3
Eleanor	10-JUL-75	46	65	Depresion
Andres	31-MAY-79	46	158	Huracán Tipo 2
Eugene	22-JUL-87	32	137	Huracán Tipo 1
Virgil	1-OCT-92	37	213	Huracán Tipo 4
Winfried	7-OCT-92	50	176	Huracán Tipo 2
Calvin	4-JUL-93	46	167	Huracán Tipo 2
Irwin	21-AGO-93	56	83	Tormenta Tropical
Almy	20-JUN-96	40	145	Huracán Tipo 2
Herman	30-SEP-	40	120	Huracán Tipo 1

\* Categoría basada en la escala de Saffir-Simpson.

<sup>3</sup> <http://www.weather.unisys.com/hurricane/>

- **I.1.5 Geología y uso del suelo.**

La geología general de la zona se caracteriza por la presencia de intrusiones graníticas de gran extensión, que formaron los elementos positivos del relieve. Debido al enfriamiento rápido, el granito sufrió numerosas fracturas, lo cual aunado a un intenso intemperismo y erosión, han conducido a la formación de una serie de cañadas profundas que actualmente se encuentran llenas de material de erosión (gravas, arenas y arcilla).

La tenencia de la tierra corresponde en mayor porcentaje a la propiedad ejidal, ocupando el segundo lugar la propiedad privada.

## **I.2 Transporte.**

- **Carreteras.**

El estado cuenta con aproximadamente 2,000 Km de carreteras, de los cuales el 42% son pavimentadas; los caminos revestidos representan el 55% y el 3% restante son caminos empedrados; del total de las carreteras en el estado, el 20% son federales y el resto son caminos rurales.

- **Ferrocarril.**

El ferrocarril del Pacífico-Norte fue concesionado a una empresa privada llamada FERROMEX cuenta con 236.95 Km de vía, de los cuales 134.97 Km es troncal y ramales, 52.70 Km. son de vía secundaria y el resto son de particulares.

A pesar de que Manzanillo se considera como un puerto preponderantemente granelero, el medio de transporte más utilizado ha sido el autotransporte, en una porción que ha variado desde el 78% contra el 22% del ferrocarril.

La conexión del transporte terrestre es poco eficiente; esto se debe a la dificultad para armar los trenes con destino al centro del país, con lo que surge la necesidad de contar con un patio ferroviario dentro del recinto portuario.

Durante 1997 en el caso de la carga contenerizada, el 70% de la carga que arriba al puerto fue desalojada por autotransporte y el restante se movilizó por ferrocarril.

Actualmente ya se cuenta con el servicio de tren unitario de doble estiba a la ciudad de México, proporcionando con ello la optimización de las unidades y de la red ferroviaria, así como la movilización de mayores volúmenes de carga.

- **Aeropuertos.**

Manzanillo cuenta con un aeropuerto Internacional que se localiza a poco más de 40 Km de la ciudad. Adicionalmente en Colima existe otro aeropuerto nacional ubicado a 1 hora del puerto, además en varios municipios del estado existen aeropistas dedicadas al uso particular.

## **I.3 Área de Influencia**

En el pacífico, el Puerto de Manzanillo extiende su zona de influencia en el renglón de las importaciones a ocho estados de los que destacan Aguascalientes, Colima, Estado de México y el Distrito Federal, en lo que se refiere a las exportaciones, éstas provienen principalmente de Aguascalientes, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Estado de México, Jalisco, Nuevo León y San Luis Potosí.

En lo referente al mercado internacional, el Puerto tiene como área de influencia en el ámbito de las importaciones principalmente la costa del pacífico en Norteamérica, a países importantes económicamente hablando en Asia y algunos países en Centroamérica, en cuanto a las exportaciones se puede mencionar a Costa Rica, Guatemala, Perú, EUA, El Salvador, Indonesia, Filipinas, Japón, República de Corea, China, y Hong Kong.

## I.4 INSTALACIONES EXISTENTES Y TERMINALES EN OPERACIÓN DEL PUERTO EN ESTUDIO.

### I.4.1 Antecedentes Históricos<sup>4</sup>.

En 1527 Alvaro Saavedra descubre la bahía y la bautiza con el nombre de “ Santiago de la Buena Esperanza”; pronto adquiere importancia como punto de partida para las expediciones al Océano Pacífico. El Congreso de la Unión, durante el México Independiente en 1823, decretó la habilitación del puerto para el servicio de altura y cabotaje, recibiendo el nombre de Manzanillo, por la abundancia de los árboles de ese tipo.

En 1900, durante la gestión de Porfirio Díaz, se inician las obras del rompeolas, las secciones este y oeste del malecón y el muelle fiscal de madera; en 1908 se inaugura la red ferroviaria que une a Manzanillo con Guadalajara y con la red nacional; en 1917 con el fin de impedir el desembarco de marineros norteamericanos se destruyó el muelle fiscal; en 1934 se dota a la ciudad de servicios de agua, energía eléctrica y teléfono; PEMEX en 1950 inicia la construcción de sus instalaciones; en 1952 la Secretaría de Marina pone en servicio el muelle y bodegas fiscales, así como el malecón “Miguel Alemán”; las obras del puerto interior como son las escolleras, canal de acceso y sus protecciones marginales se inician en 1965; en 1970 se construye la banda “A” del muelle de altura y el muelle No. 1 del club de pesca, así como los patios, el cobertizo y la bodega estacionaria No. 1; en 1973 se construye el muelle No. 1 de la Armada de México; en 1975 se habilita la Zona Naval Militar; en 1983 se construye el muelle de carga general de la banda “B” y el patio de mercancías en abandono; en 1985 se construye el muelle de carga general de la banda “C” y el muelle No.2 de la Armada de México así como el patio de contenedores; en 1992 se construye la primera Terminal Especializada de Contenedores, en 1993 se termina el relleno de la banda “C” y se instalan las grúas portacontenedores; y finalmente en 1999 se inician los trabajos de la ampliación de la terminal Especializada de contenedores.

### I.4.2 Infraestructura.

La principal infraestructura de los puertos son los muelles, las obras exteriores para la protección y abrigo de las embarcaciones (rompeolas y escolleras) y las instalaciones para el almacenamiento de mercancías (patios, bodegas y cobertizos).

Otra obra portuaria importante es el dragado ya que posibilita la profundidad necesaria para que las embarcaciones de calado considerable puedan entrar a los muelles para realizar sus operaciones de carga y descarga de sus mercancías o de embarque y desembarque de pasajeros. El dragado puede ser de construcción para el habilitado del puerto o de mantenimiento, para preservar las condiciones de navegación en términos de su profundidad.

Las áreas de desarrollo se integran por las hectáreas ocupadas por industrias, giros comerciales, pesqueros o turísticos que vinculan su actividad esencial al puerto. En esta superficie se incluyen zonas de desarrollo futuro; es decir predios desocupados que permitirán ampliar la actividad económica actual del puerto.

El puerto de Manzanillo cuenta con un recinto portuario de 437.38 Ha (203.37 de agua y 234.01 de tierra) de los cuales 30.9 Ha corresponden al polígono I y 406.39 Ha al polígono II como se muestra en la figura 1.5 sus zonas de agua cuentan con una bocana, canal de acceso principal al puerto interior de San Pedrito, dársenas de ciaboga y un fondeadero, la mayor parte de éstas presentan una profundidad de 14 m y un señalamiento marítimo para la seguridad de las embarcaciones.

Por lo que se refiere al polígono I, se cuenta con una terminal de hidrocarburos (PEMEX) con tres posiciones de atraque con servicio de recepción y envío de combustible y una terminal turística con un muelle en espigón con dos posiciones de atraque, la cual actualmente se encuentra en desarrollo.

<sup>4</sup> Puertos Mexicanos S.C.T., Monografía del Puerto de Manzanillo.

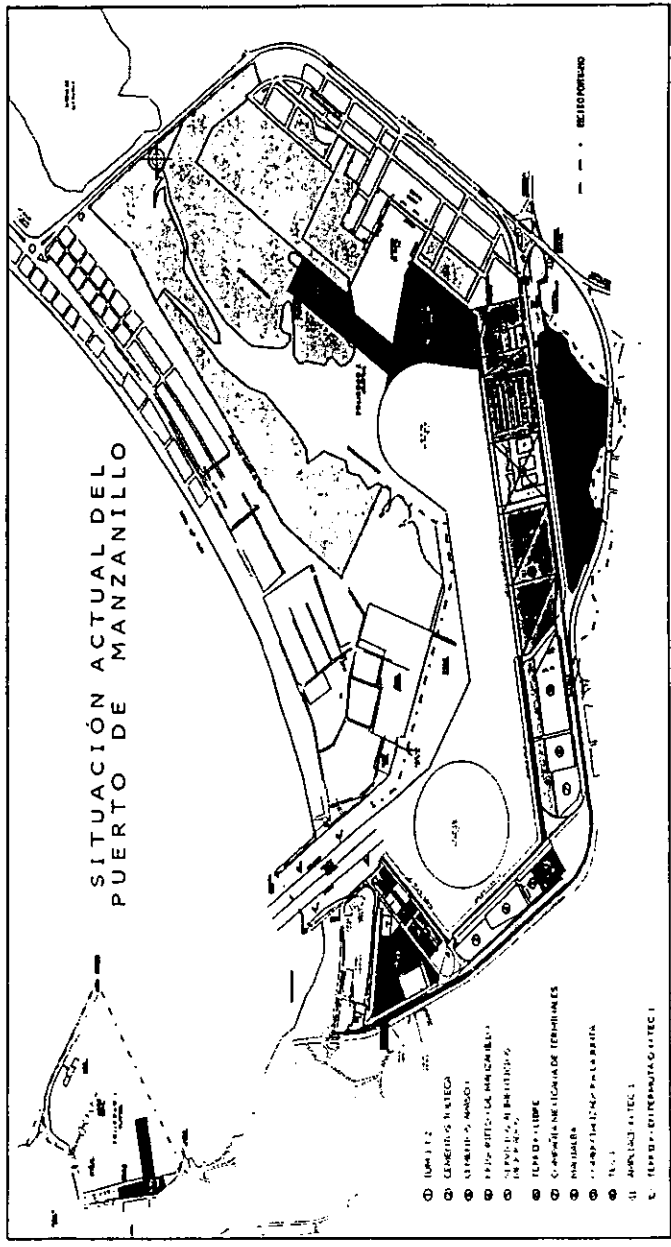


Figura 1.5

AMPLIACION DE RUELLE Y PATIO DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, COL.

ARRAQUE GENERAL



FACULTAD DE INGENIERIA  
 CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

En el polígono II para atención de las embarcaciones que arriban al puerto en sus diferentes tráficos, se cuenta en el puerto interior de San Pedrito, con tres bandas de atraque, que en total suman nueve muelles, con una longitud de 1,960 metros, un muelle más con la nueva Terminal Especializada de Contenedores de 250 metros, con lo que se va a estar en posibilidad de atender diez buques con calados de hasta 14 metros en forma simultanea.

Dentro del mismo polígono II se localiza un terminal pesquera en la que se han construido 654 metros de muelle con una profundidad de 7 metros.

**Tabla I.4 LONGITUD DE ATRAQUE [metros]**

COMERCIAL		PESCA	TURISMO	PEMEX	ARMADA	OTROS	TOTAL
ALTURA	CABOTAJE						
2,461	216	654	235	516	876	18	4,998

**Tabla I.5 OBRAS DE PROTECCION [metros]**

ROMPEOLAS	ESCOLLERAS	ESPIGONES	PROTECCIÓN MARGINAL	TOTAL
700	500	0	650	1,850

**Tabla I.6 VOLUMES DE DRAGADO [miles de m<sup>3</sup>]**

1990		1991		1992		1993		1994		1995	
C	M	C	M	C	M	C	M	C	M	C	M
253	13	2,180	0	1,789	0	611	0	0	0	0	233

C: Construcción  
M: Mantenimiento

## I.5 INSTALACIONES EXISTENTES Y TERMINALES PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES.

Operadora Portuaria de Manzanillo (OPM) conjuntamente con Transportación Marítima Mexicana (T.M.M) se dedican a la explotación de una terminal especializada en el manejo de productos contenerizados, esta terminal se encuentra ubicada en la banda "C" del puerto interior de San Pedrito, y fue formada por rellenos hidráulicos granulares en su mayor parte; cuenta con una longitud disponible de atraque (muelle) de 250 m y un área de almacenamiento dividido en 6 islas<sup>5</sup> cada una de ellas con una área de 3,675m<sup>2</sup> (21x175m), lo que nos da un área total de almacenamiento de 22,050 m<sup>2</sup>; una de las 6 islas disponibles se encuentra equipada para poder almacenar contenedores refrigerados.

En el predio existen estructuras hidráulicas que lo cruzan en dirección oeste-este hasta llegar a la laguna de Tapeixtlus, el objetivo de estas estructuras es que exista intercambio de aguas entre la laguna y la mar.

<sup>5</sup> Área destinada y acondicionada para el almacenamiento de los contenedores

• **1.5.1 Datos de diseño.**

La superficie destinada para el proyecto de la ampliación de la terminal especializada para el manejo de contenedores corresponde a un frente de agua de 270m por 268m de fondo (7.23 Ha), la configuración topográfica hoy en día nos muestra que aproximadamente el 70% de la superficie correspondía a tierra firme, por lo que el resto tuvo que someterse a un relleno granular bajo agua (Figura 1.6).

La terminal por su forma y manera de atraque de la embarcación propicia a un muelle de tipo marginal con una banda de atraque de 270m de largo por 21.5m de ancho; la embarcación de diseño corresponde a un buque portacontenedores de tipo "Pure Container Vessel Post Panamax, tercera generación".

La evolución de los buques portacontenedores se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1.7 Evolución de los buques Portacontenedores<sup>6</sup>

Tipo de Buque	Año de Aparición	Capacidad [TEU <sup>7</sup> /TPM]	Eslora [m]	Manga [m]	Calado [m]
1ª Generación: Conversión de cargueros y tanqueros	1960	750/14,000	180.00	25.00	9.00
2ª Generación:	1970	1,500/30,000	225.00	29.00	11.50
3ª Generación: Clase Panamax	1980	3,000/40,000	275.00	32.00	12.50
4ª Generación: Clase Post-Panamax	1988	5,000/50,000	290.00	34.00	13.50

En la tabla 1.8 se hace mención de las características importantes a considerar para el diseño de la terminal los cuales serán considerados para el desarrollo de los siguientes capítulos.

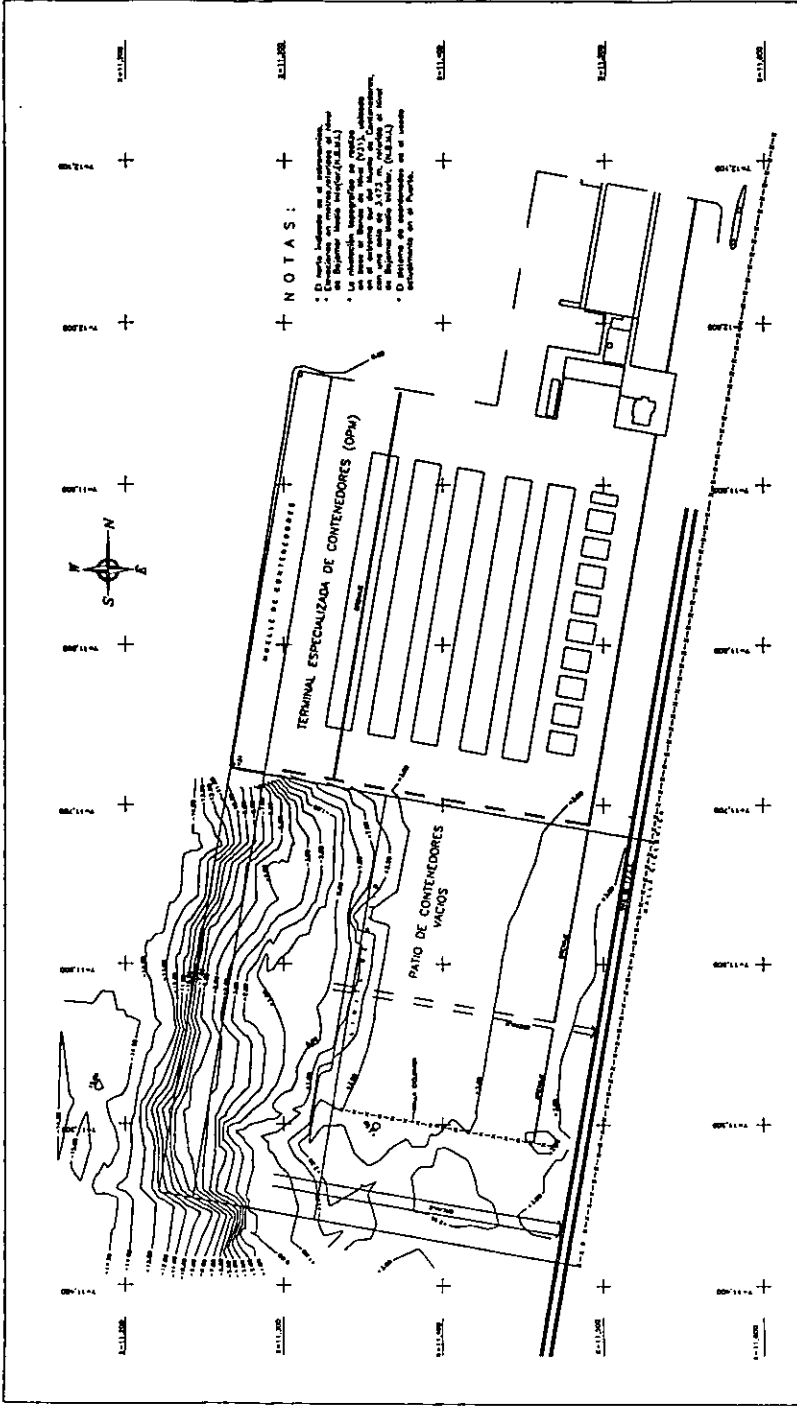
Tabla 1.8 Datos de Diseño.

Eslora	202.2 m
Manga	32.2 m
Calado	10.4 m
Peso Muerto	41,787 ton
Velocidad de atraque	0.10 m/s
Nivel de referencia [0.00]	N.B.M.I.
Velocidad del viento	200 km/hr
Precipitación media anual	582.2 mm
Temperatura media anual	26.9 °
Densidad del agua de mar	1.03 ton/m <sup>3</sup>
Densidad del aire	1.293 kg/m <sup>3</sup>
Aceleración de gravedad	9.81 m/s <sup>2</sup>
Elevación del muelle*	+ 3.00 m
Elevación de dragado*	- 12.00 m

\* misma que la terminal existente

<sup>6</sup> Operación Administración y planeación portuaria, López G Héctor: AMIP 1999.

<sup>7</sup> Twenty Equivalent Unite (contenedor equivalente a 20 pies de largo).



- NOTAS:**
- El suelo pertenece al ex propietario.
  - Explotación de actividades de fomento.
  - La explotación de actividades de fomento se hará en forma de S.A. de CV, con un capital de \$ 100,000,000.00.
  - El terreno tiene una superficie de 1,000,000 m<sup>2</sup>.
  - El terreno tiene una superficie de 1,000,000 m<sup>2</sup>.
  - El terreno tiene una superficie de 1,000,000 m<sup>2</sup>.

AMPLIACION DE PABELLÓN PUNTO DE BOMBA  
 ESPECIALIZADO PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES.  
 PUERTO DE MEXICALCO.

COMUNICACION EN TIEMPO

Página 18

FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA  
 CUBA





## **CAPITULO II.**

### **ANALISIS DE LA CAPACIDAD DEL PUERTO DE MANZANILLO.**

#### **INTRODUCCION.**

Estando íntimamente unidos al comercio marítimo y al barco, los puertos han evolucionado a lo largo de la historia de acuerdo con la evolución de las flotas y de la expansión marítima de las naciones, que paralelamente al desarrollo de los pueblos navegantes, han vivido épocas de florecimiento, esplendor y otras de decadencia y ruina.

El desarrollo ha traído consigo una enorme complejidad de la actividad portuaria, apareciendo como misión del puerto una serie de funciones que desbordan la primitiva y simple idea de proporcionar servicio al barco y que convierten al puerto en un conjunto de sistemas sumamente complejos, sometidos a una serie de factores que determinan su futuro y evolución y que son muy difíciles de analizar para poder planificarlo y organizarlo de acuerdo con las exigencias y necesidades de los usuarios.

Esta dificultad de analizar la actividad portuaria y por lo tanto, de decidir su futuro, se concreta en la siguiente frase que aparece en la publicación del UNCTA<sup>1</sup>D "En su complejidad, incluso un puerto relativamente pequeño tiene muchos rasgos en común con las grandes empresas industriales de producción múltiple; un gran puerto tiene un grado de complejidad que sólo alcanza alguna de las mayores empresas integradas del mundo".

Por tanto, para poder definir la misión del puerto y fijar los aspectos que pueden influir en su futuro y estudiar su evolución para planificar el puerto de acuerdo con sus tendencias, ya no vale la simple definición de "Puerto" que aparece en el Diccionario de la Lengua Española: "Lugar en la costa, defendido de los vientos y dispuesto para seguridad de las naves y para las operaciones de tráfico y armamento", sino que hay que crear otra nueva, que englobe el conjunto de las actividades portuarias que refleje la misión del puerto y aunque es difícil poder dar esta definición, podría expresarse como sigue: "Puerto es el conjunto de las obras, instalaciones y organizaciones, que permite al hombre aprovechar un lugar de la costa más o menos favorable, para realizar las operaciones de intercambio entre el tráfico marítimo y terrestre, atender a las necesidades de los medios de transporte y facilitar el desarrollo y cuantas actividades con él relacionadas se instalen en su entorno".

En esta definición aparecen claramente concretados los factores que gravitan sobre el puerto y que determinan su futuro: el paso de la mercancía con las actividades unidas al comercio marítimo; los medios de transporte marítimo y terrestre; las actividades industriales y las condiciones de emplazamiento y su entorno.

Cualquier variación del volumen de mercancías o de las características de los medios de transporte o de las prácticas del comercio tienen una inmediata repercusión en la forma de manipulación de las mercancías, necesidades de los medios de transporte, operaciones intermedias, instalaciones, equipos, formas de realizar la explotación, las superficies de agua, tierra y líneas de atraque.

Por tanto, previamente a cualquier consideración que se haga sobre la evolución y tendencias de la explotación y construcción del puerto, es necesario analizar la evolución y tendencias de los diferentes factores que determinan la actividad portuaria y el esquema general del puerto.

---

<sup>1</sup> United Nations Conference for Trade and Development, Desarrollo de los Puertos.

## II.1 Factores determinantes de la evolución de un puerto.

Dentro de los múltiples factores y elementos que entran en la actividad portuaria, pueden considerarse como fundamentales las siguientes:

- Mercancía
- Barco
- Transporte terrestre
- Zonas industriales
- Instalaciones portuarias
- Funciones portuarias
- Costo global del puerto
- Condiciones de emplazamiento.

El factor fundamental es sin duda la mercancía, tanto en su forma de presentación para su ordenamiento y acomodo, como en el volumen, ya que en orden para conseguir transporte de forma rápida y económica están dirigidos los avances tecnológicos del barco, transportes interiores y medios de las infraestructuras portuarias.

El barco representa otro de los factores básicos, ya que sus características, necesidades de calados y espacios requeridos para realizar maniobras determinan el esquema básico de la infraestructura de la zona marítima y condicionan en forma absoluta la posibilidad de construir el puerto.

El transporte interior (carretera, ferrocarril, navegación, etc.) con su papel decisivo en la cadena del transporte y en la extensión de la zona de influencia representa el otro eslabón de la cadena del intermodalismo.

Como otro factor existe la posibilidad de desarrollar grandes zonas industriales, con todas sus secuelas de necesidad de espacios, aumento del tráfico, concentración de industrias y población, así como con sus repercusiones ecológicas, que incidirán decisivamente en la futura evolución del puerto.

Las instalaciones portuarias y equipos de manejo de carga, son otro factor que por sus características, rendimiento y tarifas portuarias que condicionan los costos y las dimensiones de infraestructuras, así como los métodos de explotación y operación.

Las funciones del puerto y los factores de tipo económico, político o social, son aspectos muy importantes que, en algún caso pueden constituir un agente importante en la evolución portuaria.

El costo creciente de las obras portuarias, del barco y de las operaciones de carga descarga y su repercusión en el conjunto de la cadena del transporte, hace necesario minimizar los costos encontrando la solución óptima para la economía nacional, que tome en cuenta los diferentes elementos que intervienen en el puerto, en su operación, en los medios de transporte y que trate de coordinar los intereses de competencia.

Finalmente, las condiciones físicas del emplazamiento constituyen un agente de primera magnitud, ya que marcan no solo el costo de las obras, sino la posibilidad de construir el puerto, pues en ciertos casos su costo no aconsejaría el emplazamiento, y en otros ni la posibilidad de su construcción.

Una vez conocida la evolución y tendencia de estos factores, se puede entrar en el análisis de la situación de la explotación y construcción del puerto así como su posible desarrollo en el tiempo.

## II.2 Tendencias de Explotación.

El análisis de la situación actual que puede observarse en el tráfico y los usuarios, señala las siguientes características.

- Aumento de las dimensiones de los barcos de los transportes oceánicos, debido tanto al aumento de los volúmenes a transportar, como al de las distancias a recorrer.
- Aumento de los volúmenes unitarios de transporte en los tráficos de graneles y combinados.
- Unitización de la carga general y aumento creciente de los transportes combinados.
- Especialización creciente de las operaciones, con demanda incesante de mayor rapidez y rendimiento de las operaciones.
- Cambio acelerado de la tecnología del transporte, dejando obsoletas las instalaciones portuarias existentes.
- Importancia creciente de las conexiones con los transportes interiores, coordinando los distintos modos y sistemas según el tipo de mercancía y distancias de transporte.
- Aumento creciente de los gastos de las obras e instalaciones, operaciones y medios de transporte.
- Carácter de servicio público, dando el servicio a todos los usuarios, sin preferencia por ninguno, buscando el mejor resultado para la comunidad.

Estas características obligan al puerto a acomodar sus esquemas y métodos de explotación ante las nuevas demandas creadas para satisfacer las exigencias del comercio y de las actividades portuarias en general.

En relación con la explotación, las consecuencias de las tendencias y exigencias del tráfico han sido las siguientes:

- Frente a la necesidad de manejar cantidades mayores de mercancía en tiempos de trabajo más cortos, se ha producido:
  - a) Un desarrollo a ultranza de la mecanización y lucha por una mejor utilización y unificación de los equipos.
  - b) Una automatización total en la manipulación de la carga general.
  - c) La necesidad de una mano de obra muy especializada, sustituyendo la mano de obra no especializada.
- Necesidad de coordinar el transporte marítimo con el terrestre, tanto para normalización de unidades de carga, como para el estudio de las formas de manipulación más adecuada de recepción y entrega entre puerto y transporte terrestre.
- Aumento de la capacidad y rendimiento de las instalaciones especiales (que es de 3 a 4 veces las de un muelle de mercancías generales ordinarias y es de 8 a 10 veces para el caso de graneles por instalaciones no especializadas). Esto lleva consigo un aumento espectacular de las características de la infraestructura portuaria, no solo en calados, sino sobre todo, en superficies, que exigen 3 a 4 veces más que las instalaciones ordinarias, que unido a las necesidades de terreno para instalar industrias, obligan a crear superficies de terreno con características muy especiales: lejanía de aglomeraciones urbanas; cercanía a aguas profundas; buenos enlaces con las redes terrestres del transporte; mínima afectación ecológica, etc. Estas condiciones obligan a plantear el puerto dentro del conjunto de la ordenación del territorio, teniendo en cuenta todos los aspectos que inciden en el mismo y sin dejar de contemplar en primerísimo lugar el principal fundamento de la explotación, las cuestiones económicas.

En relación con el conjunto del puerto y su función dentro de la cadena del transporte, la evolución del tráfico ha influido sobre el concepto y las bases de planificación y organización de la explotación. Podemos resumir las nuevas tendencias en los siguientes puntos:

- Un puerto debe considerarse como un sistema integrado y no como una suma de elementos individuales en los que elementos se utilizan independientemente de otros. Cualquier variación o renovación en una de sus partes repercute en el resto de los elementos.
- El puerto no podría concebirse sin una comprensión de su correlación con los otros medios de transporte.
- Debido a la gran concentración del tráfico, a la especialización de los puertos, a los fortísimos aumentos de los costos de construcción, una cuestión fundamental de la explotación es "la optimización del concepto y explotación del puerto como parte integrante del conjunto del sistema de transporte".

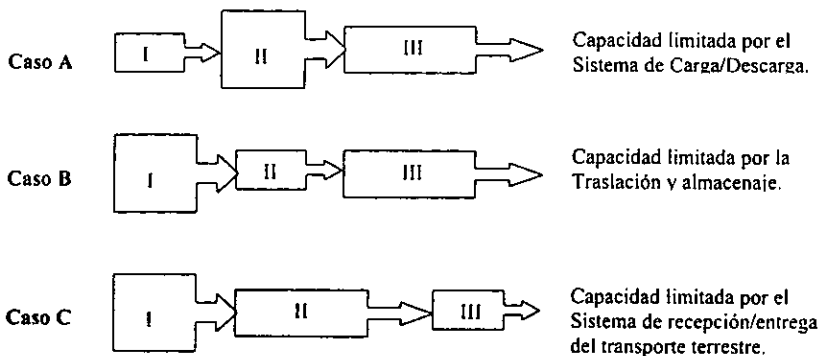
### II.3 Capacidad del Puerto.

Una de las principales características que permiten evaluar a un puerto, está dada por la capacidad potencial operativa del manejo de carga, la cual considera los diversos factores limitativos en todo el proceso, desde el acceso del buque, hasta el desalajo de la mercancía (o viceversa), incluyendo las características físicas de la infraestructura, el equipamiento, los recursos humanos y en su conjunto el sistema operativo.

Para fines prácticos se consideran tres etapas en el proceso, que definen la capacidad potencial de una terminal portuaria en particular, siendo estas:

- Carga o descarga del buque (Primera etapa I).
- Manipulación y almacenaje (Segunda etapa II).
- Acceso o desalajo por sistema de transporte terrestre. (Tercera etapa III).

Siendo factible estimar la capacidad de cada etapa en función de las características físicas operativas anteriores, la capacidad real de la terminal queda definida por la menor de estas capacidades, es decir:



La capacidad óptima del puerto, cuando la demanda y el rendimiento operativo son fijos, dependen fundamentalmente de dos parámetros:

- Costo por el tiempo de espera de la embarcación, y
- Costo de desarrollo (inversiones y mantenimiento) del puerto.

En este sentido, el problema se reduce en calcular los costos de espera de las embarcaciones y los costos de desarrollo del puerto, con lo cual se tendrá la capacidad óptima cuando los costos de espera se equilibren con los de desarrollo.

### II.3.1 Capacidad por índices.

Un procedimiento usual para estimar en forma inicial la capacidad teórica de un puerto, parte del uso de índices de rendimiento. Si bien esta forma de estimar la capacidad permite un cálculo preliminar y a la vez ubica "cuellos de botella", no permite identificar ni las posibilidades, ni los efectos que, por ejemplo tendría el cambio en el régimen de operaciones sobre la capacidad. Tampoco permite conocer tiempos de espera de barcos, es decir solo se trata de un procedimiento que solo señala los efectos pero no las causas.

Este método se basa en valores medios obtenidos en un buen número de puertos. Su aplicación presupone la necesidad de zonificar el puerto en la parte destinada al atraque de los barcos, donde la capacidad se define en términos de rendimiento por metro lineal de muelle; la zona de carga y descarga, en la que los índices se referirían principalmente en la productividad de los equipos de manejo de carga y a lo que corresponde a las áreas de almacenamiento, en la cual se medirá el grado de rendimiento de las mismas en función del tipo de carga; este procedimiento es aplicable cuando se trata de una nueva terminal en donde se desconocen las condiciones operativas. A continuación se presentan valores de los índices de rendimiento y de coeficientes correctivos particulares para cada una de las tres zonas mencionadas.

#### I.- Zona de Atraque.

##### a) Rendimientos por metro de muelle.

• Carga General	700	ton/m
• Contenedores	2,800	ton/m
• Graneles sin instalaciones especializadas	2,500	ton/m
• Graneles con instalaciones especializadas	5,000	ton/m

##### b) Coeficientes Correctivos.

###### i) Profundidad Operativa

• Carga general	12 m	f = 1.0
	5 m	f = 0.8
• Graneles	12 m	f = 1.0
	7 m	f = 0.5

###### ii) Carga media.

• Muelles exclusivos para barcos de itinerario fijo	0.5
• Muelles exclusivos para barcos charter	0.5 a 1.0
• Muelles concesionados para carga general	1.1
• Muelles concesionados para graneles o muelles de uso público	1.2

iii) Numero de muelles unificados.

Se consideran muelles que se explotan bajo el mismo régimen y el barco puede operar en cualquiera de ellos.

No. de Puestos	1	2	3	4
Coefficiente	1.00 a 1.05	1.10 a 1.15	1.12 a 1.25	1.30 a 1.35

## II.- Zona de carga y descarga.

Tabla II.1 Rendimiento horario medio de grúas en toneladas/hora (A)

Equipo	Carga General			Contenedores	Graneles	
	Suelta	Pesada	Palets		Ligeros	Pesados
Grúa de 3 ton	15	30				
Grúa de 3 a 6 ton	25	30				
Grúa de 6 ton	30	45	60		50	75
Grúa de 12 ton	30	45	100		80	125
Grúa de 30 ton	30	45	150	150	90	160
Grúa de 30 ton				250*		

\* considerando 25 cajas por hora y 10 ton/caja

Horas de utilización anual (B).

- Grúas 1,600
- Grúas de contenedor 1,100

Rendimiento Anual (A x B)

Tabla II.2 Coeficientes correctivos por vida útil del equipo

Vida útil	No modernizado	Modernizado
1 a 15 años	1.0	1.0
15 a 25 años	0.8	0.95
25 años	0.7	0.9

## III) Áreas de almacenamiento.

i) Rendimiento de las superficies de almacenamiento. Índice de apilamiento en ton/m<sup>2</sup>

• Carga general ligera	0.5
• Carga general convencional	12
• Carga general unitaria	4
• Contenedores	2
• Graneles sólidos ligeros	4
• Graneles sólidos pesados	6

## ii) Numero de Rotaciones anuales

• Carga general	15
• Graneles sólidos	25
• Contenedores	25

## iii) Grado de Ocupación

	Bodega	Patio
• Carga general	0.6	0.75
• Graneles sólidos		0.50
• Contenedores		0.85

## II.3.2 Capacidad por teoría de colas.

Este método parte de considerar una demanda y las características operativas reales del puerto en estudio. En estas condiciones, cuando la demanda y el rendimiento operativo se definen en una fecha dada, el número óptimo de muelles en un puerto depende fundamentalmente de dos parámetros:

- Costos de congestiónamiento (esperas) de las embarcaciones; y
- Costos de desarrollo (inversiones y mantenimiento) del puerto.

Estos dos tipos de costos pueden variar, ya que el congestiónamiento puede evitarse construyendo muelles adicionales y la construcción de muelles puede diferirse aceptando más congestiónamiento.

En este sentido se deben calcular primeramente los costos de espera de las embarcaciones y posteriormente los costos de desarrollo del puerto, obteniendo la capacidad óptima cuando los costos de espera, se equilibren con los de desarrollo.

**Costos de espera de las embarcaciones.**

Los costos de espera de los barcos pueden calcularse mediante la aplicación de la teoría de colas, para el caso de una sola línea de espera, población infinita, número múltiple de servidores, disciplinas de servicio del primero en llegar es el primero en ser atendido, y el proceso completamente establecido (steady state).

Para definir totalmente el sistema que da lugar a la cola, es necesario considerar, además de los supuestos básicos anteriores, las funciones de probabilidad de llegadas de las embarcaciones y de servicios en el muelle.

Por razones de conveniencia matemática, al analizar un sistema de múltiples servidores, se supone que la distribución de probabilidades de llegadas de las embarcaciones sigue una curva tipo Poisson; esto es:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \dots\dots\dots \text{II.1}$$

Para  $n = 0, 1, 2, \dots$ , y  $t \geq 0$

En donde:

$P_n(t)$  = Probabilidad de  $n$  llegadas durante el tiempo  $t$ .

$\lambda$  = Promedio de llegadas por unidad de tiempo (barcos/día).

$e$  = Base de logaritmos Neperianos.

Por otra parte, la distribución de probabilidades de los tiempos de servicio se supone que sigue una curva exponencial negativa.

$$f(t) = \mu e^{-\mu t} \dots\dots\dots \text{II.2}$$

Para  $t > 0$

En donde:

$f(t)$  = Densidad de probabilidad de los tiempos de servicio.

$\mu$  = Promedio de servicios por unidad de tiempo (barcos/día).

$e$  = Base de logaritmos Neperianos.

Sin embargo, la experiencia ha demostrado que tanto en el exterior, como en México, aun cuando la probabilidad de llegadas puede ajustarse a una curva Poisson, los tiempos de servicio siguen mas bien una curva de distribución de Erlang.

$$f(t) = \frac{\mu^k}{(k-1)!} t^{k-1} \mu e^{-k\mu t} \dots\dots\dots \text{II.3}$$

Para  $t \geq 0$

En donde:

$f(t)$  = Densidad de probabilidad de los tiempos de servicio.

$\mu$  = Promedio de servicios por unidad de tiempo (barcos/día).

$e$  = Base de logaritmos Neperianos.

$k$  = Número de fases o tareas de que consta la secuencia de servicio, cada una de las cuales tiene una distribución exponencial negativa.

Esta distribución de probabilidades se convierte en una curva exponencial cuando  $k = 1$ .

Para aplicar este método para el caso de Manzanillo, a partir de análisis específicos realizados con anterioridad, se ha determinado que la distribución de probabilidades de los tiempos de servicio puede ser representada, razonablemente, por una curva Erlang con  $k = 3$ . En el anexo A se han puesto unas tablas con los valores de los tiempos de espera para diferentes tasas de ocupación (expresadas en % y en días) y para "s" (numero de posiciones de atraque) entre 1 y 30.



Para calcular los costos de espera, a partir de los datos de la tablas antes mencionadas es necesario determinar la ocupación en días o en porcentaje así como también el costo diario de espera de una determinada embarcación. La ocupación puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$O = \frac{M}{E} \left( \frac{E}{RH_m} + \frac{A}{H_a} \right) \dots\dots\dots \text{II.4}$$

En donde:

- O = Ocupación, en días/año.
- M = Movimiento anual, en ton/año.
- E = Embarque promedio, en ton/barco.
- R = Rendimiento horario, en ton/h .
- H<sub>m</sub> = Horas diarias de maniobra (24 horas/día).
- A = Tiempo de atraque y desatraque (normalmente 4 horas/barco).
- H<sub>a</sub> = Horas hábiles diarias para atraque y desatraque (20 horas/día).

Con la ocupación como entrada para las tablas del anexo A, se determinan los días anuales de espera y por consiguiente podemos obtener el costo total de espera CE (\$/año), multiplicando los días de espera por el costo diario de operación del barco.

#### Costos de desarrollo.

Los costos de desarrollo portuario están conformados por aquellos gastos que se pueden eludir mediante la aceptación de mayor congestión, que en este caso corresponden a la inversión y a los costos de mantenimiento.

$$CD = I \left[ i \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + m \right] \dots\dots\dots \text{II.5}$$

En donde

- CD = Costo anual de desarrollo (\$/año).
- I = Inversión inicial.
- i = Tasa anual de descuento.
- n = Vida útil de la inversión (años)
- m = Tasa anual de conservación.

De manera general se pueden aceptar los siguientes valores para n y m:

- n = 30 años.
- m = 3 %.

#### Costos de espera Vs. Costos de desarrollo.

La capacidad óptima de los muelles estará determinada por la comparación entre los costos de desarrollo y los de espera de un determinado número de muelles al realizar esta comparación se tiene lo siguiente:

- Si CE < CD la capacidad es suficiente.
- Si CE = CD la capacidad es óptima
- Si CE > CD se requiere de mas instalaciones.

Se ha determinado que para ocupaciones cercanas al 65 % los costos de espera comienzan a superar a los de desarrollo, por lo que se adopta, que para obtener la capacidad óptima la ocupación debe ser igual al 65 %.

Una vez que dio a conocer la teoría aplicaremos el método para el puerto de Manzanillo dado que no se tratan de instalaciones nuevas, utilizaremos la teoría de colas, por lo que a continuación se presenta las características de cada una de las terminales dentro del puerto (figura 2.1) y en la tabla II.3 el resumen de los resultados obtenidos.

**Operadora de la Cuenca del Pacífico****Tipo de Instalación:**

Instalación de Usos Múltiples I

**Productos Manejados:**

Carga General y Contenerizada

**Posiciones de Atraque: 2****Longitud (m): 450****Tamaño Máximo de Barco (TPM): 40,000****Almacenes en m<sup>2</sup> de Bodega: 6,174.05****Patios (m<sup>2</sup>): 33,364.67**

---

**Terminal Internacional de Manzanillo****Tipo de Instalación:**

Instalación de Usos Múltiples II

**Productos Manejados:**

Carga General y Contenerizada

**Posiciones de Atraque: 2****Longitud (m): 450****Tamaño Máximo de Barco (TPM): 40,000****Almacenes en m<sup>2</sup> de Bodega: 27,222.20****Patios (m<sup>2</sup>): 5,763.91**

---

**Cemex****Tipo de Instalación:**

Terminal Portuaria especializada de carga para manejo y almacenamiento de cemento y materia prima

**Productos Manejados:**

Cemento y materia prima

**Posiciones de Atraque: 1****Longitud (m): 225****Tamaño Máximo de Barco (TPM): 40,000****Almacenes en m<sup>2</sup> de Bodega:**Cemento 3,600 m<sup>2</sup> Clinker 4,500 m<sup>2</sup>

---

**Apasco****Tipo de Instalación:**

Terminal Portuaria Especializada para el manejo de cemento

**Productos Manejados:**

Cemento y Materia Prima

**Posiciones de Atraque: 1****Longitud (m): 189****Tamaño Máximo de Barco (TPM): 70,000****Almacenes en m<sup>2</sup> de Bodega: 3,648.00**

---

**Apasco****Tipo de Instalación:**

Terminal Portuaria Especializada para el manejo de cemento

**Productos Manejados:**

Cemento y Materia Prima

**Posiciones de Atraque: 1**

Longitud (m): 189

Tamaño Máximo de Barco (TPM): 70,000

Almacenes en m<sup>2</sup> de Bodega: 3,648.00

---

**Frigorífico Manzanillo****Tipo de Instalación:**

Terminal Portuaria para el manejo de carga perecedera

**Productos Manejados:**

Perecedera Unitizada

**Posiciones de Atraque: 1**

Longitud (m): 130

Tamaño Máximo de Barco (TPM): 30,000

---

**Servicios Alimenticios Mejorados (Cofrumex )****Tipo de Instalación:**

Terminal Portuaria especializada de carga de uso particular, para el manejo de carga general, graneles y de carga refrigerada

**Productos Manejados:**

Productos perecederos

**Posiciones de Atraque: 2**

Longitud (m): 377

Tamaño Máximo de Barco (TPM): 70,000

Almacenes en m<sup>2</sup> de Bodega: 975.00

---

**Van Ommeren-TMM Terminals, S.A. de C.V. (C.M.T)****Tipo de Instalación:**

Terminal Portuaria para recibo de productos líquidos

**Productos Manejados:**

Productos Líquidos

**Posiciones de Atraque: 2**

Longitud (m): 460

Tamaño Máximo de Barco (TPM): 70,000

Almacenes en m<sup>2</sup> de Bodega:Tanques con capacidad de 13,900 m<sup>3</sup>

---

**Manjalba****Tipo de Instalación:**

Terminal Portuaria para el manejo de granel agrícola semimecanizado.

**Productos Manejados:**

Granel agrícola y Fertilizantes.

**Posiciones de Atraque: 1**

Longitud (m): 230

Tamaño Máximo de Barco (TPM): 40,000

**La Junta****Tipo de Instalación:**

Terminal Portuaria especializada de carga y descarga de uso publico, para manejo de granos y aceites

**Productos Manejados:**

Graneles agricolas

**Posiciones de Atraque: 1**

Longitud (m): 225

Tamaño Máximo de Barco (TPM): 70,000

**Almacenes en m<sup>2</sup> de Bodega:**

2 Domos de 52.73 m. de diámetro por 26,365 m. de altura

---

**Operadora Portuaria de Manzanillo****Tipo de Instalación:**

Terminal Especializada de Contenedores

**Productos Manejados:**

Carga Contenerizada

**Posiciones de Atraque: 1**

Longitud (m): 250

Tamaño Máximo de Barco (TPM): 70,000

Almacenes en m<sup>2</sup> de Bodega: 2,960.00

Patios (m<sup>2</sup>): 123,429.01

---

Tabla II.3 Ocupación por Teoría de Colas.

Terminal	Tipo de Carga	Movimiento* Anual [ton]	Embarque Promedio [TPM]	Rendimiento [ton/h]	Posiciones de Atrake	Ocupación	
						[días]	[%] *
Operadora de la Cuenca del Pacífico (I.U.M. 1)	Carga general y Contenerizada	1,724,000	25,000	200	2	550	75
Terminal Internacional de Manzanillo (I.U.M. 2)	Carga general y Contenerizada	212,000	10,000	100	2	136	20
Cemex	Cemento y Materia Prima	300,000	36,000	315	1	61	20
Cementos Apasco	Cemento y Materia Prima	460,000	40,000	200	1	146	40
Frigorífico Manzanillo	Perecedera	150,000	10,000	120	1	81	25
Servicios Alimenticios Mejorados	Perecedera	450,000	40,000	80	2	353	50
Van Ommeren-TMM Terminals, S.A. de C.V. (C.M.T)	Productos Químicos	200,000	40,000	140	2	90	15
Manjalba	Granel Agrícola	300,000	20,000	300	1	65	20
La Junta	Granel Agrícola y aceite	1,780,000	50,000	500	1	228	60
Operadora Portuaria de Manzanillo	Contenedores	994,051	40,000	250	1	252	70

\* Anexo A

\* Información recabada de las páginas en internet <http://www.apimanzanillo.com.mx/> y <http://www.infoport.com.mx/Manzanillo/>

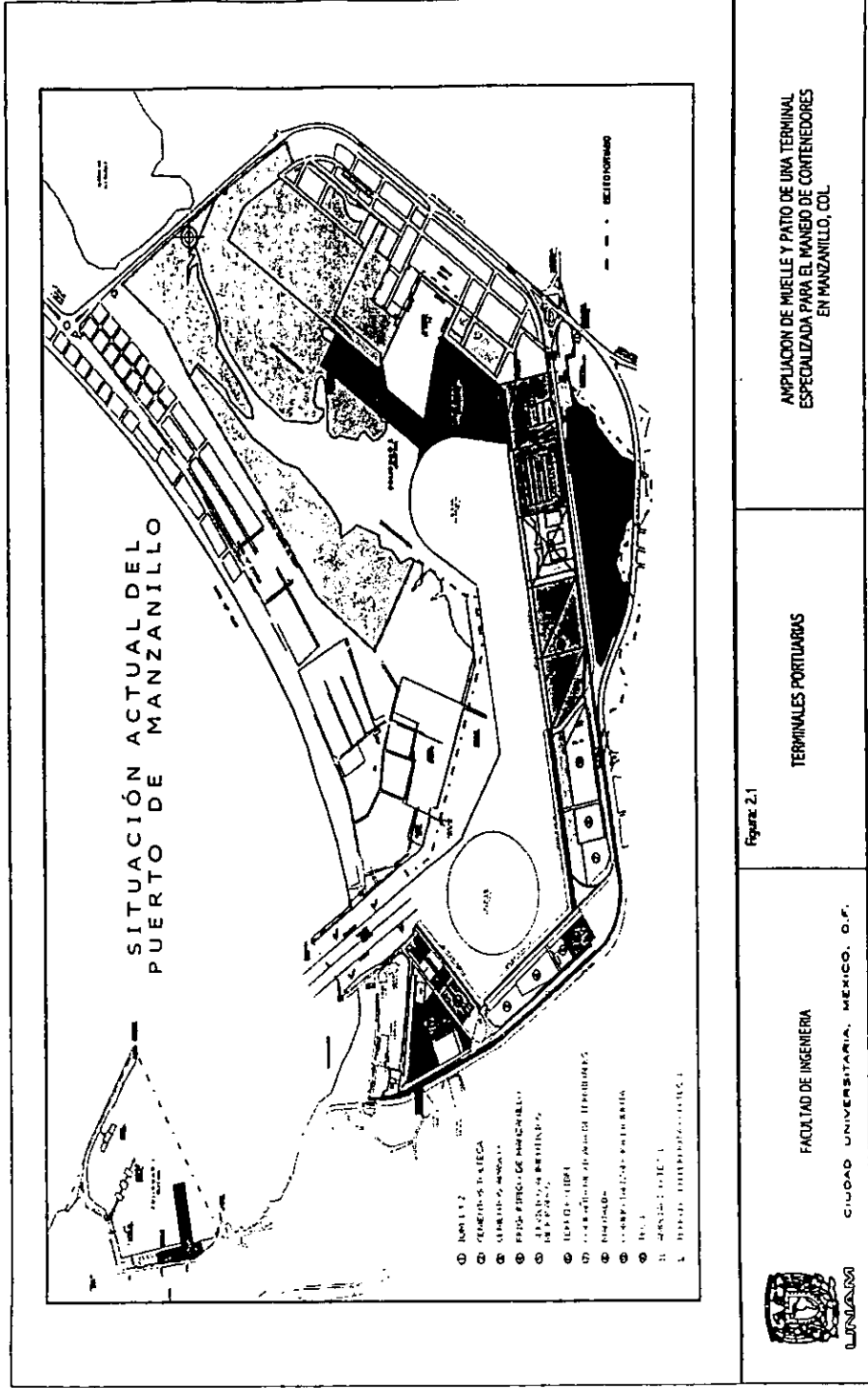


Figure 2.1

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIO DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

TERMINALES PORTUARIAS

FACU L T A D D E I N G E N I E R I A

C I U D A D U N I V E R S I T A R I A , M E X I C O , D . F .



Como podemos observar en la tabla anterior la ocupación de casi todas las terminales es menor al 50% con lo que en estas condiciones el puerto de Manzanillo, es concebido por ser un puerto moderno, productivo eficiente, y eficaz por eso mismo es considerado el segundo puerto más importante del Pacífico Mexicano en volumen de carga transportada. Su productividad se compara favorablemente con los estándares internacionales y en particular con los puertos extranjeros competidores. Además de ser uno de los puertos del país con mayor dinamismo en el comercio de mercancías y en inversiones, de nuevas terminales especializadas (automóviles, gráneles, fluidos y contenedores).

También podemos observar que las terminales que su tipo de carga son los contenedores su ocupación es muy grande, y tomando en cuenta la relación que existen entre los costos de espera contra los de desarrollo, todo nos indica que requerimos de mas instalaciones para el manejo de contenedores, lo que nos motiva a la construcción de otro puesto de atraque para reducir los costos de espera y aumentar el volumen de carga recibida al año.

**CAPITULO III.****Estudio de Mecánica de Suelos.**

El objetivo para desarrollar este capítulo es de determinar la estratigrafía del subsuelo, obtenida de la investigación de campo y laboratorio para posteriormente proponer el tipo de cimentación más apropiado del futuro muelle, además de realizar recomendaciones geotécnicas para la construcción del patio de contenedores.

**III.1 Investigación del Subsuelo.**

Como parte de la ingeniería básica de proyecto, dadas las características del terreno<sup>10</sup> y las experiencias vividas durante el sismo de 1995 en donde la terminal de contenedores sufrió grandes daños, fue necesario realizar un estudio que definiera las propiedades geotécnicas del sitio donde se pretende ubicar la nueva terminal.

Para este fin se realizaron diversos trabajos de campo y laboratorio que integran el estudio de mecánica de suelos para la terminal de contenedores en Manzanillo como a continuación se describen.

**III.1.1. EXPLORACION.**

Se efectuaron once sondeos mediante el procedimiento de penetración estándar, siete de los cuales corresponden a la zona del futuro patio de contenedores y los cuatro restantes a la zona de muelle. La localización de los sondeos se ilustra en la figura. 3.1.

Las coordenadas de ubicación de los sondeos, X-Y, en coordenadas arbitrarias y la longitud de exploración se muestran en la tabla III.1.

**Tabla III.1 Localización de Sondeos.**

UBICACIÓN	SONDEO No.	X (este)	Y (norte)	Longitud (m)
Patio De Contenedores	ST-1	11,283	11,502	21.80
	ST-2	11,310	11,661	22.15
	ST-3	11,374	11,564	23.80
	ST-4	11,438	11,473	23.75
	ST-5	11,468	11,634	23.00
	SA-1	11,273	11,549	15.15
	SA-2	11,285	11,620	16.75
Muelle	SM-1	11,225	11,484	22.80
	SM-2	11,238	11,555	23.25
	SM-3	11,250	11,626	22.70
	SM-4*	11,262	11,697	24.40

\* Muestra Inalterada (Suelo Cohesivo)

**III.1.2 Ensayes de Laboratorio.**

A todas las muestras de suelos recuperados durante la etapa de exploración geotécnica se les realizó pruebas índice como son:

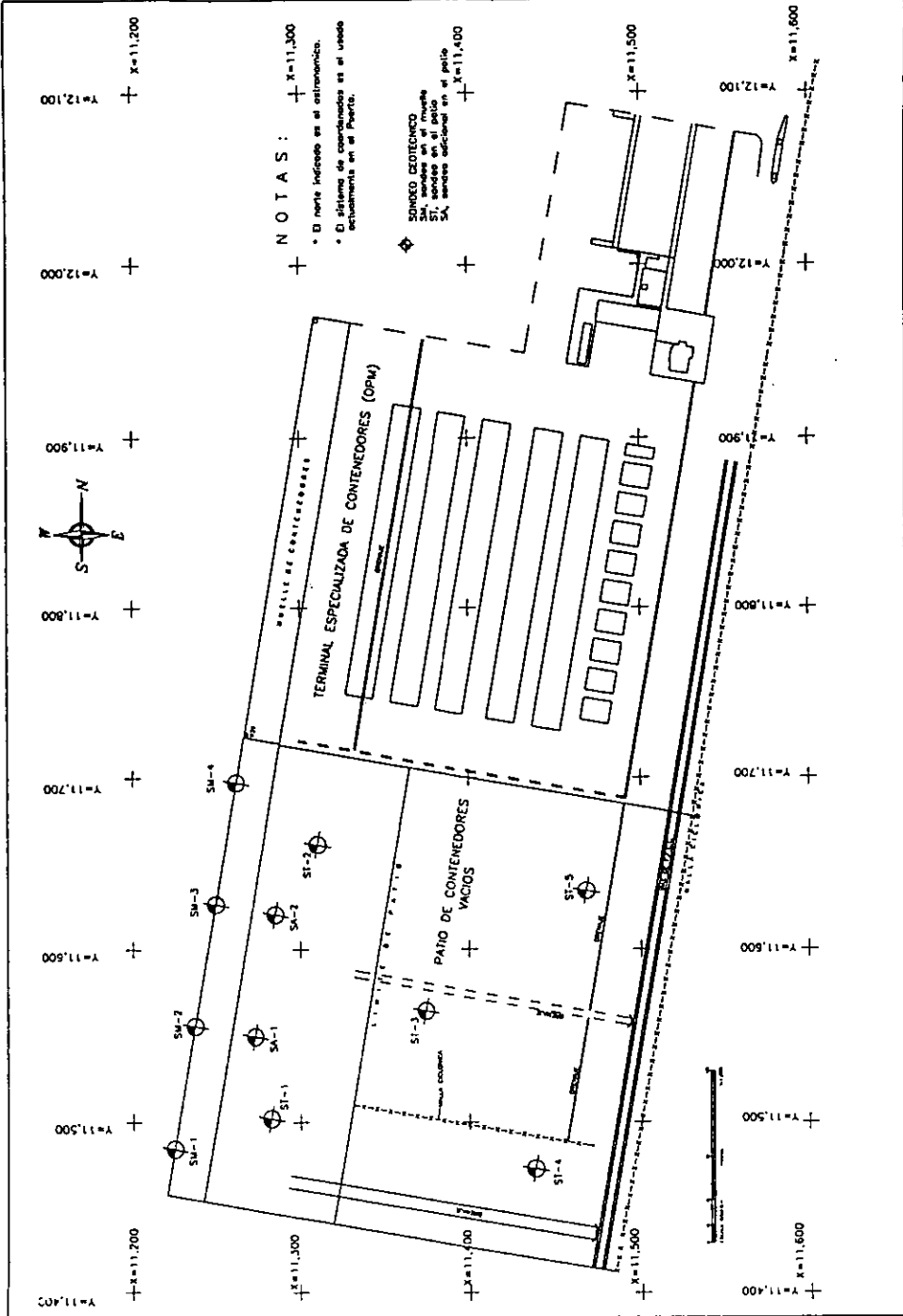
- a) Grupo del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- b) Contenido de agua (w).  
A muestras de suelos típicos se les determinó, también:
- c) Límites de consistencia (límite líquido y plástico).

<sup>10</sup> Capítulo I, Sismos. Antecedentes Históricos, Datos de Diseño.





Figura 3.1



NOTAS:

- El norte indicado es el astronómico.
- El sistema de coordenadas es el usado exclusivamente en el Puerto.

SONDEO GEOTECNICO  
SM, sondes en el muelle  
ST, sondes en el patio  
SA, sondes ubicados en el patio

- d) Composición granulométrica (incluido el porcentaje de finos que pasa la malla No.200, F).  
En adición, a muestras inalteradas se les determinó:
- e) Resistencia al corte en compresión no confinada.
- f) Resistencia al corte en compresión triaxial no consolidada no drenada.
- g) Compresibilidad en consolidación unidimensional.

La clasificación de los suelos, la variación de algunas de sus propiedades con la profundidad, las curvas de distribución granulométrica y los diagramas de Mohr calculados de las pruebas triaxiales se muestran en el anexo B.

## III.2. ESTRATIGRAFIA

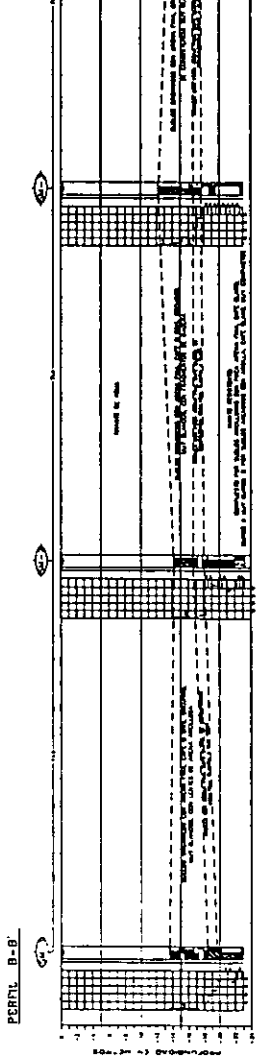
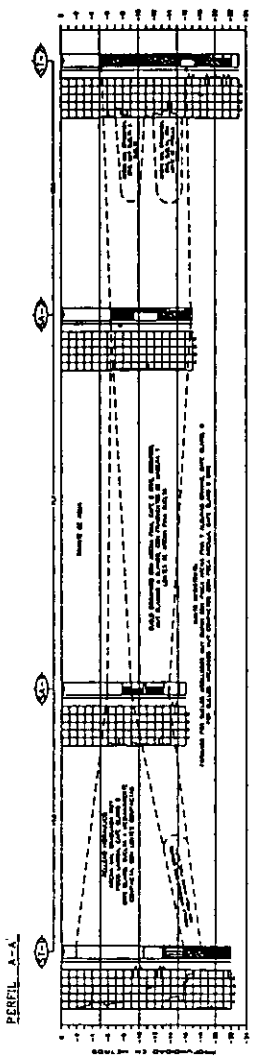
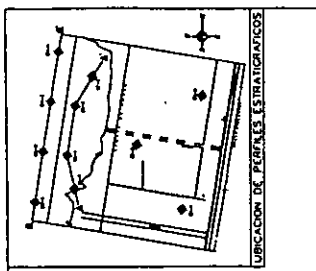
Los resultados de la investigación del subsuelo y de los ensayos de laboratorio permiten estimar la siguiente secuencia estratigráfica reportada para cada área de interés (Figura 3.2 y 3.3).

### III.2.1 PATIO DE CONTENEDORES.

#### III.2.1.1 Zona de tierra

A partir de los tres sondeos efectuados en esta zona, ST-3 a ST-5, se distingue la siguiente secuencia estratigráfica.

Primer estrato:	Horizonte superior:	+3.0 m.
	Horizonte inferior:	entre +0.6 a -1.2 m
	Relleno formado por arena poco limosa (SM) con algunas gravas aisladas, café grisáceo o gris, en estado medianamente compacto a compacto, resultado seguramente de un proceso de compactación convencional.	
Segundo estrato:	Horizonte superior:	entre +0.6 a -1.2 m.
	Horizonte inferior:	entre -5.4 a -14.4 m
	Rellenos hidráulicos compuestos por arenas mal graduadas (uniformes) poco limosas (SP, SP-SM, SM) gris, en estado suelto a medianamente compacto.	
Tercer estrato:	Horizonte superior:	entre - 5.4 a -14.4 m
	Horizonte inferior:	entre -12.4 a -15.2 m
	Suelos orgánicos con cantidades variables de arena fina (OH) café o gris, oscuros, de consistencia firme a muy firme. Este material no aparece en el sondeo ST-3, por lo que su extensión errática puede asociarse a bolsas de materia orgánica atrapadas durante el proceso de dragado y relleno hidráulico. La resistencia al corte alcanzada en estos suelos se atribuye al efecto de precarga de los rellenos.	
Cuarto estrato:	Horizonte superior:	entre -12.4 y -15.2 m
	Horizonte inferior:	entre -15.6 y -16.8 m
	Ya sea subyaciendo el relleno hidráulico o los suelos orgánicos, aparece un estrato de arcilla con arena fina (CL) café claro o café rojizo, de consistencia errática: media a dura.	
Quinto estrato:	Horizonte superior:	entre -15.6 y -16.8 m
	Horizonte inferior:	entre -23.0 y -23.8 m
	Manto resistente del sitio, el cual se forma con suelos arcillosos con poca arena fina (CL) café claro, duros a muy duros; o por suelos arenosos con arcilla (SC) con algunas gravas, café, muy compactos.	



- S I M B O L O G I A**
- ARILLA [diagonal lines] GRAVA \* PENETRACION ESTANDAR B. BARRIL N
  - [dotted pattern] MAS DE 50 COLPS
  - [cross-hatch pattern] SUELO [diagonal lines] ORGÁNICO PP PENETRACION POR PESO PROPIO
  - [horizontal lines] ARCILLA [diagonal lines] MATERIA A AVANCE SIN MUESTREO
- NOTAS**
- \* OTROS DI. METROS
  - ESCALA VERTICAL 1:500
  - HORIZONTAL 1:1000
  - PROFUNDIDAD NOTICIA AL FIN



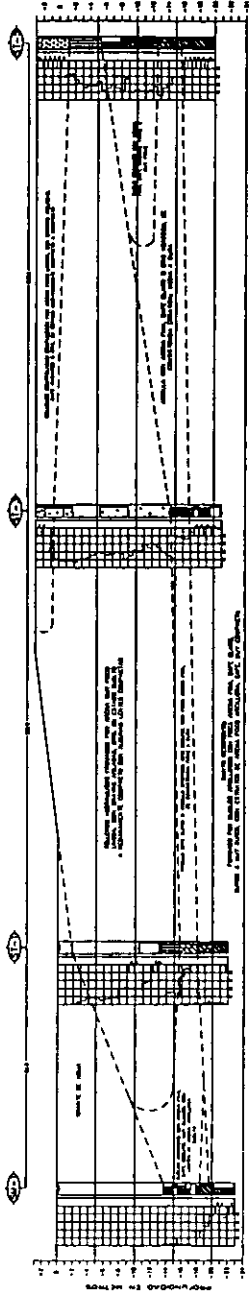
FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura 3.2

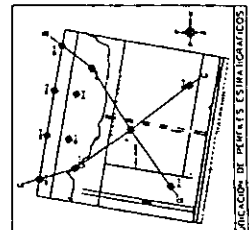
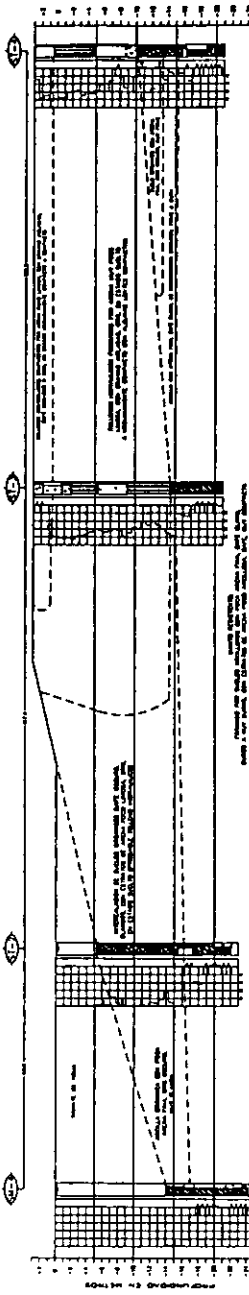
PERFILES ESTRATIGRAFICOS

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, COL.

PERFIL C-C'



PERFIL D-D'



S I M B O L O G I A

- AREOLA [diagonal lines] GRAVA [dots]
- PENETRACION ESTANDAR B. BARRIL N
- MAS DE 50 COUPES
- PP PENETRACION POR NIVEL DE AGUA
- PELO PROPIO
- A AVANCE SIN MUESTREO TS TUBO SHELBY
- MATERIA ORGANICA [cross-hatch]

- N O T A S
- ESCALA HORIZONTAL: 1:100
  - ESCALA VERTICAL: 1:100
  - PROYECTADA INTERIORES A. 1988

Figura 3.3

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

PERFILES ESTRATIGRAFICOS

FACULTAD DE INGENIERIA

CUADRO UNIVERSITARIO, MEXICO, D.F.



### III.2.1.2 Zona de agua

Con base en cuatro sondeos realizados, ST-1, ST-2, SA-1 y SA-2, se aprecia lo siguiente.

En este caso y de manera general, se puede decir que el relleno hidráulico se detecta solo en los sondeos ST-1 y SA-1, donde su espesor disminuye de sur a norte y está ausente en los sondeos SA-2 y ST-2.

A partir del lecho marino o subyaciendo el relleno hidráulico, se identifica la existencia de suelos orgánicos con arena fina café o gris, oscuros, con fragmentos de madera en descomposición, de consistencia muy blanda; el horizonte inferior de esta formación se encuentra entre -13.8 y -18.0 m. El suelo orgánico bajo el relleno hidráulico detectado en el sondeo ST-1, reporta una consistencia dura. En el sondeo ST-2, el suelo orgánico se encuentra intercalado con estratos de arena mal graduada, gris, contaminada con materia orgánica, en estado suelto.

Por último y hasta el final de los sondeos, se encuentra el manto resistente formado por suelos arcillosos con poca arena fina (CL) y algunas gravas, café claro, duros a muy duros; o por arena poco arcillosa (SC) con algunas gravas, café claro o gris, muy compacta.

### III.2.2 MUELLE.

Tomando en consideración los cuatro sondeos ejecutados, SM-1 a SM-4, la estratigrafía es la siguiente.

Primer estrato:	Horizonte superior:	lecho del fondo marino.
	Horizonte inferior:	entre -16.2 y -18.4 m
	Suelos orgánicos con cantidades variables de arena fina (OH, CH-OH, CL-OL) café o gris, oscuros, muy blandos, con fragmentos de madera en descomposición y lentes de arena arcillosa suelta.	
Segundo estrato:	Horizonte superior:	entre -16.2 y -18.4 m.
	Horizonte inferior:	entre -17.2 y -19.6 m
	Arcilla con arena fina (CL) café claro o gris oscuro, de consistencia errática: blanda a dura.	
Tercer estrato:	Horizonte superior:	entre -17.2 y -19.6 m.
	Horizonte inferior:	entre -22.8 y -24.4 m.
	Manto resistente del sitio, el cual se forma con suelos arcillosos con poca arena fina (CL) café claro, duros a muy duros; o por suelos arenosos con poca arcilla (SC) con algunas gravas, café, muy compactos.	

### III.3. LICUACION DE ARENAS.

Los casos más frecuentes de licuación de arenas se han producido durante temblores, al incidir las ondas sísmicas en la base de materiales granulares sueltos. En la literatura sobre el tema abunda la descripción de casos donde la licuación de las arenas por efectos sísmicos han producido daños materiales de gran cuantía y magnitud, causando numerosas pérdidas de vidas.

Una gran cantidad de los casos de licuación de arenas se han presentado en o cerca de las costas, en buena parte, en zonas de alta sismicidad. Ejemplos de casos bien documentados de este fenómeno son los de Coatzacoalcos, Lázaro Cárdenas y el que nos ocupa, Manzanillo.

La subducción de las placas de Rivera y Cocos producen temblores que afectan a todos los estados costeros del Pacífico, desde Nayarit hasta Chiapas. En el norte de la península de Baja California se tienen los temblores producidos por el sistema de fallas asociadas a la de San Andrés, que afecta las costas del Pacífico cerca de la frontera, de Tijuana y hasta Rosarito, y en las poblaciones y puertos cercanos a la desembocadura del Colorado. En el Golfo de México la subducción de la placa de Cocos produce sismos profundos que afectan al sur de las costas del estado de Veracruz y a la sonda de Campeche. Así, una porción considerable

de las costas mexicanas están expuestas a peligros sísmicos que incluyen la licuación de arenas. Muchos de los casos de la licuación registrados tanto en México como en el resto del mundo han ocurrido en rellenos artificiales compactados deficientemente o sin ninguna compactación.

### III.3.1. ASPECTOS BASICOS.

Los conceptos básicos para comprender el fenómeno de la licuación de arenas se conocen desde hace cerca de 60 años, cuando se publicaron los trabajos pioneros de Casagrande<sup>11</sup>. Algunos de los aspectos más significativos de los suelos granulares saturados se describen a continuación.

#### III.3.1.1 Comportamiento bajo carga en condiciones drenadas.

Si se aplican esfuerzos cortantes a un suelo granular suelto saturado, experimentará una compresión y su volumen se reducirá. La reducción de volumen será mayor cuando más suelto se encuentre el material, antes de la aplicación de esfuerzos. Si el material es medianamente denso, la reducción de volumen puede ser pequeña y puede ocurrir después de que se han generado deformaciones y esfuerzos cortantes suficientemente grandes, para que el volumen del material aumente.

Los materiales densos o muy densos sólo aumentan de volumen al someterse a esfuerzos cortantes. Estos cambios de volumen son iguales a los volúmenes de agua que expulsa el suelo al contraerse o a los cambios que absorbe cuando se dilata. Los suelos que se comprimen por el efecto de la aplicación de cargas se definen aquí como contractivos y dilatantes si aumentan su volumen; desde el punto de vista de la ingeniería geotécnica los suelos contractivos son los más problemáticos, pues en ellos se puede presentar el fenómeno de licuación de arenas.

#### III.3.1.2 Comportamiento bajo carga en condiciones no drenadas.

Si se impide el cambio de volumen durante la aplicación de esfuerzos cortantes, es decir si estos se aplican bajo condiciones de drenaje nulo el agua contenida en los poros del suelo experimentará cambios de presión. Si el suelo es contractivo, la presión de poro aumentará; si es dilatante ocurrirá lo contrario y el valor de la presión de poro disminuirá.

Cuando el suelo se encuentra en un estado muy suelto, los aumentos de presión de poro pueden anular los esfuerzos efectivos y en ese momento sobreviene la licuación del material pues el material habrá perdido toda su capacidad para resistir esfuerzos cortantes y se comportará como un fluido. La licuación es mas frecuente en las arenas finas y uniformes aunque también se han registrado casos de licuación en algunas gravas sueltas.

### III.3.2 ACONTECIMIENTOS SISMICOS EN EL PUERTO DE MANZANILLO.

El sismo ocurrido el pasado 9 de octubre de 1995, con magnitud de 7.6 grados Richter e intensidad de 0.38g, produjo que grandes extensiones de terreno ganado al mar con rellenos granulares sueltos se vieran afectadas por el fenómeno de licuación de arenas. Las instalaciones del puerto interior de San Pedrito, asentadas en buena parte sobre estos rellenos, sufrieron daños que en muchos casos pudieron atribuirse directamente a la licuación de las arenas y a algunos otros fenómenos asociados a ella, como el desplazamiento lateral de taludes no confinados, de pendiente reducida y el hundimiento del piso con la subsecuente ruptura de pavimentos, canales de drenaje, ductos y líneas de conducción.

Los rellenos arenosos de este puerto están constituidos por material dragado del fondo de la laguna de Tapeixtles, que posteriormente fueron colocados, con una compactación deficiente sobre una amplia extensión para ganar terreno al mar y formar con ellos plataformas sobre las que se construyeron patios de bodegas y de maniobras terrestres.

En el caso de la terminal de contenedores existente, cuyos patios están cubiertos por un pavimento constituido por losas de concreto, la licuación de arenas ocasionó hundimientos y desplazamientos laterales del terreno que a su vez provocaron la ruptura de muchas de estas losas, así como daños en el muelle, con desplazamientos en su dique de contención. La licuación de arenas provocó la aparición de oquedades bajo las losas y ondulaciones del terreno que las soportaba; los hundimientos diferenciales que se observaron después

<sup>11</sup> Characteristics of Cohesionless Soils Affecting the Stability of Slopes and Earth Fill, 1936

del temblor excedieron los 50 cm y es probable que los desplazamientos laterales de los taludes no confinados hayan tenido magnitudes cercanas a los 2 m.

A raíz de esta situación, resulta fundamental el evaluar el potencial licuable de los rellenos hidráulicos granulares que serán colocados para la construcción de la nueva terminal de contenedores.

### III.3.3. POTENCIAL DE LICUACION A PARTIR DE ENSAYES DE CAMPO.

El acontecimiento sobre la licuación de las arenas se enriqueció con las contribuciones de Seed y colaboradores, quienes entre muchas cosas relacionadas al tema, propusieron un método empírico simplificado para predecir la licuación de los suelos a partir de los resultados de pruebas de penetración estándar, que posteriormente se extendió usando sondeos de cono eléctrico.

El método simplificado de Seed e Idriss<sup>12</sup> consiste en comparar una medida de la resistencia a la penetración (el número de golpes de una prueba de penetración estándar  $N$ , o la resistencia de punta medida con un cono eléctrico  $q_c$ ) con el cociente de esfuerzos cíclicos<sup>13</sup>  $\tau_c/\sigma'_o$  que se inducen en la masa arenosa, a una profundidad dada. Con estos dos parámetros se determina si en la profundidad estudiada el suelo puede licuarse, de acuerdo con experiencias previas y su correspondiente valuación de los pares de valores  $N - \tau_c/\sigma'_o$  ó  $q_c - \tau_c/\sigma'_o$  obtenidos al examinar las condiciones de sitios donde se ha presentado licuación, los valores anteriores permiten definir el potencial de licuación de un determinado estrato

La distribución de los esfuerzos cortantes máximos que se presentan en un depósito de arena se puede obtener aproximadamente con la siguiente expresión:

$$Ri = \frac{\tau_c}{\sigma'_o} = 0.65 \frac{\sigma_o}{g\sigma'_o} a_{max} r_d \dots\dots\dots III.1$$

donde:

$Ri$ ,	Relación de licuación.
$\tau_c$ ,	esfuerzo cortante máximo, en $t/m^2$
$\sigma_o$ ,	esfuerzo vertical total a una profundidad dada, en $t/m^2$
$\sigma'_o$ ,	esfuerzo vertical efectivo a una profundidad dada, en $t/m^2$
$g$ ,	aceleración de la gravedad, en $cm/s^2$
$a_{max}$ ,	aceleración máxima del terreno, igual al coeficiente Sísmico $C$ en $cm/s^2$ .
$r_d$ ,	factor de corrección, función de la profundidad $z$ .

La relación de licuación  $Ri$  representa es estado de esfuerzos inducidos por un sismo a la profundidad media del estrato, cuyo potencial de licuación se define mediante el cociente del esfuerzo cortante y el esfuerzo vertical efectivo.

Considerando varias aceleraciones máximas del terreno y aplicando a los suelos granulares detectados en los tres sondeos realizados en el patio, ST-3 a ST-5 de donde se definieron los valores de  $\sigma_o$ ,  $\sigma'_o$  y  $r_d$ , revela los siguientes resultados.

<sup>12</sup> Liquefaction of Saturated Sand During Cyclic Loading, 1966.  
Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, 1971.  
Soil Liquefaction and Cyclic Mobility Evaluation for Level Ground During Earthquakes, 1979  
Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data, 1983.  
Use of STP and CPT for Evaluating The Liquefaction Resistance of Sand, 1986.

<sup>13</sup> Son aquellos producidos por el paso de las ondas sísmicas distorsionales (ondas S) a través de una masa arenosa.

Tabla III.2 Cálculo del Esfuerzo Cortante Máximo

C = Coeficiente Sismico	$\tau_c$ (t/m <sup>2</sup> )
0.1	0.098
0.2	0.197
0.3	0.285
0.38	0.374

Tabla III.3 Análisis de licuación en los sondeos ST-3, ST-4 y ST-5.

C	Potencial Licuable	Sondeo ST-3	Sondeo ST-4	Sondeo ST-5
0.1	Probable licuación en los estratos sueltos con $N < 9$	Profundidad afectada: 0.6 a -3.6 m	No existen estratos afectados.	No existen estratos afectados.
0.2	Probable licuación en los estratos sueltos a medianamente compactos con $N < 18$	Profundidad afectada: 0.6 a -9.6 m	Profundidad afectada: 1.2 a -1.2 m; y entre -3 y -5.4 m	Profundidad afectada: -5.4 a -6.6 m
0.3	Licuación en los estratos sueltos a medianamente compactos con $N < 26$	Profundidad afectada: 0.6 a -10.8 m; y entre -13.2 y -14.4 m	Profundidad afectada: 2.4 a -5.4 m	Profundidad afectada: -1.8 a -6.6 m
0.38	Licuación en los estratos sueltos a medianamente compactos con $N < 30$	Profundidad afectada: 0.6 a -14.4 m	Profundidad afectada: 2.4 a -7.2 m	Profundidad afectada: -1.8 a -6.6 m

N, número de golpes en la prueba de penetración estándar.

C, Coeficiente Sismico.

Esta información muestra que para sismos con una intensidad mayor de 0.2 el fenómeno de licuación puede afectar los rellenos hidráulicos arenosos sueltos a medianamente compactos, en un espesor de cuando menos 9.6 m respecto al nivel actual del patio (cota +3 m).

Dado que como en su totalidad el terreno tendría posibilidad de licuación es necesario someter a los patios a métodos para mejorar sus características mecánicas y evitar la licuación de arenas por tal motivo en el capítulo IV se describe a detalle los métodos para mejorar el terreno (compactación, inyecciones químicas, y drenes) y evitar la licuación de las arenas.

### III.4. BANCOS DE MATERIALES.

El estudio de geotécnica se complementó con la investigación de tres bancos comerciales de materiales que pueden emplearse en la conformación de la estructura de los rellenos, pavimentos o elaboración de concreto hidráulico.

Los bancos estudiados son:

- La Floreña
- La Tigra y
- Tapeixtles

La Figura. 3.4 muestra la ubicación de los bancos mencionados.





Figura 34

AMPLIACION DE MUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

LOCALIZACION DE LOS BANCOS DE MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



#### III.4.1 BANCO LA FLOREÑA.

Su potencial de explotación es adecuado en la construcción de capas de sub-base, base, carpeta asfáltica y concreto hidráulico con una distancia media de acarreo de 11.2 Km al sitio de estudio.

El banco se ubica a la altura del Km 320.5 de la carretera No. 200 Manzanillo-Armería, desviación izquierda 3 Km sobre el camino Las Nuevas Juntas - Las Canoítas. El material proviene de depósitos aluviales del Arroyo Santa Rita, de donde se pueden obtener gravas (G) y arenas (S) con algunos fragmentos chicos y medianos (Fcm). En el banco los materiales son sometidos a triturado y cribado.

#### III.4.2 BANCO LA TIGRA.

Este banco puede emplearse en la construcción de rellenos, capa subrasante, capa de sub-base y concreto hidráulico, y se le asigna una distancia de acarreo de 3.3 Km al sitio de estudio, su potencial de explotación es adecuado para lo antes mencionado.

El banco se ubica a 1.6 Km distante de las instalaciones de PEMEX, a donde se puede llegar por el libramiento Tapeixtles. El lugar tiene un origen ígneo extrusivo de naturaleza piroclástica. Del sitio se pueden obtener fragmentos chicos y medianos (Fcm), gravas (G) y arenas (S) con arcilla (CL). En el banco los materiales son sometidos a triturado y cribado.

#### III.4.3 BANCO TAPEIXTLES

Este banco puede emplearse en la construcción de rellenos, capas subrasante y sub-base, reporta una distancia de acarreo de 1.3 Km al sitio en estudio.

El banco se ubica en el Km 5 del llamado Libramiento Tapeixtles, a la entrada de la Ciudad de Manzanillo. El sitio es una formación de origen ígneo extrusivo de naturaleza piroclástica. Del lugar se pueden obtener fragmentos chicos y medianos (Fcm), gravas (G) y arenas (S) con limo (ML). En el banco los materiales no son sometidos a ningún tratamiento.

Dadas las características de los materiales necesarios para la construcción de este proyecto así como también la ubicación y la distancia de los bancos antes mencionados los mas convenientes son el de Tapeixtles o la Tigra.

En la Figura 3.5 se muestran las curvas de distribución granulométrica de los tres bancos antes descritos.

### III.5. ANALISIS GEOTECNICOS

En este inciso se plantea la evaluación geotécnica para el muelle y para el patio de contenedores.

Dada la experiencia del comportamiento estructural del muelle existente y por economía se plantearon dos alternativas de estructuración que difieren únicamente en el elemento de contención.

#### Alternativa No. 1

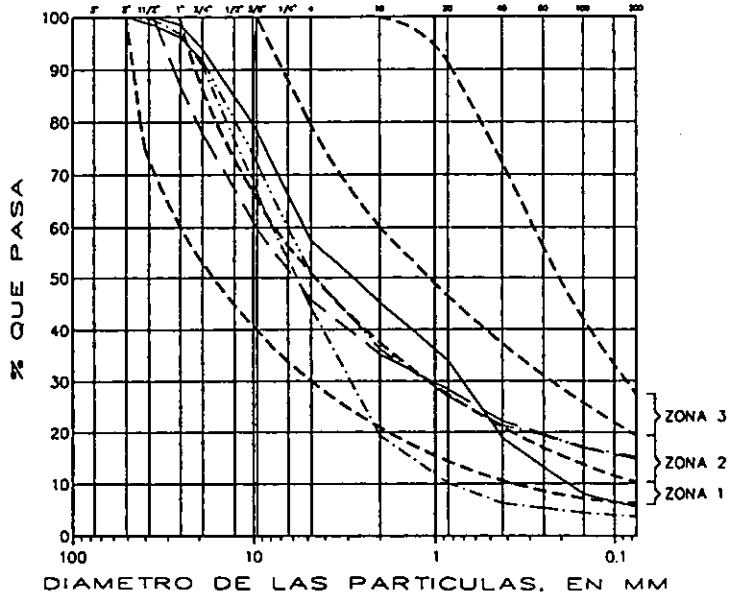
Esta alternativa está constituida en propuesta por una subestructura con pilotes de concreto reforzado de 60 x 60 cm desplantados a la cota -20 m; la superestructura está formada por una losa plana de 0.45m y un firme armado sobre esta de 0.15m, una pantalla de atraque en la parte frontal y una pantalla posterior para contener los rellenos, y como elemento de contención de los rellenos un pedraplén. (Figura 3.6)

#### Alternativa No. 2

Esta alternativa está constituida en propuesta por un tablaestacado para resistir los rellenos de los patios, estará constituida por un tensor sujetado a un muerto de anclaje y de igual manera que la alternativa 1 su subestructura será con de pilotes de concreto. (Figura 3.7).

A continuación se describen las fuerzas que actuarán para el diseño estructural del muelle y su interacción con los aspectos geotécnicos de la zona.

SUCS	GRAVA		ARENA		
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA



CURVA	BANCO	MUESTRA	SUCS
————	FLOREÑA	UNICA	SP-SM
- - - -	LA TIGRA	UNICA	GC
- . - . -	TAPEIXTLES	FRENTE 1	GW
- - - -	TAPEIXTLES	FRENTE 2	GM



FACULTAD DE INGENIERIA

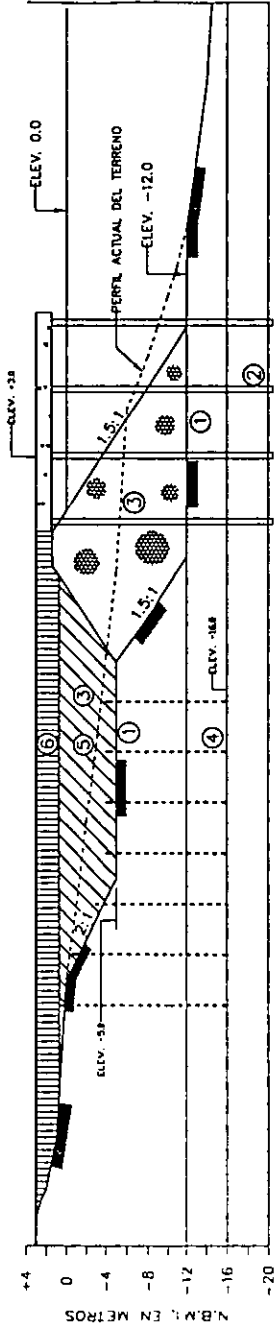
Ciudad Universitaria, México, D.F.

Figura 3.5

CURVAS DE DISTRIBUCION GRAMULOMETRICA DE BANCO DE MATERIALES

AMPLIACION DE MUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

PEDRAPLEN COMO ELEMENTO DE CONTENCIÓN



- ① DRAGAR EL SITIO
- ② INSTALAR PIOTES DESDE EL AGUA
- ③ CONSTRUIR EL PEDRAPLEN
- ④ COLOCAR EL RELLENO GRANULAR A VOLTEO
- ⑤ INSTALAR DRENES VERTICALES
- ⑥ MAJORAR MASIVAMENTE EL RELLENO GRANULAR
- ⑦ COLOCAR EL RESTO DEL RELLENO GRANULAR

Figura 3.6

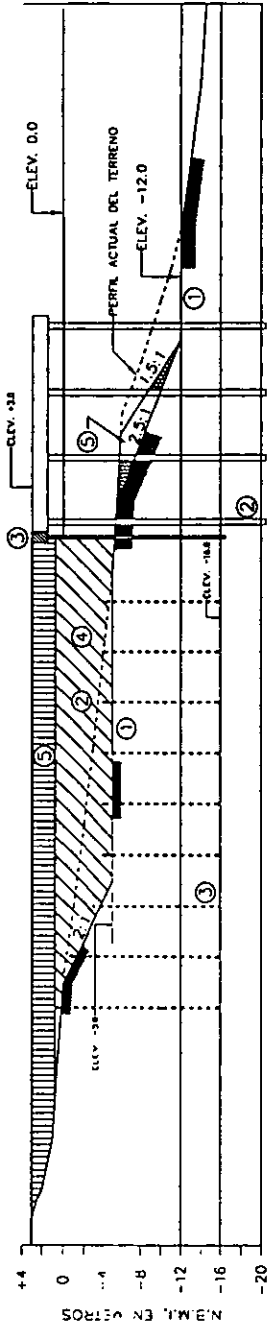
FACULTAD DE INGENIERIA

ALTERNATIVA I DE MUELLE

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, COL.



TABLESTACA COMO ELEMENTO DE CONTENCION



- ① DRAGAR EL SITIO
- ② INSTALAR PILOTES DESDE EL AGUA
- ③ COLOCAR EL RELLENO GRANULAR A VOLTEO
- ④ INSTALAR TABLESTACA A PARTIR DE LOS PILOTES PREVIAMENTE COLOCADOS
- ⑤ INSTALAR DRENE VERTICALES
- ⑥ MAJORAR MASIVAMENTE EL RELLENO GRANULAR
- ⑦ COLOCAR RECUBRIMIENTO DE PROTECCION SOBRE EL TALUD NATURAL
- ⑧ COLOCAR EL RESTO DEL RELLENO GRANULAR

Figure 3.7

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COI.

ALTERNATIVA 2 DE MUELLE

FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



**A) Fuerza de atraque.**

La energía dinámica de atraque del barco  $E_a$  antes de atracar es:

$$E_a = \frac{Pv^2}{2g} \dots\dots\dots III.2$$

donde: P, peso virtual del barco, en ton  
 v, velocidad de atraque, en m/s  
 g, aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>

El peso virtual del barco P es la suma del peso de agua desplazada por la nave, peso muerto PM, más el peso añadido Pa. El peso añadido corresponde al de la masa de agua que se moviliza con el barco y puede estimarse aproximadamente como:

$$P_a = 0.785 D^2 L \rho_w \dots\dots\dots III.3$$

donde: D, Calado del barco, en m  
 L, Eslora del barco, en m  
 $\rho_w$ , Densidad del agua de mar = 1.03 t/m<sup>3</sup>

por lo que  $P = PM + P_a \dots\dots\dots III.4$

Cuando el barco atraca en el muelle lo hace en un punto determinado haciendo un movimiento giratorio en el plano horizontal. En ese momento se produce una pérdida de energía dinámica  $E_r$  que se calcula como:

$$E_r = \frac{Pv^2 \left(\frac{l}{r}\right)^2}{2g \left[1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2\right]} \dots\dots\dots III.5$$

donde l, distancia del centro de gravedad del barco al punto de contacto con el muelle  
 r, radio de giro del barco.

de esta manera la energía efectiva de atraque E equivale a:

$$E = E_a - E_r \dots\dots\dots III.6$$

haciendo las simplificaciones pertinentes se obtiene

$$E_r = \frac{Pv^2}{2g} \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \dots\dots\dots III.7$$

generalmente la relación  $l/r$  es igual a la unidad, lo que implica finalmente que

$$E = \frac{Pv^2}{4g} \dots\dots\dots III.8$$

Una vez conocida esta energía calculada con la Ec III.8 se puede consultar con los distintos fabricantes de defensas<sup>14</sup> y poder decidir cual es la adecuada, una vez que se tomó la decisión de que tipo de defensa, el fabricante nos proporciona la fuerza resultante que incidirá horizontalmente sobre el muelle, la cual nos servirá para el diseño estructural del muelle.

<sup>14</sup> Elementos de patente que sirven para disminuir la energía de atraque y que transmiten a la estructura una reacción

**B) Fuerza de viento.**

La fuerza de viento que actúa sobre el área expuesta del barco atracado se determina mediante la expresión

$$R = \frac{1}{2} \rho C U^2 (A_l \cos^2 \theta + A_t \sin^2 \theta) \dots\dots\dots \text{III.9}$$

donde	R,	resultante de la fuerza de viento, en Kg
	$\rho$ ,	densidad del aire, 0.123 Kg s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
	C,	coeficiente de la fuerza de viento estimado como: C= 1.325- 0.05 cos 2 $\theta$ - 0.35 cos 4 $\theta$ - 0.175 cos 6 $\theta$
	U,	Velocidad del viento, 55.56 m/s (200 Km/hr)
	A <sub>t</sub> ,	Área máxima transversal de deriva debida al viento, en m <sup>2</sup>
	A <sub>l</sub> ,	Área máxima longitudinal de deriva debida al viento, en m <sup>2</sup>
	$\theta$ ,	Ángulo entre el eje longitudinal del barco y la dirección del viento.

Las áreas expuestas al viento se deben estimar a partir de las siguientes relaciones para barcos de carga:

para barco cargado completamente:

$$\log A_t = -0.107 + 0.621 \log DW \dots\dots\dots \text{III.10}$$

$$\log A_l = -0.036 + 0.742 \log DW \dots\dots\dots \text{III.11}$$

para barco descargado:

$$\log A_t = 0.019 + 0.628 \log DW \dots\dots\dots \text{III.12}$$

$$\log A_l = 0.283 + 0.727 \log DW \dots\dots\dots \text{III.13}$$

**C) Fuerza por Sismo.**

La Fuerza Sísmica que se toma será el peso de todos los elementos que componen la Superestructura, más el 50 % de Carga Viva por el coeficiente sísmico, lo que nos dará la fuerza sísmica que actúa.

El Coeficiente sísmico será tomado de los reglamentos existentes<sup>3</sup>, donde se consideran como datos el tipo de suelo y la regionalización nacional.

**D) Fuerza de Oleaje.**

Su análisis no es común, excepto cuando se trata de obras fuera de costa (Off-Shore). Una manera de considerar este efecto, es tomando en cuenta las Normas de Diseño de la actual Vocalía de Obras Marítimas de Puertos Mexicanos, que indican.

Considerar la fuerza horizontal producida por el oleaje como un tercio de la total debida al viento, actuando paralelamente a esta.

**E) Fuerza de Corriente.**

Tal como sucede en el oleaje, debido a la protección que ofrece el puerto las corrientes no son comúnmente consideradas actuando en una embarcación atracada y en realidad las fuerzas que generarán son pequeñas con relación a los producidos por viento.

<sup>3</sup> Esteva L., Regionalización sísmica de México, Instituto de Ingeniería, U.N.A.M.

**F) Fuerzas Verticales.**

Las fuerzas actuantes verticales serán el peso de todos los elementos que componen la superestructura (Cargas Muertas), así como también el peso de los equipos necesarios para el funcionamiento de la terminal, tales como Grúa Portainer, Camiones, Montacargas, etc. (Cargas Vivas).

Para el diseño integral del muelle, sobre todo cuando se usan programas de computadora, es común analizar diversas combinaciones de carga; entre las más usuales tenemos.

- A) Para Superestructura
- C.M.+C.V.
- B) Para Subestructura.
- C.M.+C.V.
  - C.M.+Sismo.
  - C.M.+C.V.+Viento.
  - C.M.+C.V.+Atraque.

**III.5.1 Cimentación del Muelle.****A) Capacidad de carga axial de pilotes verticales**

Se asume que la resistencia del pilote bajo solicitaciones verticales se debe a la combinación de la resistencia en la base y en el fuste del elemento, así:

$$Q_a = \frac{Q_p}{FS} \dots\dots\dots III.14$$

$$Q_p = Q_b + Q_f \dots\dots\dots III.15$$

$$Q_b = A_p [cN_c + \sigma'vN_q] \dots\dots\dots III.16$$

$$Q_f = f_s A_s \dots\dots\dots III.17$$

donde	$Q_a$ ,	carga admisible total de trabajo en el pilote, en ton
	$Q_p$ ,	carga última total en el pilote, en ton
	$Q_b$ ,	carga última en la base del pilote, en ton
	$Q_f$ ,	carga última por adherencia en el fuste, en ton
	$c$ ,	cohesión del suelo, en $t/m^2$ .
	$N_c$ ,	factor de capacidad de carga.
	$N_q$ ,	factor de capacidad de carga función del ángulo de fricción $\phi$
	$\sigma'v$ ,	esfuerzo efectivo a la profundidad de desplante del pilote, en $t/m^2$
	$f_s$ ,	adherencia lateral unitaria en el fuste del pilote, en $t/m^2$
	$A_s$ ,	área lateral del pilote, en $m^2$
	$A_p$ ,	área de la base del pilote. en $m^2$
	$FS$ ,	factor de seguridad igual a 2.5.

La selección de la profundidad de desplante de los pilotes del muelle, partiendo de que se contará con una plantilla de dragado a la cota -12 m, tiene en mente los siguientes aspectos:



- El terreno de apoyo de los pilotes corresponde mayormente a suelos de naturaleza cohesivo-friccionante con número de golpes mayor de 50 en la prueba de penetración estándar, cuyo horizonte superior se define entre la cota -17.2 y -19.6 m.
- Los pilotes deben desplantarse en este estrato, penetrando en él no menos de 3 m, por lo que la punta de los pilotes puede encontrarse entre la cota -20.2 y -22.6 m.

Se asumen los siguientes parámetros de diseño para el terreno de cimentación.

$\gamma$ ,	0.65 t/m <sup>3</sup> (promedio entre los suelos blando y resistente)
$\phi$ ,	17°
$c$ ,	17 t/m <sup>2</sup>
$N_c$ ,	12
$N_q$ ,	5
$f_s$ ,	4.5 t/m <sup>2</sup> (arcilla dura)

En estas condiciones y con  $\sigma'v=8.2 \text{ m} \times 0.65 \text{ t/m}^3= 5.33 \text{ t/m}^2$ , resulta

$$Q_a=92.2A_p + 5.4p$$

donde p es el perímetro del pilote en metros.

Aplicando esta expresión para pilotes de concreto de sección cuadrada con lado B, se obtiene la capacidad de carga útil total de trabajo  $Q_a$  por pilote.

Lado del pilote B [m]	$Q_a$ [t]
0.4	23.4
0.5	33.9
0.6	46.2

B) Capacidad de carga a la tensión de pilotes verticales.

La fricción desarrollada en el fuste de un pilote vertical ante una fuerza axial de extracción o tensión se puede estimar con las siguientes ecuaciones:

$$Q_t = \frac{Q_{tu}}{FS} + W \dots\dots\dots\text{III.18}$$

$$Q_{tu} = f_s A_s \quad , \text{ suelo cohesivo} \dots\dots\dots\text{III.19}$$

- donde
- $Q_t$ , carga admisible de trabajo a la tensión, en ton
  - $Q_{tu}$ , carga última a la tensión, en ton
  - $W$ , peso propio del pilote, en ton
  - $FS$ , factor de seguridad igual a 2.5
- Las demás literales tienen el significado ya comentado.

C) Capacidad de carga de pilotes inclinados ante fuerzas horizontales.

Las fuerzas horizontales actuantes sobre el muelle serán soportadas mediante la instalación de parejas de pilotes inclinados en direcciones opuestas (tijeras). Tales pilotes soportarán la carga horizontal transmitiendo cargas de compresión y tensión solo en la dirección axial de los pilotes.

La capacidad de carga útil de los pilotes inclinados se puede aproximar como el resultado de proyectar sobre el eje longitudinal del elemento la capacidad de carga vertical a compresión o tensión descrita anteriormente.

Por economía, los pilotes deben instalarse con la mayor inclinación posible respecto a la vertical, recomendando que la pendiente no tenga una relación menor de 1:5 (H:V).

### III.5.2 PATIO DE CONTENEDORES.

#### III.5.2.1 Zona de tierra.

Aceptando que la intención de diseño es la de minimizar el efecto de licuación de arenas ante eventos sísmicos, se requiere llevar a cabo el mejoramiento masivo de los rellenos granulares existentes. Se propone que el espesor mejorado no sea menor de 10 m, y que al finalizar el proceso de mejoría la prueba de penetración estándar registre no menos de 30 golpes. Las técnicas de mejoramiento son variadas, pero las que mejor resultado han dado para suelos granulares son la vibrocompactación y el vibrodesplazamiento.

##### Vibrocompactación.

Utiliza vibradores a profundidad para densificar los suelos granulares, el movimiento vibratorio reacondiciona las partículas del suelo en una configuración más densa. Un suelo mejorado con este procedimiento presenta asentamientos menores así como también aumenta la capacidad de carga y disminuye el riesgo de la licuación de arenas.

##### Vibrodesplazamiento.

El proceso consiste en hincar un torpedo provocando el desplazamiento lateral del suelo, posteriormente se retira el torpedo y se rellena en capas con grava gruesa o piedra triturada formando así columnas de grava que compactan y refuerzan el suelo.

#### III.5.2.2 Zona de agua.

El procedimiento de relleno en esta zona comprende de manera general los siguientes pasos:

- Se eliminará parcialmente el estrato de suelos arcillosos blandos que aparecen a partir del lecho marino.
- Posteriormente se llevará a cabo el relleno a volteo con material granular hasta alcanzar la cota +1.0 m.
- Contando ya con una superficie de trabajo fuera del agua, se instalarán drenes verticales para acelerar el proceso de consolidación de los suelos blandos subyacentes. El extremo final del dren debe instalarse hasta detectar el aquí denominado manto resistente, el cual se ubica a una profundidad media de -16 m, mientras que su extremo superior debe alojarse dentro del relleno granular recién colocado.
- El relleno granular se mejorará de manera masiva con alguna de las técnicas propuestas anteriormente para la zona de tierra del patio. Durante este proceso se consolida el suelo arcilloso blando con el consecuente desarrollo de hundimientos, por lo que en esta etapa se debe colocar material granular adicional para mantener el nivel del terreno constante.
- Cuando el proceso de consolidación haya concluido o muestre un gran avance, mayor del 85%, la capa superior del relleno granular mejorado que sobresalga del nivel de agua deberá removerse para compactarse con procedimientos convencionales, esto debido a que el mejoramiento masivo normalmente no tiene un buen efecto en la costra superficial.

### III.5.3. ELEMENTOS DE CONTENCION

Ahora bien, para contener el relleno granular colocado en la zona de agua se plantean dos alternativas.

- Empleo de pedraplén, y
- Empleo de tablestaca.

En las Figuras 3.6 y 3.7 se ilustra el aspecto de las dos opciones, y a continuación se comentan con mayor detalle.

### III.5.3.1 Pedraplén

De acuerdo a lo comentado antes para el patio en la zona de agua, la secuencia de construcción es la siguiente.

1. Dragar el sitio hasta la cota -12 y -5 m, según corresponda.
2. Instalar desde el agua los pilotes a la profundidad indicada, prestando especial cuidado en lograr una buena sujeción de las cabezas de los elementos para evitar desplazamientos horizontales debidos a la construcción del pedraplén.
3. Construir el pedraplen
3. Colocar el relleno granular a volteo desde tierra, hasta la cota +1.0 m.
4. Instalar los drenes verticales.
5. Mejorar masivamente el relleno granular.
6. Colocar el resto del relleno granular hasta alcanzar la cota +3.0 m, compactado de manera convencional.

Los números anteriores repetidos indican actividades que pueden efectuarse de manera simultánea.

En estas condiciones, el pedraplen puede experimentar un asentamiento máximo del orden de 20 a 40 cm debido al estrato de suelos arcillosos blandos que le subyacen. Esto implica la nivelación del pedraplen con recargues de material posteriores a su construcción.

### III.5.3.2 Tablestaca

Ahora, la secuencia de construcción es.

1. Dragar el sitio hasta la cota -12 y -5 m, según corresponda.
2. Instalar desde el agua los pilotes a la profundidad indicada, prestando especial cuidado en lograr una buena sujeción de las cabezas de los elementos.
2. Colocar el relleno granular a volteo desde tierra, hasta la cota +1.0 m.
3. Instalar el muro de tablestaca a partir de una superficie de trabajo apoyada en los pilotes previamente colocados.
3. Instalar los drenes verticales.
4. Mejorar masivamente el relleno granular.
5. Colocar el recubrimiento de protección sobre el talud natural previamente dragado.
5. Colocar el resto del relleno granular hasta alcanzar la cota +3.0 m, compactado de manera convencional.

Dado que en esta tesis solo se da una visión muy general de los trabajos que se desarrollaron para la construcción del muelle, no se incluye a detalle el análisis de la estructuración sino solo algunos de los elementos importantes a considerar para su realización.

## **CAPITULO IV.**

### **Ingeniería de Proyecto.**

La finalidad primordial de este capítulo es dar a conocer a mayor detalle los trabajos que se desarrollaron para la construcción de la terminal de contenedores y de su buen funcionamiento.

#### **IV.1 Rellenos en la Zona de Patios.**

Dada la configuración del terreno es necesario realizar un relleno en una parte del patio de contenedores como se puede observar en la Figura 1.6. por lo cual se realizaron para control de obra secciones transversales (Figuras 4.1 a 4.5) apoyadas en el levantamiento topobatimétrico para cuantificar el volumen de relleno.

El procedimiento de relleno comprende de manera general los siguientes pasos:

- Se eliminará parcialmente el estrato de suelos arcillosos blandos que aparecen a partir del lecho marino, removiéndolo hasta la cota  $-5.00$  m ó  $-7.00$  m, según se muestra en las figuras 4.2 y 4.5.
- Posteriormente se llevará a cabo el relleno a volteo con material granular hasta alcanzar la cota  $+2.0$  m
- Contando ya con una superficie de trabajo fuera del agua, se instalarán drenes verticales para acelerar el proceso de consolidación de los suelos blandos subyacentes.
- El relleno granular se mejorará de manera masiva con el método propuesto de mejoramiento (vibrodesplazamiento).
- Cuando el proceso de consolidación haya concluido o muestre un avance mayor del 85%, la capa superior del relleno granular mejorado que sobresalga del nivel de agua deberá compactarse con procedimientos convencionales.

#### **Selección del relleno granular.**

El citado material granular necesario para el relleno del patio puede proceder de los bancos Tapeixtles o La Tigra; el tamaño máximo del material se seleccionó en base a los mejores resultados que se puedan obtener con el método de mejoramiento elegido.

Dado el tipo de material encontrado en el patio actual, así como las características de los materiales de los bancos estudiados, se propone que al menos el material suministrado sea una arena poco limosa con algunas gravas, clasificación SUCS: SP-SM o SP.

#### **Compactación del relleno complementario.**

El relleno complementario comprende el material granular existente fuera del agua y de sus niveles influidos por las mareas, hasta alcanzar el nivel inferior de la estructura del pavimento.

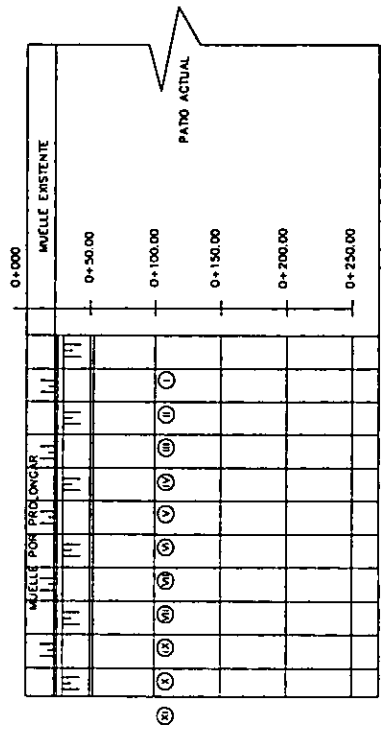
El material se compactó de manera convencional en capas sueltas no mayores de 20 cm hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 98% respecto al peso volumétrico seco máximo (PVSM) definido en la prueba de control AASHTO<sup>15</sup> modificada. El equipo de compactación usual para este tipo de suelos corresponde a rodillos vibratorios.

#### **IV.2 Mejoramiento del Terreno.**

Las propiedades de las arenas contractivas, sean depósitos granulares de origen natural o rellenos hidráulicos, pueden modificarse mediante técnicas que tienen por objeto densificarlas para incrementar su resistencia a sufrir deformaciones de flujo a la licuación. Un depósito de arena mejorada deberá soportar cargas dinámicas, con asentamientos tolerables sin que se presente la licuación, para las excitaciones sísmicas de diseño. Se ha demostrado en muchos lugares que los suelos y rellenos granulares sueltos responden positivamente a la energía dinámica producida por impactos o vibración con lo que se mejora sus características como densidad relativa, rigidez, resistencia y disminuye su deformabilidad. La aplicación de cargas estáticas temporales (precarga) también mejora las propiedades de estos suelos, aunque es mucho menos efectiva que los métodos dinámicos de compactación.

<sup>15</sup> American Association of State Highway Officials; prueba proctor estandar.

DARSENA



**CÁLCULO DE VOLUMENES DE RELLENO.**

SECCION	AREA m <sup>2</sup>	A. PROB. m <sup>2</sup>	DIST. m	VOL. m <sup>3</sup>
I	574.38			
II	572.00	573.77	25.00	14,329.75
III	571.40	571.70	25.00	14,292.50
IV	571.47	571.44	25.00	14,285.88
V	569.69	570.58	25.00	14,264.50
VI	488.35	518.02	25.00	12,950.50
VII	483.29	484.82	25.00	11,620.50
VIII	485.33	484.31	25.00	11,607.75
IX	485.50	485.42	25.00	11,635.38
X	485.33	485.42	25.00	11,635.38
XI	488.07	488.70	25.00	11,667.50
<b>TOTAL</b>				<b>128,289.62</b>

**LOCALIZACIÓN DE SECCIONES**

VOLUMEN RELLENO 128,289.62 m<sup>3</sup>

Figura 4.1

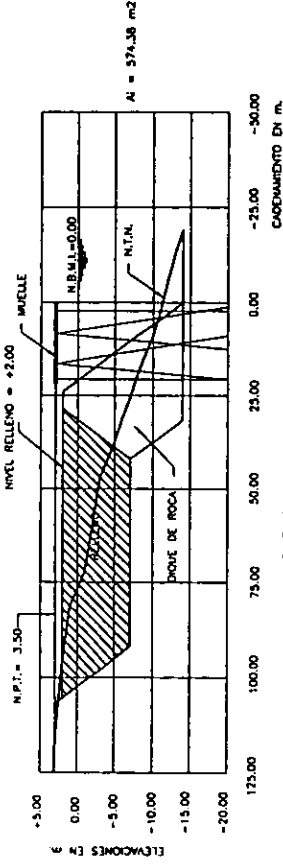


FACULTAD DE INGENIERIA

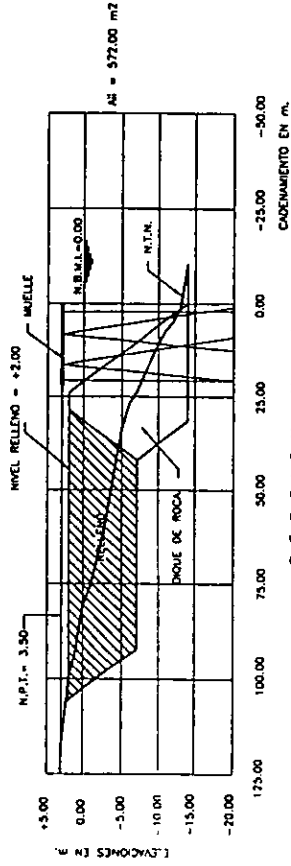
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

LOCALIZACION DE SECCIONES.

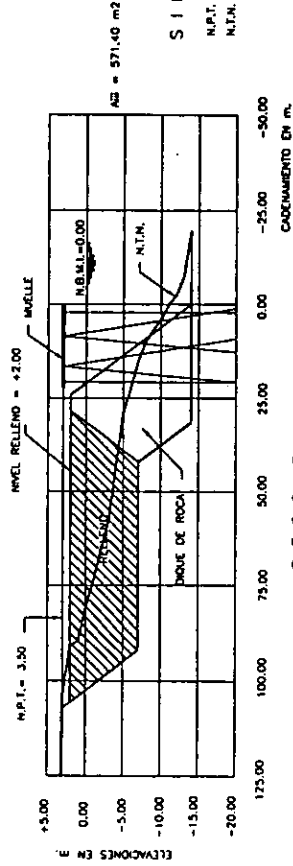
AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.



SECCION N o. I



SECCION N o. II



SECCION N o. III

**S I M B O L O G I A.**  
 N.P.T. Nivel de Pila Terminada.  
 N.T.N. Nivel del Terreno Natural.

Figura 4.2

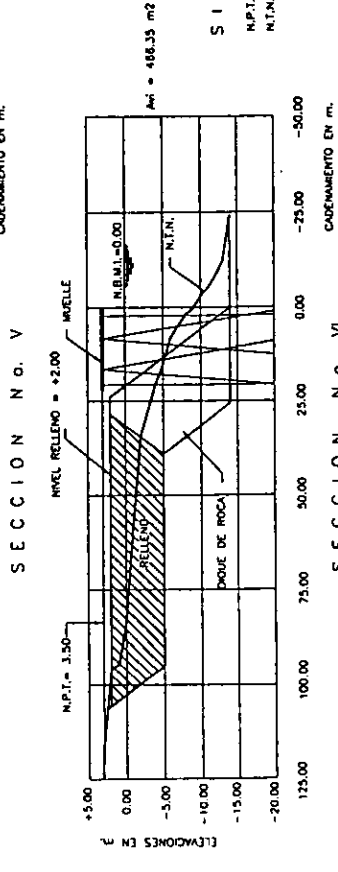
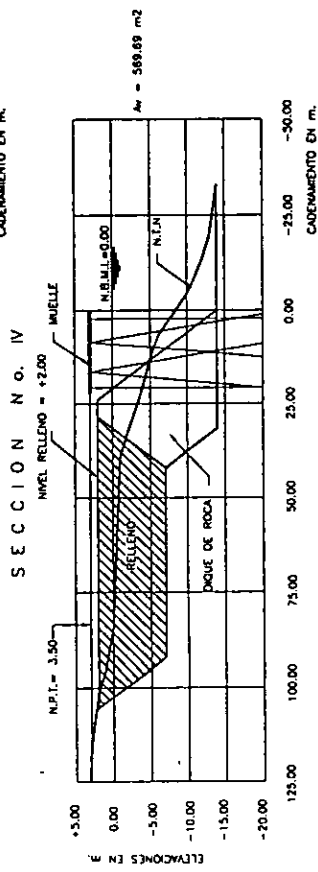
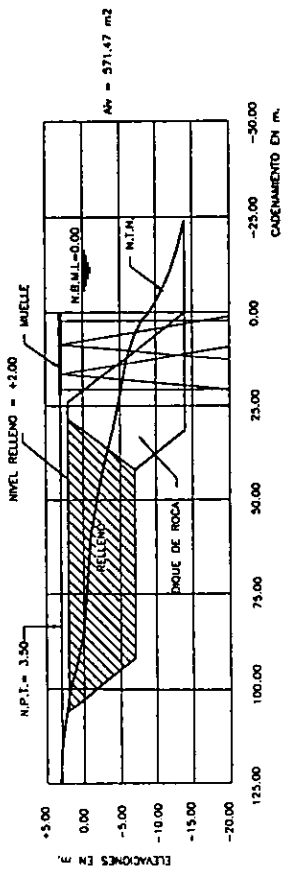
AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MAIZANILLO, COL.

FACULTAD DE INGENIERIA

SECCIONES TRANSVERSALES.

CUADRO UNIVERSITARIO, MEXICO, D.F.





**S I M B O L O G I A.**

N.P.T. Nivel de Pico Terminado.  
N.T.M. Nivel del Terreno Natural.

AMPLIACION DE MUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

SECCIONES TRANSVERSALES.

Figura 4.3

FAULTAD DE INGENIERIA

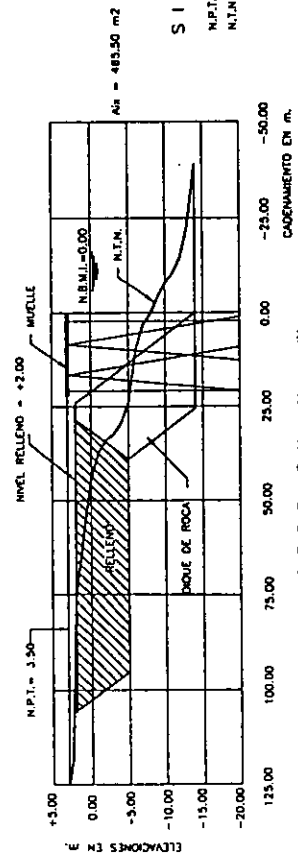
CUAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



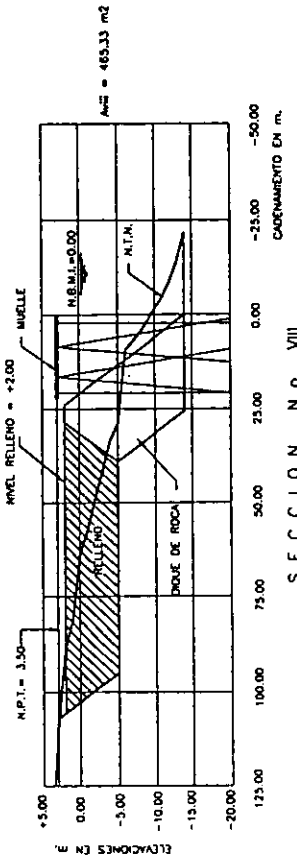


Figura 4.4

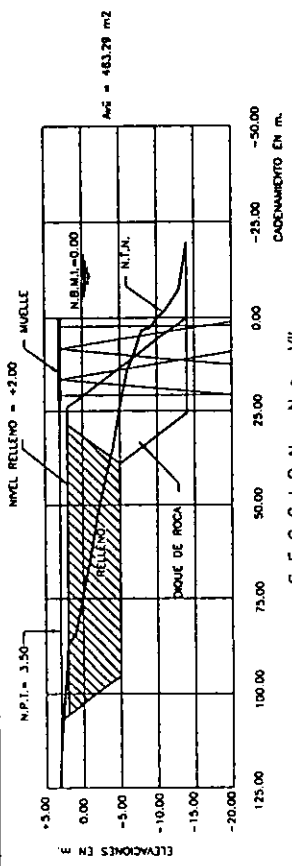
SECCION N o. IX



SECCION N o. VIII

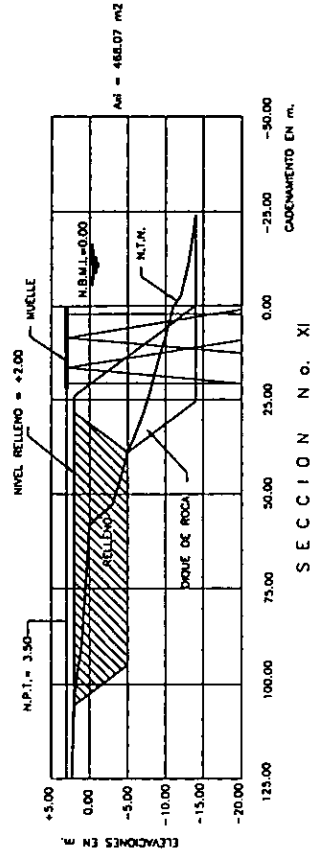
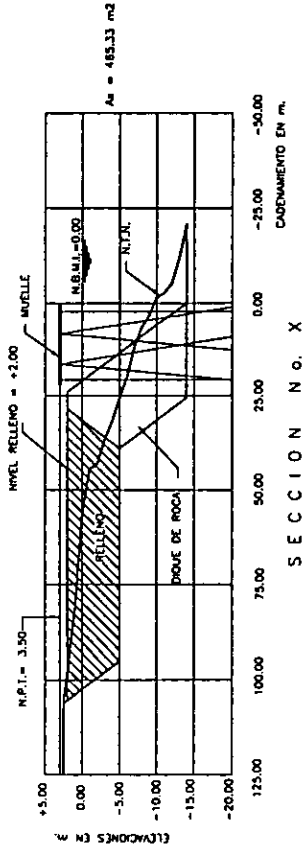


SECCION N o. VII



**SIMBOLOGIA.**  
N.P.T. Nivel de Piso Terminado.  
N.T.N. Nivel del Terreno Natural.





**SIMBOLOGIA.**  
 N.P.I. Nivel de Piso Terminado.  
 N.T.N. Nivel del Terreno Natural.

Figura 4.5

AMPLIACION DE MUELLE Y PANTOS DE UNA TERMINAL  
 ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
 EN MANZANILLO, COL.

SECCIONES TRANSVERSALES.

FACULTAD DE INGENIERIA  
 CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



Los métodos vibratorios son los más utilizados actualmente para prevenir la licuación y mejorar el comportamiento sísmico de los suelos. A través de los años se han desarrollado diversos tipos de vibradores, pero en la actualidad en la gran mayoría de los casos se utilizan vibradores de fondo que tienen entre 30 y 45 cm de diámetro. Las vibraciones son generadas cerca de la punta del vibrador y son producidas mediante la rotación de pesos excéntricos alrededor de un eje, alimentados por un motor eléctrico o hidráulico. El avance del vibrador se puede agilizar mediante el uso de chorro de agua, aunque en la actualidad se puede hacer el proceso totalmente seco.

#### IV.2.1 Vibrodesplazamiento.

Consiste en la construcción de columnas de grava, en material de relleno y suelos flojos con el fin de mejorar la resistencia de carga y las características de asiento.

A diferencia de los suelos granulares limpios, los materiales cohesivos no pueden responder a la vibración con el procedimiento clásico de la vibrocompactación, por cuya razón se introdujo el concepto de la construcción de columnas de grava para reforzar y mejorar los suelos cohesivos flojos formados por materiales de relleno diversos.

Para construir las columnas de grava, se hace que el vibrador penetre hasta la profundidad proyectada y el hueco resultante se llena de piedra dura inerte, sin finos de arcilla. Para que se produzca la interacción requerida entre las columnas de grava y los suelos circundantes, es necesario introducir y compactar por etapas el relleno de piedra, de tal modo que quede perfectamente compactada cada carga de piedra.

La grava proporciona una mejor transmisión de la fuerza vibratoria a los suelos circundantes, por lo tanto incrementa el efecto de densificación. Otros beneficios son el control de la presión de poro por medio de las columnas de grava, que actúa como dren, y la reducción de esfuerzos cortantes cíclicos debido a una concentración de esfuerzos en la columna, ya que posee mayor rigidez que el suelo que la rodea; en la figura 4.6 se muestra en forma esquemática la aplicación de este método.

Dados los beneficios y las experiencias vividas durante el sismo de 1995 este método se considera el más adecuado para el mejoramiento de nuestro patio de contenedores en las figuras 4.7 a 4.9 se muestra el arreglo propuesto así como también unos cortes transversales que muestran a mayor detalle el arreglo.

#### IV.2.2 Drenes Verticales (Wick Drains).

Históricamente la construcción sobre suelos compresibles ha ocasionado serios problemas a los ingenieros civiles, ya que al cargar los suelos con las estructuras suscita que estos comiencen a consolidarse, provocando a futuro o incluso, de manera instantánea, daños a las estructuras, debido a estas razones en este apartado se propone un método para acelerar la consolidación, ya que este proceso por sí solo es muy tardado, del orden de años y con este método se reduciría el tiempo a un par de meses; además de ayudar a disipar las presiones de poro que se generarán durante un evento sísmico.

Este método consiste en instalar drenes verticales en la zona donde deseamos acelerar la consolidación; con un determinado arreglo o espaciamiento (Figura 4.8 a 4.10), este espaciamiento depende del tipo de suelo y del tiempo en el que queremos llegar a un determinado porcentaje de consolidación; estos drenes consisten de un elemento de drenaje de polipropileno envuelto en un filtro de geotextil (Figura 4.11)

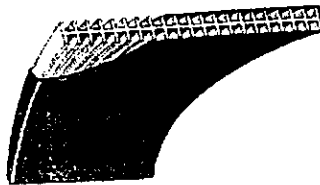
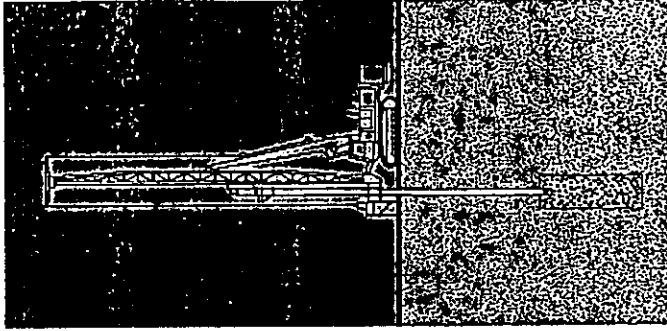
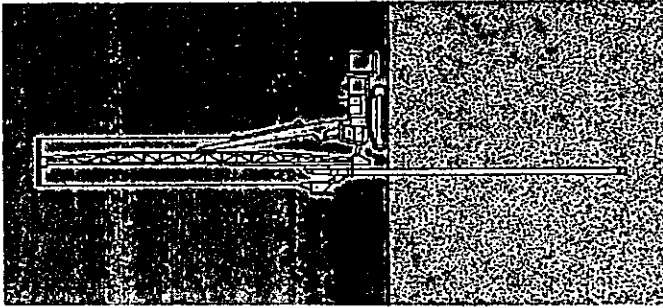


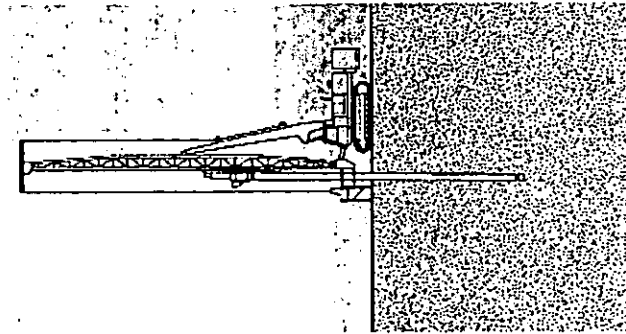
FIGURA 4.11 Wick Drain.



COLUMNA DE GRAVA CON UN 40% DE AVANCE



LONGITUD DE PROYECTO



PERFORACION

Figura 4.6

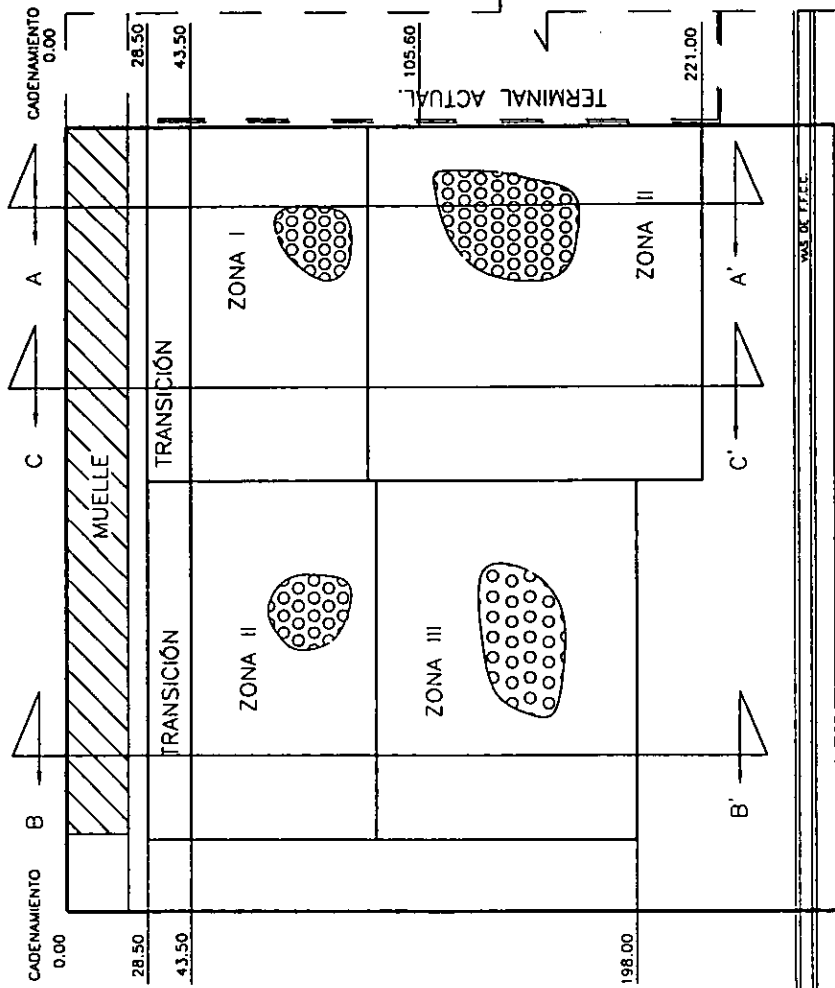
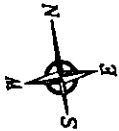
AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

PROCEDIMIENTO DEL VIBRODESPLAZAMIENTO

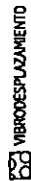
FACULTAD DE INGENIERIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.





NOTAS:



EN LA ZONA I Y II SE APLICA TAMBO EL VIBRODESPLAZAMIENTO COMO LOS WICK DRAINS

Figura 4.7

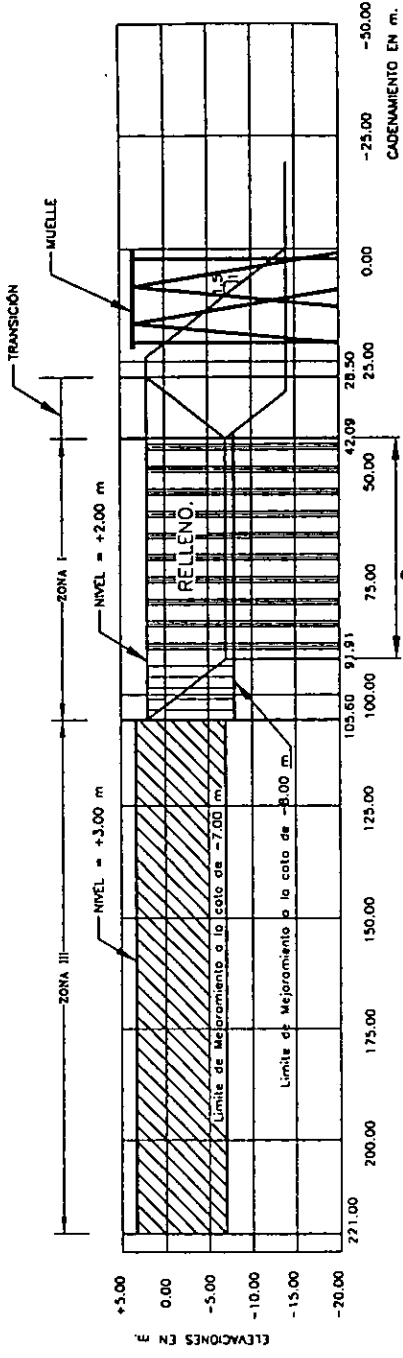
FACULTAD DE INGENIERIA

APLICACION DE LA TEORICA DE VIBRODESPLAZAMIENTO

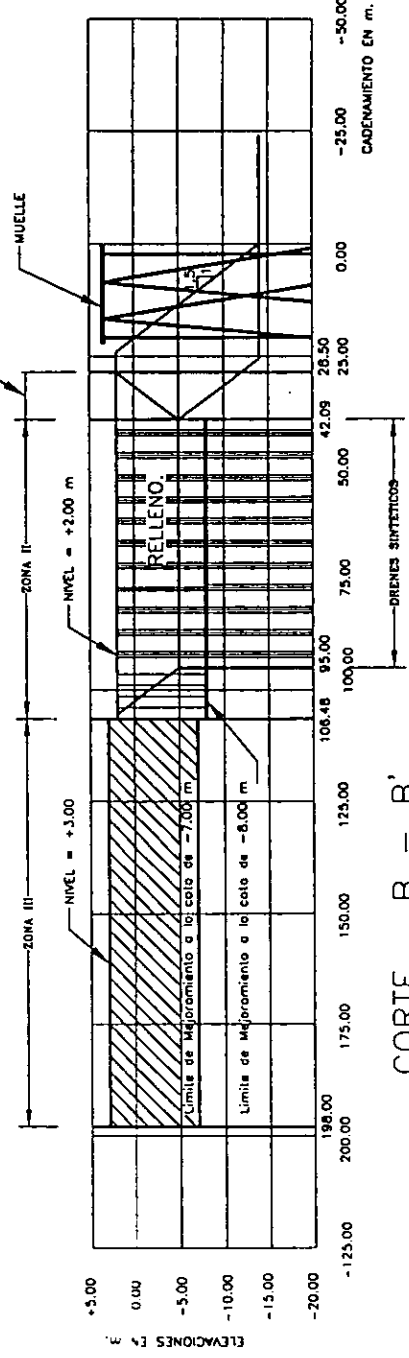
APLICACION DE MUJELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.



CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



**CORTE A - A'**



**CORTE B - B'**



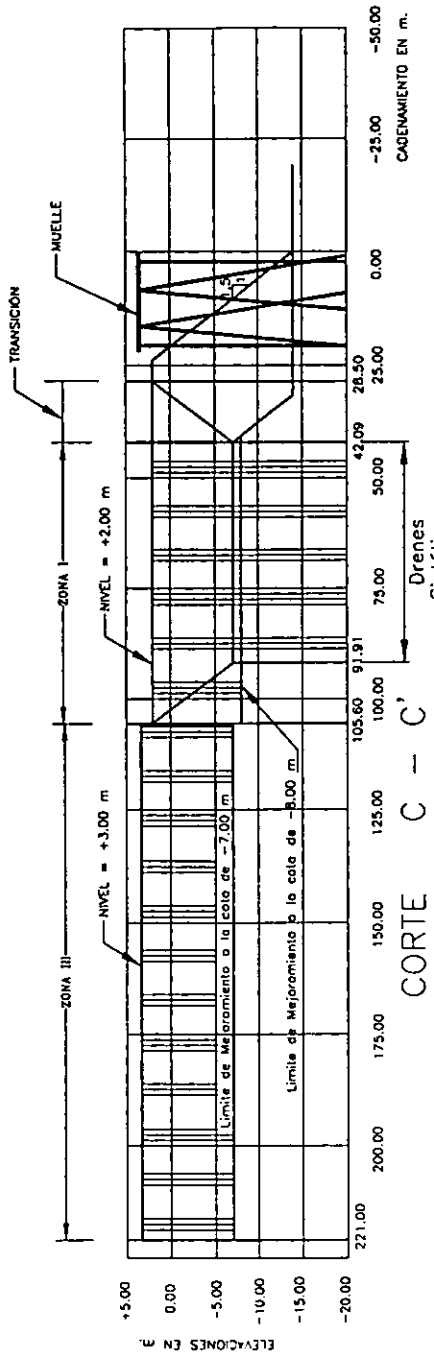
Figura 4.8

FACULTAD DE INGENIERIA

CORTE A-A' Y B-B'

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIORIZADA PARA EL MAQUED DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



CORTE C - C'

Zona	Mejoramiento	Profundidad.	Area (m <sup>2</sup> ).	Longitud (m)
I	Drenes Sintéticos. (Wick Drains).	De: -17.00 m	6,169.88	19,023.51
		Hasta: + 2.00 m		
II	Drenes Sintéticos. (Wick Drains).	De: -17.00 m	6,487.88	19,717.98
		Hasta: + 2.00 m		
	TOTAL		12,657.76	38,741.47
I	Vibrodesplazamiento	De: - 9.00 m	9,479.50	10,532.78
		Hasta: + 2.00 m		
II	Vibrodesplazamiento	De: - 6.00 m	8,850.84	10,845.38
		Hasta: + 2.00 m		
III	Vibrodesplazamiento	De: - 7.00 m	23,089.83	27,874.03
		Hasta: + 3.00 m		
	TOTAL		44,418.97	49,382.19

Las áreas del vibrodesplazamiento incluyen la zona de transición.

NOTAS.

1. El mejoramiento propuesto para el terreno es el denominado de VIBRODESPLAZAMIENTO
2. El terreno por mejorar está dividido en dos zonas:  
La zona de relleno sobre agua, la cual la hemos dividido en ZONA I y ZONA II
3. La zona denominada actualmente patio de vacíos que la designamos con ZONA III
3. La profundidad de mejoramiento propuesta es de 10 m contados a partir del nivel del suelo en cada zona descrita anteriormente.
4. Tanto en la ZONA I como la II se propone la instalación de drenes sintéticos que permitirán la consolidación del material blando en capas inferiores, según se muestra en los cortes dibujados.
5. La separación de drenes y columnas de grava que constituyen el mejoramiento tienen una separación de aproximadamente 3.00 m. debiendo el Contratista que ejecutará la obra definir con precisión dicha separación.
6. El relleno de las columnas de la vibrodesplazamiento está constituido por grava con tamazos comprendidos entre 1" y 4", libre de finos.
7. La zona marcada como TRANSICIÓN, que aparece junto a las zonas I y II, es en las que el mejoramiento no puede tener los 10 m. propuestos, ya que el talud del dique de roca se encuentra por debajo, según se aprecia en los cortes.

Figura 43

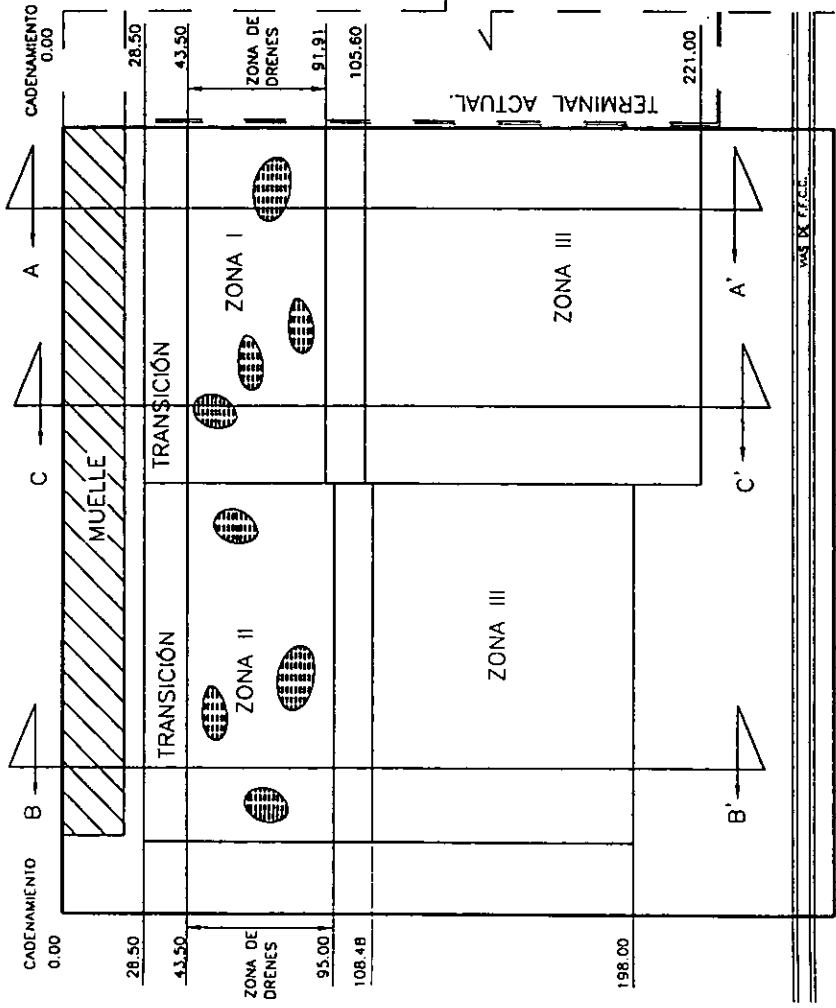
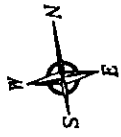


FACULTAD DE INGENIERIA

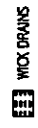
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

TABLA CONSTRUCTIVA

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.



NOTAS:



WICK DRAINS

EN LA ZONA II SE APLICA TAMBO EL VIDRODESPLAZAMIENTO COMO LOS WICK DRAINS

Figura 4.10

AMPLIACION DE MUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

APLICACION DE LA TECNICA DE WICK DRAINS



FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

La instalación de los Wick Drains se realiza utilizando una grúa provista de un mástil vertical, que aloja un eje de instalación especial (Figura 4.12), el mástil contiene al Wick drain y se empuja sobre el terreno en forma hidráulica o mediante vibraciones a la profundidad de tratamiento deseada, una vez alcanzada la profundidad deseada el mástil se retira dejando el dren inmerso dentro del terreno y una vez cuando llegue a la superficie se corta el dren.

### IV.3 Pavimentos.

Como se puede observar en la figura 4.13 existen distintas áreas dentro de la terminal, por consiguiente distintos tipos de pavimentos ya que dependen de su uso como a continuación se mencionan:

- Roderas o franjas de circulación; a lo largo de estas franjas circularan las grúa de patio. El tipo de pavimento que se debe colocar debe ser un pavimento de concreto hidráulico.
- Vialidades de tránsito pesado, tractocamiones y montacargas. El tipo de pavimento recomendado será a base de adoquines de concreto.

Con la intención de proporcionar una capa rígida de apoyo al pavimento se considera conveniente la construcción de una capa estabilizada con cemento Portland, la cual se forma con los materiales existentes en el lugar o que se llevarán al sitio en el proceso de relleno de la zona de agua. La capa se colocó sobre los rellenos granulares mejorados masivamente.

De acuerdo al tipo de suelo por estabilizar se empleo una cantidad de cemento del 6% respecto al peso natural del material arenoso.

La capa estabilizada se compactó en capas sueltas no mayores de 15 cm hasta alcanzar un grado de compactación del 98%, mínimo, respecto a su PVSM definido en la prueba de control AASHTO modificada.

## RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS PAVIMENTOS

### Roderas para grúas de patio

#### A) Pavimento de concreto hidráulico

Las roderas destinadas para la circulación de las grúas de patio, de acuerdo a la experiencia en patios similares, observan un ancho de 3 a 4 veces el grosor de la rueda, es decir, de 1.8 a 2.4 m.

En función del tránsito y movimientos esperados en estas áreas de trabajo, se construyó una losa de concreto de 40cm de espesor. La losa se debe apoyar en la capa estabilizada con cemento.

Para reducir el agrietamiento de los tableros de losa por los cambios de temperatura o humedad, se usará un armado con varilla de 5/8 en ambos sentidos, la separación se muestra en la figura 4.14.

El pavimento deberá contar con juntas transversales para minimizar la aparición de grietas prematuras originadas por los cambios de temperatura o humedad.

El concreto hidráulico debe ser capaz de aportar un módulo de resistencia a la tensión por flexión (MR) no menor de 42.18 kg/cm<sup>2</sup> (600 psi), equivalente a un esfuerzo a la compresión a los 28 días  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup>. Los agregados pétreos para la elaboración del concreto deben obtenerse de los bancos La Floreña o La Tigra.

Dado que su comportamiento de este elemento es propiamente como un pavimento y no como una losa se le agrego acero estructural únicamente por efectos de temperatura.

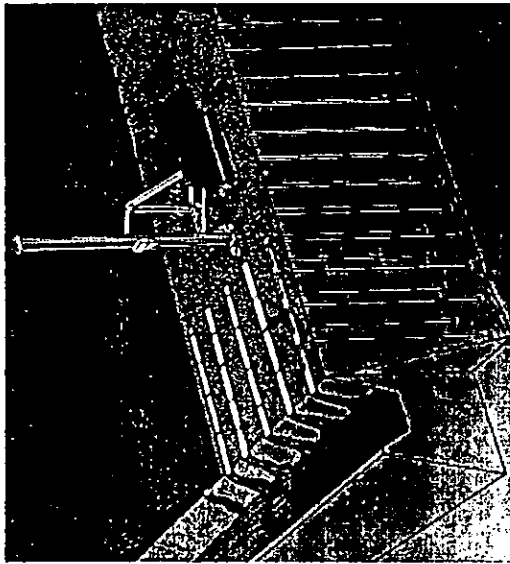
#### B) Pavimento con adoquines de concreto

Es una alternativa de pavimentación que puede ofrecer facilidades para la rehabilitación de zonas afectadas por hundimientos generales.

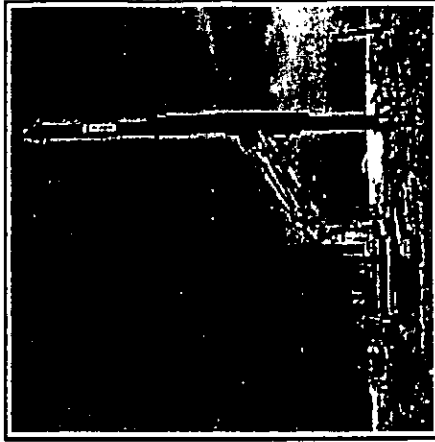
Considerando que las cargas en las vialidades son de alta intensidad, se empleó adoquines de 12 cm de espesor con un  $f'c=350$  Kg/cm<sup>2</sup>, apoyados en una cama de arena de 5 cm de espesor.

En la figura 4.15 se muestra el arreglo para este pavimento, así como también las características físicas del adoquín y su disposición.





ESQUEMA EN DONDE OBSERVAMOS COMO LA GRUA VA COLOCANDO  
LOS WICK DRAINS Y ESTOS VAN DESALZANDO EL AGUA.



CASO PRACTICO EN ESTADOS UNIDOS

Figura 4.12

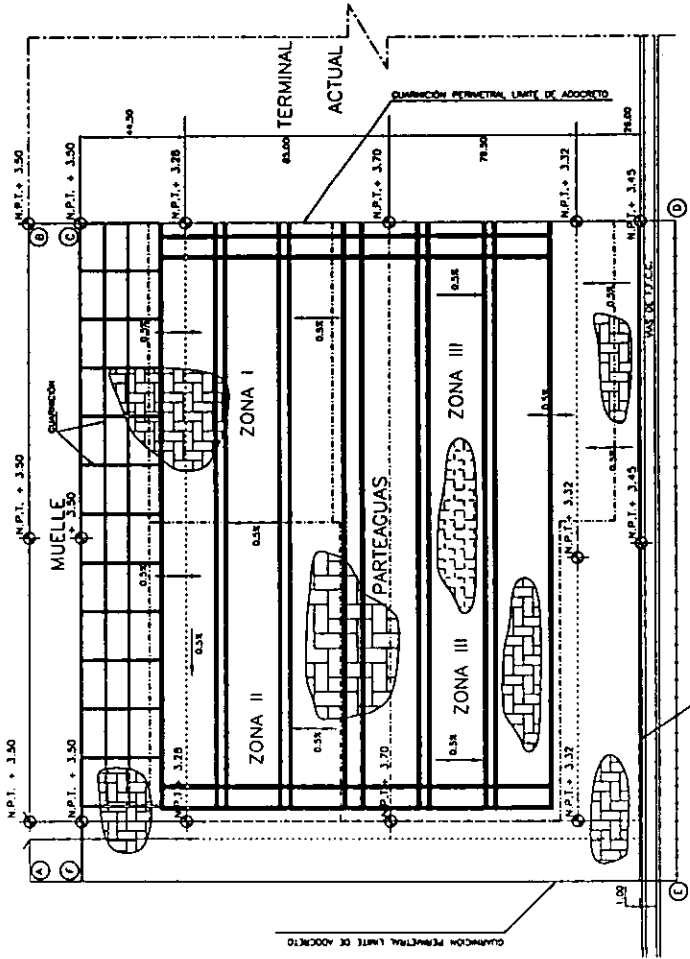
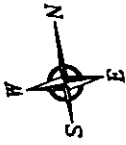
FACULTAD DE INGENIERIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.







WICK DRAINS

AMPLIACION DE PUEBLO Y PATOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, CO.



NOMENCLATURA

-  QUARRIONES
-  PAVIMENTO ASFALTO
-  ROEDERAS
-  LIMITE DE ZONAS

PLANTA DE LA TERMINAL

Figura 4.13

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MAREO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COC.

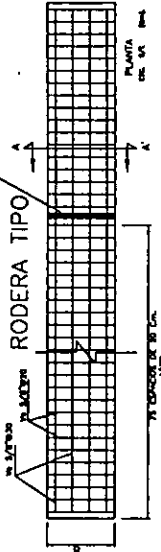
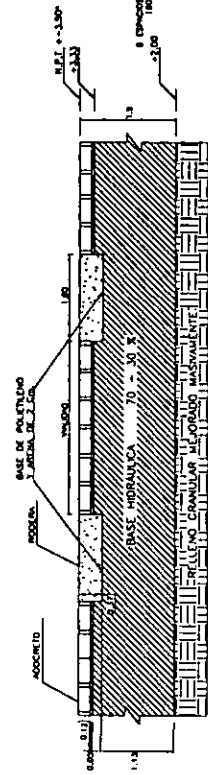
TIPOS DE PAVIMENTO

FACULTAD DE INGENIERIA

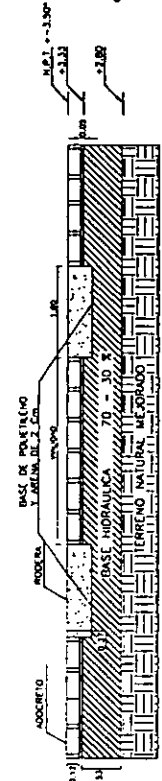
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



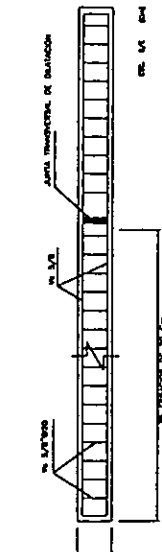
CORTES TIPO EN ZONAS I Y II



CORTE TIPO ZONA III

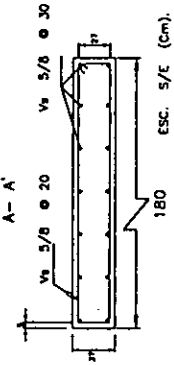


CORTE LONGITUDINAL



Dibujo esquemático fuera de escala

CORTE TRANSVERSAL



BASE HIDRAULICA

TERRENO MEJORADO



Figura 4.14

FACULTAD DE INGENIERIA

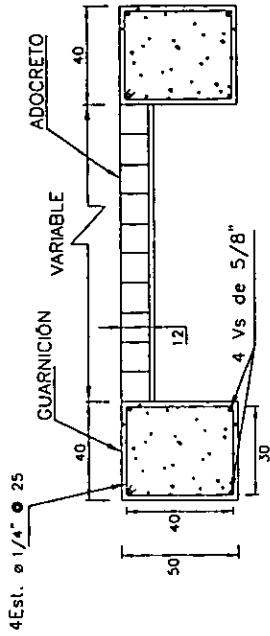
RODERS PARA LA GRUA DE PORTICO



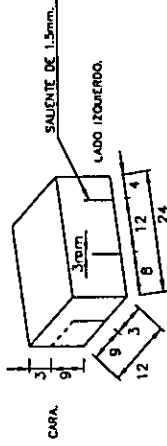
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

AMPLIACION DE MUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

PLANTA ESC. 5/E

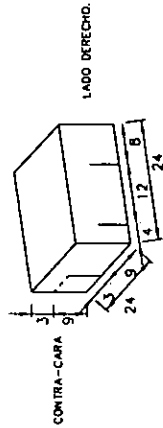
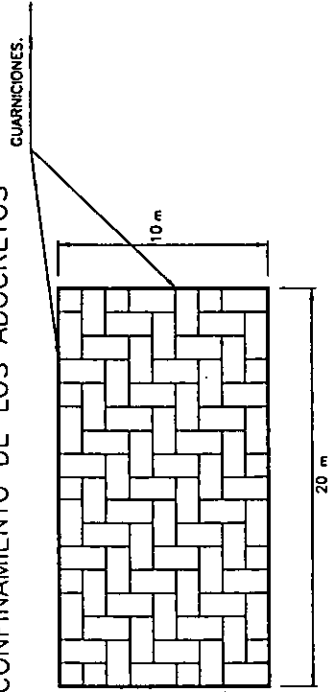


CONFINAMIENTO DEL ADOCRETO (Cm).  
ESC. 5/E



ADOCRETO TIPO (Cm).  
ESC. 5/E

DISPOSICIÓN DE LOS ADOCRETOS (PETATILLO).  
Y CONFINAMIENTO DE LOS ADOCRETOS



ADOCRETO TIPO (Cm).  
ESC. 5/E

Figura 4.15

**IV.4 Drenaje Pluvial.**

El objetivo primordial del drenaje en la terminal es la de eliminar de forma rápida y eficiente el agua sobre los patios proveniente de la lluvia, y evitar encharcamientos que pudieran provocar daños a la terminal o posibles accidentes; para lo cual se pretende captar el agua en drenajes de concreto armado, para posteriormente canalizarlos y desfogar a la dársena.

Para realizar el calculo del gasto que deberán conducir estos drenes se propone el uso de la ecuación del método racional americano:

$$Q = C * i * A \dots\dots\dots IV.1$$

Donde

Q = Gasto [m<sup>3</sup>/seg].

C = Coeficiente de escurrimiento que depende de las características del drenaje y tipo de pavimento

i = Intensidad de lluvia (Se obtiene de las curvas isoyetas<sup>16</sup>) [mm/h].

A = Área drenada [ha].

Con esta expresión el gasto queda en mm/ha/hora para tenerlo en litros por segundo el factor de transformación es de 2.778 quedando finalmente:

$$Q = 2.778 * C * i * A \dots\dots\dots IV.2$$

Este método considera una lluvia uniforme de intensidad constante y durante un tiempo tal, de que el flujo en el área llegue a establecerse para que pueda escurrir el máximo gasto en la descarga.

A continuación se muestra el calculo para la obtención de la geometría de los drenes:

Para calcular el gasto en la red o colector del drenaje pluvial conviene usar una duración de lluvia de 10 minutos, ya que estos pequeños aguaceros son los que desarrollan la máxima intensidad por minuto, y por lo tanto los que ocasionan el mayor gasto en áreas chicas (Figura 4.16).

**Datos de proyecto:**

Coeficiente de escurrimiento para adoquín	0.70 a 0.85
Periodo de retorno	10 años
Duración de lluvia	10 minutos
Intensidad (de las curvas isoyetas)	172 mm/hr
Area I	2.56 Ha
Area II	3.23 Ha.

**Calculo del caudal.**

**Area I.**

$$Q = 2.778(0.75) * 172 * 2.56$$

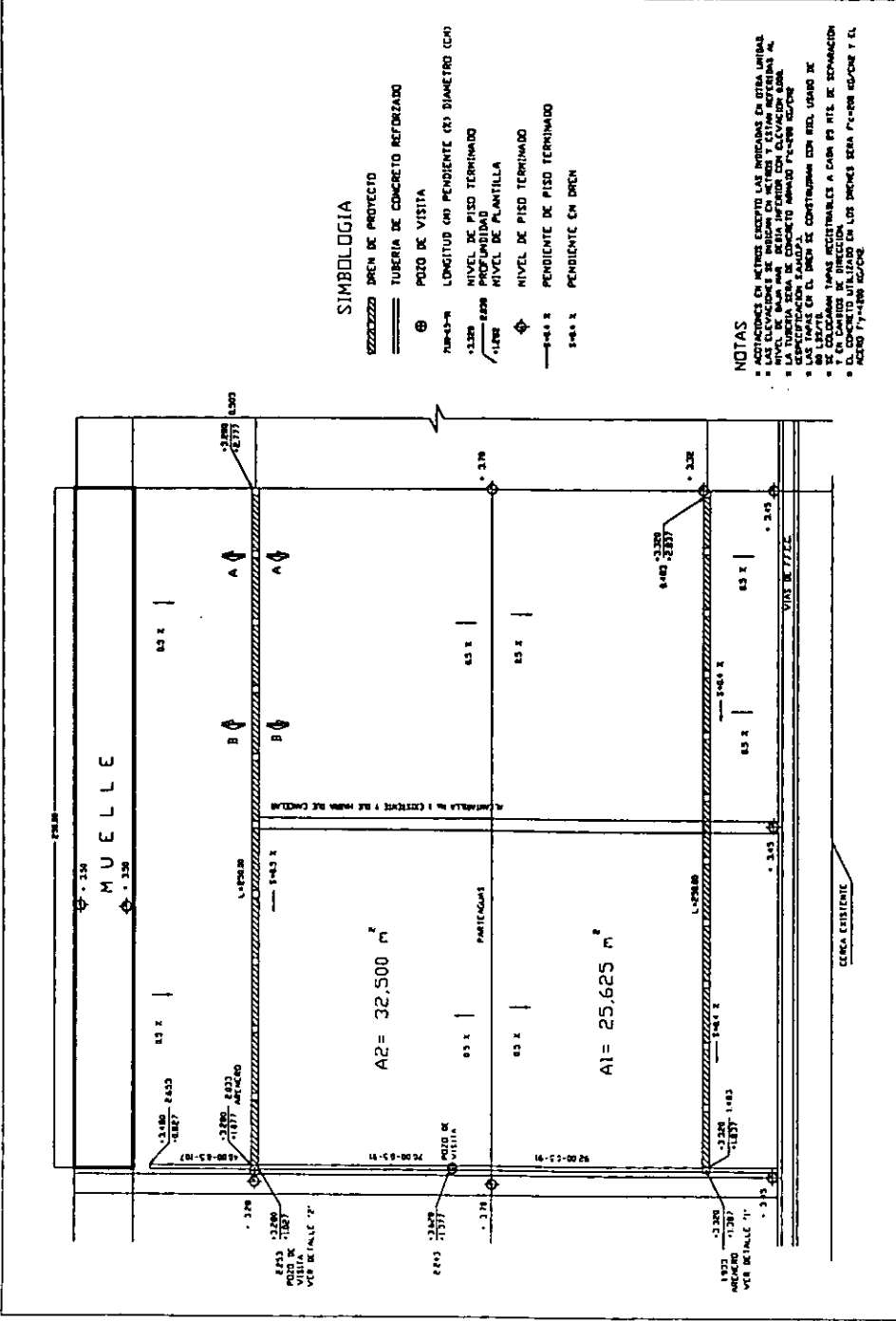
$$Q = 917.40 \text{ l.p.s } 0.917 \text{ m}^3/\text{s}.$$

**Area II.**

$$Q = 2.778(0.75) * 172 * 3.25$$

$$Q = 1,1646 \text{ l.p.s } 1.16 \text{ m}^3/\text{s}.$$

<sup>16</sup> Isoyetas intensidad de lluvia de la Republica Mexicana; D.G.P.



**SIMBOLÓGIA**

- ===== DREN DE PROTECTO
- ===== TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO
- ⊕ POZO DE VISITA
- 7.00-10.00 LONGITUD (O) PENDIENTE (O) DIAMETRO (O)
- 1.200 NIVEL DE PISO TERMINADO
- 1.100 PROFUNDIDAD
- 1.100 NIVEL DE PLANTILLA
- ⊕ NIVEL DE PISO TERMINADO
- 1.4-1.2 PENDIENTE DE PISO TERMINADO
- 1.4-1.2 PENDIENTE EN DREN

**NOTAS**

- \* ACCIONES EN METROS EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD
- \* EL NIVEL DE PISO DEBE SER LA SUPERFICIE DE LA PLANTILLA
- \* EL NIVEL DE PLANTILLA DEBE SER LA SUPERFICIE DE LA PLANTILLA
- \* LA TUBERIA SERA DE CONCRETO ARMADO PUNTEADO 15.00 CM
- \* LAS TUBERIAS EN EL DREN SE CONSTRUIRAN CON RED, USANDO DE 10.00 CM
- \* LAS TUBERIAS TAMPAN RECEPCIONALES A CADA 60 MTS DE SEPARACION Y EN CAMBIOS DE DIRECCION
- \* EL CONCRETO UTILIZADO EN LOS DRENES SERA PUNTEADO 15.00 CM Y EL PUNTEADO 15.00 CM

Figure 4.16

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COI.

NIVELES DEL DRENAME PLUVIAL

FAACULTAD DE INGENIERIA

CIAAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



Con este cálculo se procedió a la obtención de la sección transversal del dren

Con las siguientes ecuaciones:

$$Q = V * A \dots\dots\dots IV.3$$

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * So^{1/2} \dots\dots\dots IV.4$$

$$Rh = A / P \dots\dots\dots IV.5$$

Donde:

Q= Gasto [m<sup>3</sup>/s]

V = Velocidad [m/s]

A= Área Hidráulica de la sección [m<sup>2</sup>]

Pm= Perímetro Mojado [m]

So= Pendiente del canal [1]

n= Coeficiente de Rugosidad [1]

Se propone un canal de sección rectangular de concreto armado con las siguientes características: (Figura 4.17).

Base = 0.50 m

So = 0.004

n = 0.14 .

Con la propuesta anterior se procedió al calculo de los niveles los cuales se muestran en la figura 4.16.

Posteriormente se procedió al calculo de la geometría de la tubería que conducirá al fluido hasta la descarga a la dársena, de igual forma se utilizaron las ecuaciones de Manning.

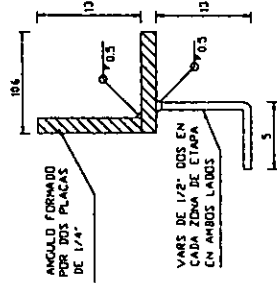
En la unión de el canal rectangular con el circular se propone colocar un arenero o desarenador para efectuar limpieza en dichos canales, así como también pozos de visita. En la figura 4.18 se muestran los detalles.

#### IV.5 Muelle.

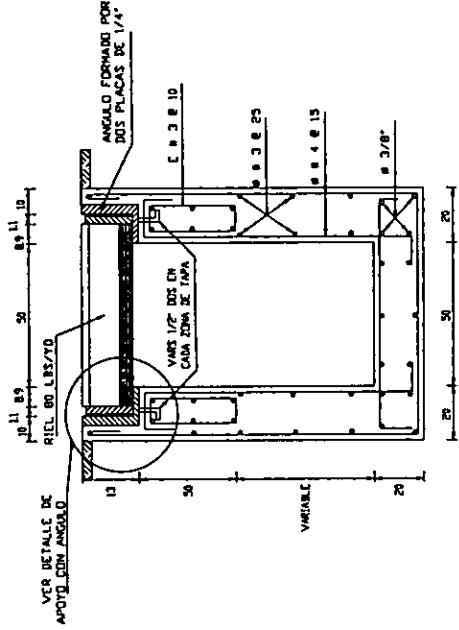
De las dos alternativas de estructuración del muelle que se plantearon en el capítulo III se considero la mas adecuada desde un punto de vista técnico la alternativa 1 que esta constituida con pilotes de concreto armado y como elemento de contención de los rellenos un pedraplén. Esta opción tiene las siguientes características; mostradas en la figura 4.19

- Pilotes de concreto presforzado de 60x60 cm para soportar las cargas verticales.
- Pilotes de acero inclinados de 14" instalados en parejas en direcciones opuestas (tijeras)

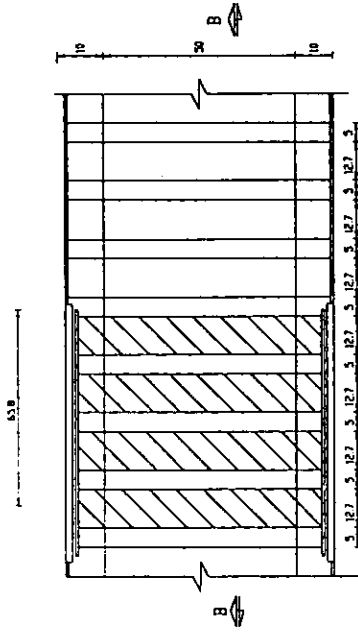
Para el diseño estructural del muelle se utilizaron distintos programas de cómputo entre los que podemos mencionar el Stad III y Safe; dado que realizar y mostrar el análisis del muelle seria muy extenso, y dado que la finalidad de esta tesis es únicamente dar a conocer en forma general los trabajos realizados para la construcción de la terminal solo se muestra en forma esquemática su estructuración final.



**DETALLE DE APOYO CON ANGULO**  
Esc. S/E



**CORTE A-A**  
Esc. S/E



**P L A N T A**  
DREN PLUVIAL-TAPA REGISTRABLE  
Esc. S/E

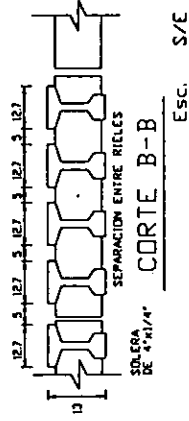


Figura 4.17



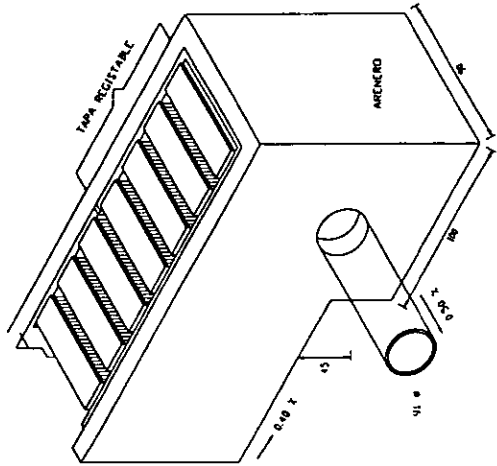
FACULTAD DE INGENIERIA

DREN PLUVIAL DE MANIZALLO

AMPLIACION DE RIELE Y PATOS DE LINA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANIZALLO, COL.

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



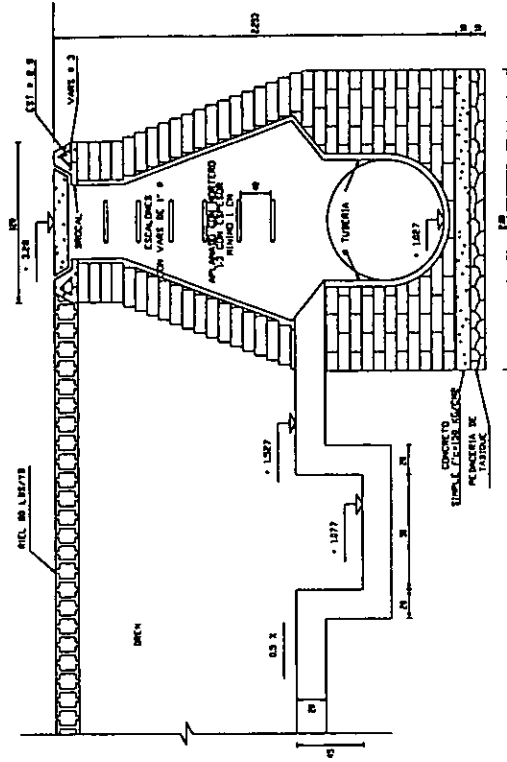


DETALLE NO. "1"

Esc. S/E

NOTAS

- AGOTACIONES EN METROS EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.
- LAS ELEVACIONES SE INDICAN EN METROS Y ESTAN REFERIDAS AL NIVEL DE BAJA MARE DEDIA INTERIOR CON ELEVACION 8.000.
- LAS TAPAS SERAN DE CONCRETO ARMADO F'c=2800 KG/CM<sup>2</sup> Y ESPESOR 10 CM (M.I.D.P.).
- LAS TAPAS EN EL DRENE SE CONSTRUIRAN CON RIEL USADO DE 100 LBS/7.0.
- SE COLGARAN TAPAS REGISTRABLES A CADA 25 MTS. DE SEPARACION Y EN CAMBIOS DE DIRECCION.
- EL CONCRETO UTILIZADO EN LOS DRENES SERA F'c=2800 KG/CM<sup>2</sup> Y EL ACERO F'y=4200 KG/CM<sup>2</sup>.



DETALLE POZO DE VISITA

DETALLE 2

Esc. S/E

Figure 4.18

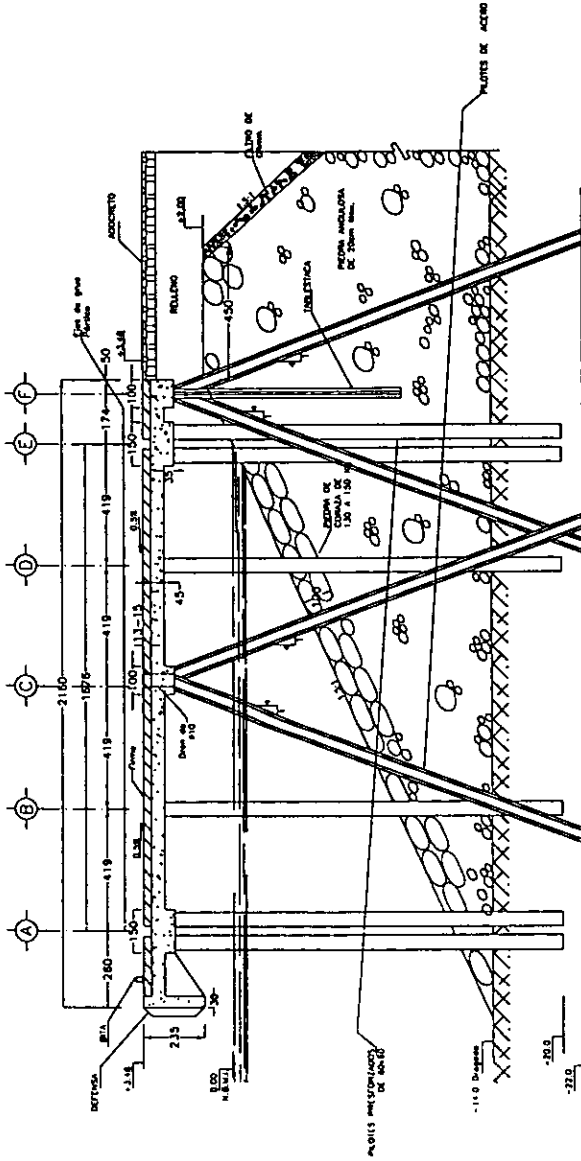


FACULTAD DE INGENIERIA

OBRAS ESPECIALES

AMPLIACION DE HUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



DIMENSIONES  
En centímetros, excepto los indicados en otra unidad.

ELEVACIONES  
En metros referidos al Nivel de Bajamar Medio Inferior (N.B.M.I.) con elevación 0.00

Figura 4.19

AMPLIACION DE MUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

ESTRUCTURACION FINAL DEL MUELLE

FACULTAD DE INGENIERIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



#### IV.5.1 Defensas.

Una de las estructuras importantes dentro de un muelle son las defensas y los elementos de amarre los cuales se describen a continuación.

Definición.

Son elementos que sirven para disminuir la energía de atraque y transmitir a la estructura una reacción máxima. En un sentido mas limitado , son cuerpos comprimidos a modo de cojín, que se deforman elásticamente y también plásticamente.

El objetivo de un sistema de defensas en el atraque de un barco es de conducir la energía y las fuerzas de choque a las obra destinada para ello sin daño alguno; una vez atracado el barco las defensas deben garantizar una estancia tranquila y segura a la embarcación.

Abordando a la filosofía de la maniobra de atraque, aparece evidente en un principio que no es lo mismo atracar en un robusto muelle macizo provisto de un mínimo de defensas y seguro de que la falta de elasticidad se verá compensada por la deformación plástica del casco del buque; que sucedería en el caso de una estructura ligera sobre pilotes se requeriría de defensas robustas para poder soportar el impacto de la embarcación.

Ambas situaciones extremas no son aceptables; ni el primer muelle debe abusar de su masa oponiéndola a cuerpo limpio al buque y así protegerlo de serias averías, ni el segundo confiarse de sus defensas. No cabe duda que no debe proyectarse un muelle sin ir provisto de un adecuado sistema de defensas, para cuya elección deberán de ser consideradas las características de embarcación, la velocidad de atraque, el tipo de muelle, etc.

Para el caso particular de Manzanillo su estructuración corresponde a una estructura ligera por lo que es muy importante considerar las defensas adecuadas para evitar posibles daños al muelle.

En el capítulo III se dio a conocer cual era la forma en la que se calculaba la energía que debe ser disipada por la defensa, aplicando la ecuación III.8 y los datos de diseño del capítulo I nos resulta.

Datos:

$$P = 50,000 \text{ Ton}$$

$$v = 0.1 \text{ m/s}$$

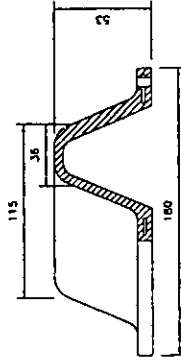
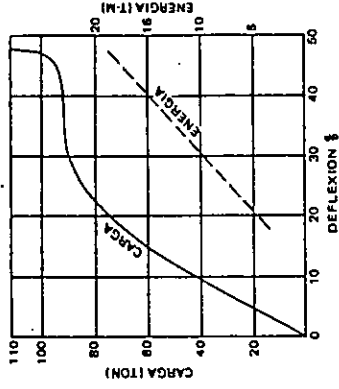
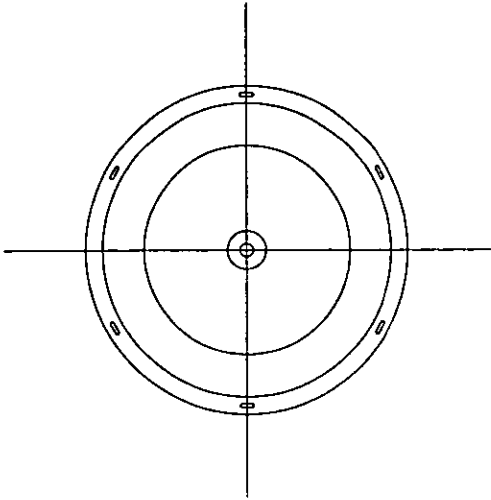
$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$E = \frac{Pv^2}{4g} = \frac{50,000 * (0.1)^2}{4 * 9.81} = 12.74 \text{ T-m}$$

Una vez conocida la energía por disipar consultamos a los fabricantes de defensas para saber cual es la mas adecuada, en cuanto cual disipa mayor energía así como también cual nos proporciona una mayor reacción, para este caso se consultaron las defensas de hule industrial modelo HI-C80T y tomando en cuenta que el fabricante recomienda una deformación entre 20 y 45% con lo cual obtuvimos lo siguiente:

- Deflexión de la defensa      34 %
- Fuerza de reacción            49 Ton.

Con estos valores el estructurista los considerará para su diseño; obviamente para fines de esta tesis solo se consideró a un fabricante pero ya para el diseño se deberán consultar con varios fabricantes entre los que podemos mencionar Chinon, Bridgeston, Seaward, etc; en la figura 4.20 se muestra las dimensiones de la defensa propuesta.



NOTAS:  
DIMENSIONES EN CENTIMETROS.

Figura 4.20

FACULTAD DE INGENIERIA

DEFENSA TIPO

AMPLIACION DE MUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, CO.



CUADRO UNIVERSITARIO, MEXICO, D.F.

#### IV.5.2 Elementos de amarre.

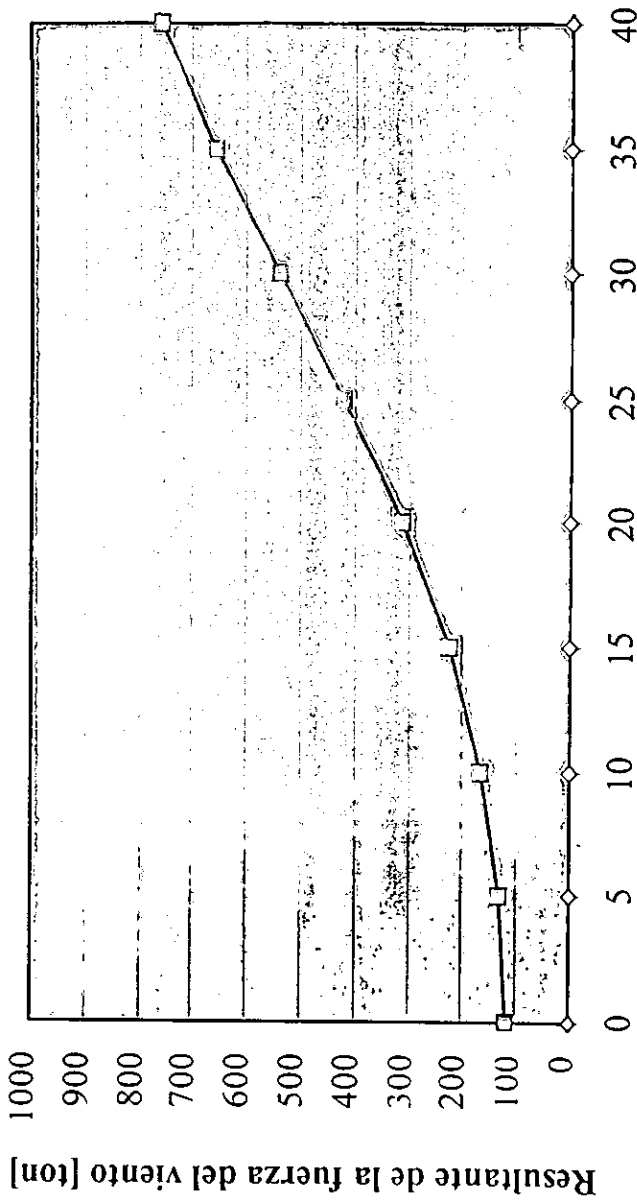
Son elementos que permiten asegurar a las embarcaciones de un amarre adecuado sin que se suelten, además de poder ser soltados rápidamente cuando las operaciones lo requieran; el diseño de estos elementos depende del tirón transferido por el cabo del barco al elemento de amarre, este tirón depende de la fuerza del viento que actúa sobre la embarcación.

Retomando lo expuesto en el capítulo III referente a la fuerza del viento y con los datos de diseño del capítulo I, aplicándolo a la ecuación III.12 y III.13 se obtuvo lo siguiente:

Barco descargado

- Área transversal máxima expuesta 834 m<sup>2</sup>
- Área longitudinal máxima expuesta 4390 m<sup>2</sup>

En la figura 4.21 se muestra la variación de la resultante del viento R de la ecuación III.9 según el ángulo de incidencia del viento, considerando el barco descargado ya que es la que es la condición mas desfavorable. De la figura anterior podemos observar que a mayor ángulo mayor la resultante, tomando en cuenta la incidencia del viento de la figura 1.2 se observa que el ángulo de incidencia del viento para este caso en particular es en el caso mas desfavorable de 10 grados lo que produce una fuerza de 165 ton, esta fuerza deberá ser soportada por el conjunto de elementos de amarre de proa y popa.



Angulo entre el eje longitudinal del barco y la direccion del viento [°]

Figure 4.21



Facultad de Ingeniería

Ciudad Universitaria, México, D.F.

Variación del viento

Ampliación de Muelle y Patios de una Terminal Especializada para el Mando de Contenedores en Manzanillo, Col.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La realización del presente trabajo, permite formular las siguientes conclusiones y recomendaciones.

#### V.1 Conclusiones.

- La ubicación geográfica del puerto de Manzanillo, lo convierte en la puerta del Pacífico al comercio internacional, que lo hace en un puerto estratégico y de gran potencial, sobre todo, considerando las exigentes implicaciones que tiene la moderna economía bajo el contexto de la globalización y del papel importante que juegan los puertos en el comercio de una nación.
- Con relación a la capacidad actual del puerto, el análisis realizado en el capítulo II permite identificar que en Manzanillo, un puerto joven, el grado de ocupación es bajo y en consecuencia, su infraestructura portuaria, fundamentalmente muelles, es suficiente para casi todos los tipos de carga. La excepción resulta para la carga contenerizada, que como tendencia mundial experimenta un gran crecimiento.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, el grado de ocupación de los muelles que manejan carga contenerizada en Manzanillo es mayor del 70% lo que nos crea la necesidad que crear otro muelle para el manejo de contenedores.
- El proyecto y construcción de un muelle conlleva una serie de actividades de gran importancia, magnificadas de acuerdo con las características particulares que tiene Manzanillo, específicamente por lo que respecta a la calidad de los rellenos y a la naturaleza sísmica de la región.
- De manera general, el subsuelo puede caracterizarse por suelos orgánicos con fragmentos de madera en descomposición, algunos rellenos de arena en estado medianamente compacto, así como también algunos lentes de arena arcillosa. Asimismo, la topografía del terreno en el cual se desarrollará la terminal nos muestra que se debe de realizar un relleno para llegar a la cota + 3.00 referido al N.B.M.I, empleando para tal caso material procedente de los bancos Tapeixtles o La Tigra.
- Dado que se realizara un relleno, es necesario tomar en cuenta el efecto de consolidación en las estructuras. Para acelerar este proceso, resulta factible instalar drenes verticales o Wick Drains, reduciendo los grandes tiempos asociados a este fenómeno; los Wick Drains permiten alcanzar una consolidación del 85% en un menos de un mes.
- La nueva terminal de contenedores se ubica en una zona de alto riesgo sísmico por lo cual, es importante considerar todas las recomendaciones asociadas al sismo, para el diseño de los patios y las estructuras y tomando en consideración la experiencia vivida en el sismo del 9 de Octubre de 1995.
- Por el alto riesgo sísmico y a las condiciones geotécnicas que representan los rellenos de los patios se consideró adecuado el uso de un método de mejoramiento masivo para evitar la licuación de las arenas, que en el caso de este trabajo fue el vibrodesplazamiento. El vibrodesplazamiento consiste en la construcción de columnas de grava libre de finos, la cual proporciona una mayor y mejor transmisión de la fuerza vibratoria a los suelos circundantes, y por lo tanto incrementa el efecto de densificación; otros beneficios de esta técnica son el control de la presión de poro por medio de las columnas de grava, que actúan como dren, y la reducción de esfuerzos cortantes cíclicos debido a una concentración de esfuerzos en la columna, ya que posee mayor rigidez que el suelo que la rodea.
- Se requiere llevar a cabo el mejoramiento masivo de los rellenos granulares existentes en un espesor no menor de 10 m y donde la prueba de penetración estándar registre mas de 30 golpes al finalizar dicho proceso.

- Por lo que respecta al muelle, éste se apoyará en una subestructura a base de pilotes, los cuales deberán desplantarse en un estrato resistente formado mayormente por suelos de naturaleza cohesivo-friccionante, con número de golpes mayor de 50 en la prueba de penetración estándar. La superestructura del muelle consistirá en una losa maciza con pantalla frontal de atraque, donde quedarán alojadas defensas para la absorción de la energía producida por el atraque de la embarcación.
- El pavimento de los patios de almacenamiento será a base de adoquines de concreto de 10cm de espesor apoyados en una plantilla de arena de 5 cm de espesor, este tipo de pavimentación ofrece la facilidad de rehabilitación en futuras zonas afectadas por hundimientos. La construcción de la capa estabilizada con cemento Portland se formará con los materiales existentes del lugar y proporcionará una capa rígida de apoyo al pavimento y esta se colocará sobre los rellenos granulares mejorados masivamente.
- Para evitar encharcamientos en los patios se construirá un drenaje de concreto armado con sección rectangular, posteriormente se canalizará a una tubería para luego desfogar a la dársena.

## V.2 Recomendaciones.

**Asimismo, resulta posible realizar las siguientes recomendaciones.**

- Con la finalidad de responder a la crecientes demandas de tráfico de carga contenerizada, resulta muy importante hacer revisiones y actualizaciones constantes del programa maestro del puerto de Manzanillo, de tal manera que atendiendo a sus debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades, responda oportunamente a las exigencias de un comercio globalizado.
- Por lo que respecta a las técnicas de mejoramiento de suelos, el efecto del uso de drenes verticales representa una practica muy interesante; no solo por la aparente ventaja de la consolidación sino por la poca o nula experiencia en México de este por lo cual se aconseja verificar en campo su verdadera eficacia; así como también documentarlo para tenerlo como referencia para futuras aplicaciones.
- Del mismo modo debido a la poca experiencia en México sobre el uso del mejoramiento masivo se recomienda instrumentar el proceso, por ejemplo, en una columna, para monitorear su comportamiento durante un determinado tiempo y en medida de lo posible, monitorear y evaluar sus efectos y comportamiento ante la ocurrencia de eventos sísmicos.
- La mayoría de carga de Manzanillo sale por autotransporte por la dificultad inherente asociada al transporte ferroviario (dificultad de armar los trenes), por lo cual, se recomienda realizar estudiar y evaluar las implicaciones de la mejora de este modo de transporte y de su infraestructura asociada.
- También resulta altamente recomendable analizar y evaluar la operatividad de la terminal de contenedores, con la finalidad de incrementar la eficiencia, corregir posibles vicios y alcanzar una mayor rentabilidad de la infraestructura portuaria.

ESTA TESIS NO DEBE  
SER REVISADA



Anexo A  
Teoría de Colas  
% de Ocupación Vs Tiempo de Espera.

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=1			
5	18	1	1
10	3	4	3
15	55	10	7
20	73	18	12
25	91	30	20
30	109	47	31
35	128	69	46
40	146	97	65
45	164	134	89
50	182	182	121
55	201	245	163
60	219	328	219
65	237	441	294
70	255	596	397
75	274	821	547
80	292	1167	778
85	310	1758	1172
90	328	2956	1971

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=2			
5	37	0	0
10	73	1	1
15	110	3	2
20	146	6	4
25	183	12	8
30	219	22	15
35	256	36	24
40	292	56	37
45	329	83	55
50	365	122	81
55	402	174	16
60	438	246	164
65	475	347	231
70	511	491	327
75	548	704	469
80	584	1038	692
85	621	1616	1077
90	657	2801	1867

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=3			
5	55	0	0
10	110	0	0
15	164	1	1
20	219	2	1
25	274	5	3
30	329	11	7
35	383	20	12
40	438	34	23
45	493	56	37
50	548	86	57
55	602	131	87
60	657	194	129
65	712	286	191
70	767	419	279
75	821	622	415
80	876	945	630
85	931	1511	1007
90	986	2684	1789

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=4			
5	73	0	0
10	146	0	0
15	219	0	0
20	292	1	1
25	365	2	1
30	438	6	4
35	511	12	8
40	584	22	15
45	657	38	25
50	730	63	42
55	803	101	67
60	876	157	105
65	949	240	160
70	1022	365	243
75	1095	558	372
80	1168	871	581
85	1241	1426	951
90	1314	2588	1725

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=5			
5	91	0	0
10	183	0	0
15	274	0	0
20	365	0	0
25	456	1	1
30	548	3	2
35	639	7	5
40	730	15	10
45	821	27	18
50	913	48	32
55	1004	80	53
60	1095	129	86
65	1186	205	137
70	1278	322	215
75	1369	506	337
80	1460	809	539
85	1551	1354	903
90	1643	2505	1670

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=6			
5	110	0	0
10	219	0	0
15	329	0	0
20	438	0	0
25	548	1	1
30	657	2	1
35	767	4	3
40	876	10	7
45	986	19	13
50	1095	36	24
55	1205	64	43
60	1314	108	72
65	1424	177	118
70	1533	286	191
75	1643	462	308
80	1752	756	504
85	1862	1291	861
90	1971	2431	1621

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=7			
5	128	0	0
10	256	0	0
15	383	0	0
20	511	0	0
25	639	0	0
30	767	1	1
35	894	3	2
40	1022	7	5
45	1150	14	9
50	1278	28	19
55	1405	51	34
60	1533	90	60
65	1661	158	105
70	1789	256	171
75	1916	424	283
80	2044	709	473
85	2172	1235	823
90	2300	2365	1577

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=8			
5	146	0	0
10	292	0	0
15	438	0	0
20	584	0	0
25	730	0	0
30	876	1	1
35	1022	2	1
40	1168	4	3
45	1314	10	7
50	1460	22	15
55	1606	42	28
60	1752	76	51
65	1898	134	89
70	2044	230	153
75	2190	391	261
80	2336	668	445
85	2482	1184	789
90	2628	2305	1537

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=9			
5	164	0	0
10	329	0	0
15	493	0	0
20	657	0	0
25	821	0	0
30	986	0	0
35	1150	1	1
40	1314	3	2
45	1478	8	5
50	1643	17	11
55	1807	34	23
60	1971	65	43
65	2135	118	79
70	2300	208	139
75	2464	362	241
80	2628	631	421
85	2792	1138	759
90	2957	2249	1499

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=10			
5	183	0	0
10	365	0	0
15	548	0	0
20	730	0	0
25	913	0	0
30	1095	0	0
35	1278	1	1
40	1460	2	1
45	1643	7	5
50	1825	13	9
55	2008	28	19
60	2190	55	37
65	2373	104	69
70	2555	189	126
75	2738	336	224
80	2920	597	398
85	3103	1096	731
90	3285	2197	1465

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=11			
5	201	0	0
10	402	0	0
15	602	0	0
20	803	0	0
25	1004	0	0
30	1205	0	0
35	1405	0	0
40	1606	1	1
45	1807	4	3
50	2008	10	7
55	2208	23	15
60	2409	48	32
65	2610	92	61
70	2811	172	115
75	3011	312	208
80	3212	567	378
85	3413	1057	705
90	3614	2148	1432

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=12			
5	219	0	0
10	438	0	0
15	657	0	0
20	876	0	0
25	1095	0	0
30	1314	0	0
35	1533	0	0
40	1752	1	1
45	1971	3	2
50	2190	8	5
55	2409	19	13
60	2628	41	27
65	2847	82	55
70	3066	157	105
75	3285	291	194
80	3564	538	359
85	3723	1020	680
90	3942	2103	1402

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=13			
5	237	0	0
10	475	0	0
15	712	0	0
20	949	0	0
25	1186	0	0
30	1424	0	0
35	1661	0	0
40	1898	1	1
45	2135	2	1
50	2373	6	4
55	2610	16	11
60	2847	35	23
65	3084	73	49
70	3322	143	95
75	3559	272	181
80	3976	512	341
85	4033	986	657
90	4271	2059	373

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=14			
5	256	0	0
10	511	0	0
15	767	0	0
20	1022	0	0
25	1278	0	0
30	1533	0	0
35	1789	0	0
40	2044	1	1
45	2300	2	1
50	2555	5	3
55	2811	13	9
60	3066	30	20
65	3322	65	43
70	3577	131	87
75	3833	255	170
80	4088	488	325
85	4344	954	636
90	4599	2019	1346

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=15			
5	274	0	0
10	548	0	0
15	821	0	0
20	1095	0	0
25	1369	0	0
30	1643	0	0
35	1916	0	0
40	2190	0	0
45	2464	1	1
50	2738	4	3
55	3011	11	7
60	3285	26	17
65	3559	58	39
70	3833	120	80
75	4106	239	159
80	4380	466	311
85	4654	924	616
90	4928	1980	1320

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=16			
5	292	0	0
10	584	0	0
15	876	0	0
20	1168	0	0
25	1460	0	0
30	1752	0	0
35	2044	0	0
40	2336	0	0
45	2628	1	1
50	2920	3	2
55	3212	9	6
60	3504	23	15
65	3796	52	35
70	4088	110	73
75	4380	224	149
80	4672	445	297
85	4964	896	597
90	5256	1943	1295

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=17			
5	310	0	0
10	621	0	0
15	931	0	0
20	1241	0	0
25	1551	0	0
30	1862	0	0
35	2172	0	0
40	2482	0	0
45	2792	1	1
50	3103	3	2
55	3413	8	5
60	3723	20	13
65	4033	47	31
70	4344	102	68
75	4654	210	140
80	4964	426	284
85	5274	869	579
90	5585	1907	1271

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=18			
5	329	0	0
10	657	0	0
15	986	0	0
20	1314	0	0
25	1643	0	0
30	1971	0	0
35	2300	0	0
40	2628	0	0
45	2957	1	1
50	3285	2	1
55	3614	6	4
60	3942	17	11
65	4271	42	28
70	4599	94	
75	4928	198	132
80	5256	407	271
85	5585	844	563
90	5913	1873	1249

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=19			
5	347	0	0
10	694	0	0
15	1040	0	0
20	1387	0	0
25	1734	0	0
30	2081	0	0
35	2427	0	0
40	2774	0	0
45	3121	0	0
50	3468	2	1
55	3814	5	3
60	4161	15	10
65	4508	38	25
70	4855	86	57
75	5201	186	124
80	5548	390	260
85	5895	819	546
90	6242	1841	1227

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=20			
5	365	0	0
10	730	0	0
15	1095	0	0
20	1460	0	0
25	1825	0	0
30	2190	0	0
35	2555	0	0
40	2920	0	0
45	3285	0	0
50	3650	1	1
55	4015	5	3
60	4380	13	9
65	4745	34	23
70	5110	80	53
75	5475	176	117
80	5840	374	249
85	6205	796	531
90	6570	1809	1206

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=21			
5	383	0	0
10	767	0	0
15	1150	0	0
20	1533	0	0
25	1916	0	0
30	2300	0	0
35	2683	0	0
40	3066	0	0
45	3449	0	0
50	3833	1	3
55	4216	4	3
60	4599	12	8
65	4982	31	21
70	5366	74	49
75	5749	166	111
80	6132	359	239
85	6515	774	516
90	6899	1779	1186

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=22			
5	402	0	0
10	803	0	0
15	1205	0	0
20	1606	0	0
25	2008	0	0
30	2409	0	0
35	2811	0	0
40	3212	0	0
45	3614	0	0
50	4015	1	1
55	4417	3	2
60	4818	10	7
65	5220	28	19
70	5621	68	45
75	6023	156	104
80	6424	344	229
85	6826	753	502
90	7227	1750	1167

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=23			
5	420	0	0
10	840	0	0
15	1259	0	0
20	1679	0	0
25	2099	0	0
30	2519	0	0
35	2938	0	0
40	3358	0	0
45	3778	0	0
50	4198	1	1
55	4617	3	2
60	5037	9	6
65	5457	25	17
70	5877	63	42
75	6296	148	99
80	6716	330	220
85	7136	733	489
90	7556	1722	1148

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=24			
5	438	0	0
10	876	0	0
15	1314	0	0
20	1752	0	0
25	2190	0	0
30	2628	0	0
35	3066	0	0
40	3504	0	0
45	3942	0	0
50	4380	1	1
55	4818	2	1
60	5256	8	5
65	5694	23	15
70	6132	58	39
75	6570	140	93
80	7008	318	212
85	7446	714	476
90	7884	1695	1130

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=25			
5	456	0	0
10	913	0	0
15	1369	0	0
20	1825	0	0
25	2281	0	0
30	2738	0	0
35	3194	0	0
40	3650	0	0
45	4106	0	0
50	4563	0	0
55	5019	2	1
60	5475	7	5
65	5931	20	13
70	6388	54	36
75	6844	132	88
80	7300	305	203
85	7756	695	463
90	8213	1669	1113

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=26			
5	475	0	0
10	949	0	0
15	1424	0	0
20	1898	0	0
25	2373	0	0
30	2847	0	0
35	3322	0	0
40	3796	0	0
45	4271	0	0
50	4745	0	0
55	5220	2	1
60	5694	6	4
65	6169	18	12
70	6643	50	33
75	7118	125	83
80	7592	294	196
85	8067	678	452
90	8541	1643	1095

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=27			
5	493	0	0
10	986	0	0
15	1478	0	0
20	1971	0	0
25	2464	0	0
30	2957	0	0
35	3449	0	0
40	3942	0	0
45	4435	0	0
50	4928	0	0
55	5420	1	1
60	5913	5	3
65	6406	17	11
70	6899	47	31
75	7391	118	79
80	7884	283	189
85	8377	661	441
90	8870	1618	1079

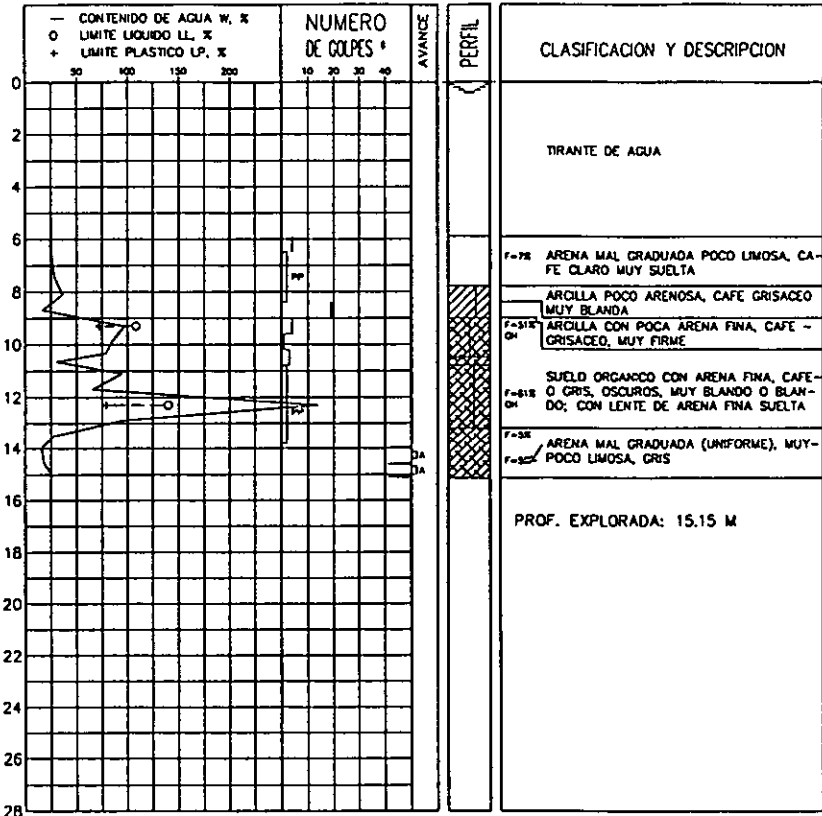
Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=28			
5	511	0	0
10	1022	0	0
15	1533	0	0
20	2044	0	0
25	2555	0	0
30	3066	0	0
35	3577	0	0
40	4088	0	0
45	4599	0	0
50	5110	0	0
55	5621	1	1
60	6132	5	3
65	6643	15	10
70	7154	43	29
75	7665	112	75
80	8176	272	181
85	8687	644	429
90	9198	1594	1063

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=29			
5	529	0	0
10	1059	0	0
15	1588	0	0
20	2117	0	0
25	2646	0	0
30	3176	0	0
35	3705	0	0
40	4234	0	0
45	4763	0	0
50	5293	0	0
55	5822	1	1
60	6351	4	3
65	6880	14	9
70	7410	40	27
75	7939	106	71
80	8468	262	175
85	8997	628	419
90	9527	1571	1047

Ocupacion		Espera (Dias)	
%	Dias	K=1	K=3
S=30			
5	548	0	0
10	1095	0	0
15	1643	0	0
20	2190	0	0
25	2738	0	0
30	3285	0	0
35	3833	0	0
40	4380	0	0
45	4928	0	0
50	5475	0	0
55	6023	1	1
60	6570	4	3
65	7118	12	8
70	7665	37	25
75	8213	101	67
80	8760	252	168
85	9308	613	409
90	9855	1549	1033

Anexo B  
Mecánica de Suelos.

PROFUNDIDAD, EN METROS



- |         |         |                                |                   |
|---------|---------|--------------------------------|-------------------|
| ARCILLA | GRAVA   | * PENETRACION ESTANDAR         | B, BARRIL N       |
| LIMO    | RELLENO | — MAS DE 50 GOLPES             | ✓ PROF. DEL ADEME |
| ARENA   | BOLEOS  | PP PENETRACION POR PESO PROPIO | NIVEL DE AGUA     |
|         |         | A AVANCE SIN MUESTREO          | F. % DE FINOS     |



FACULTAD DE INGENIERIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

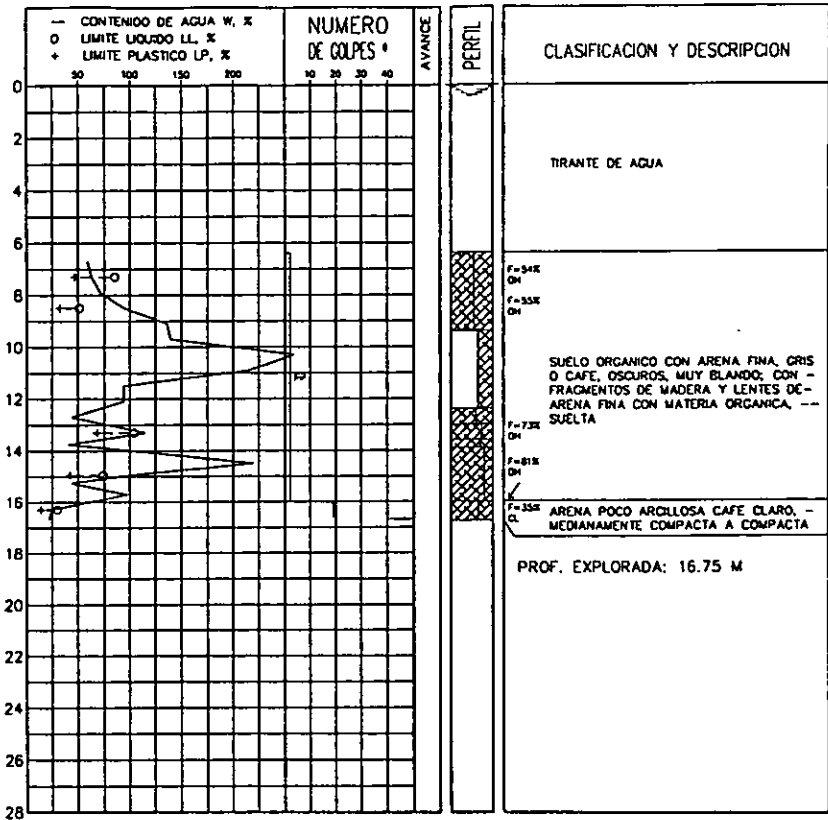
Figura B-1

ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SCODED SA-1

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.



PROFUNDIDAD, EN METROS



B. BARRIL N

✓ PROF. DEL ADEME

— NIVEL DE AGUA

F. % DE FINOS



FACULTAD DE INGENIERIA

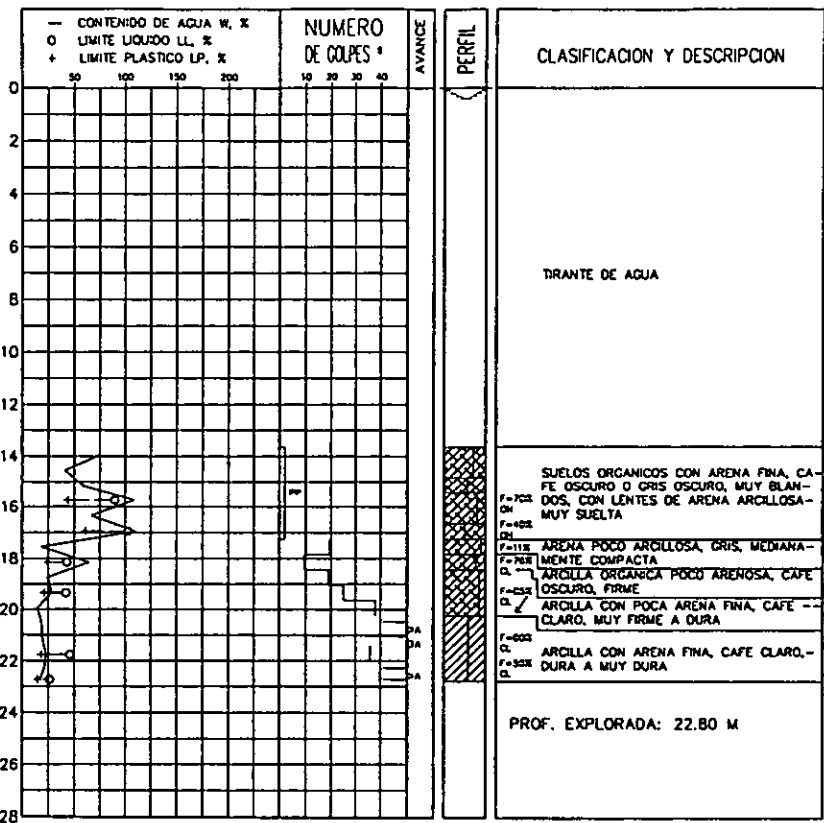
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura B-2

ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SONDEO SA-2

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

PROFUNDIDAD, EN METROS



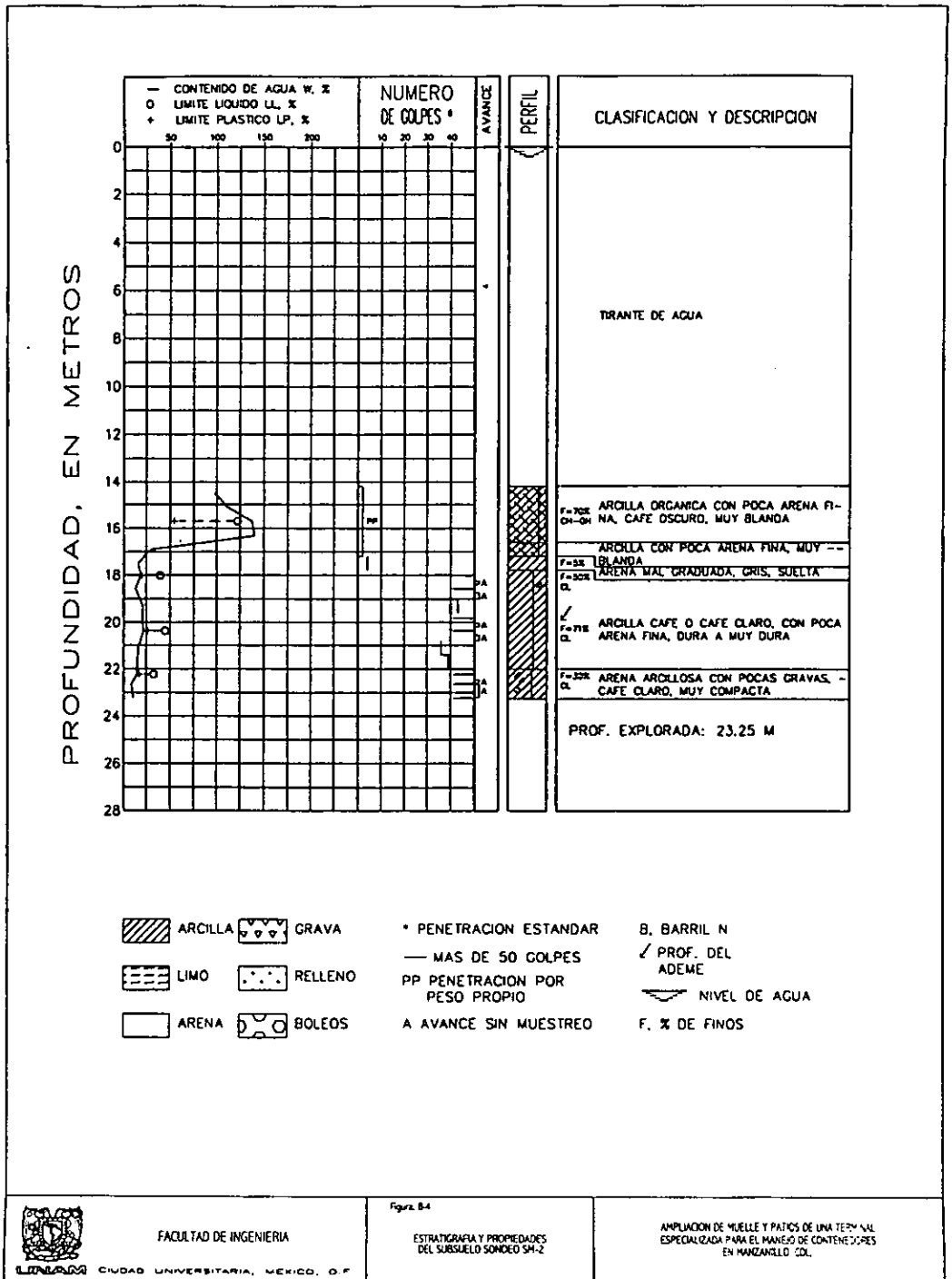
- |         |         |                                |                   |
|---------|---------|--------------------------------|-------------------|
| ARCILLA | GRAVA   | * PENETRACION ESTANDAR         | B, BARRIL N       |
| LIMO    | RELLENO | — MAS DE 50 GOLPES             | ✓ PROF. DEL ADEME |
| ARENA   | BOLEOS  | PP PENETRACION POR PESO PROPIO | ∩ NIVEL DE AGUA   |
|         |         | A AVANCE SIN MUESTREO          | F, % DE FINOS     |



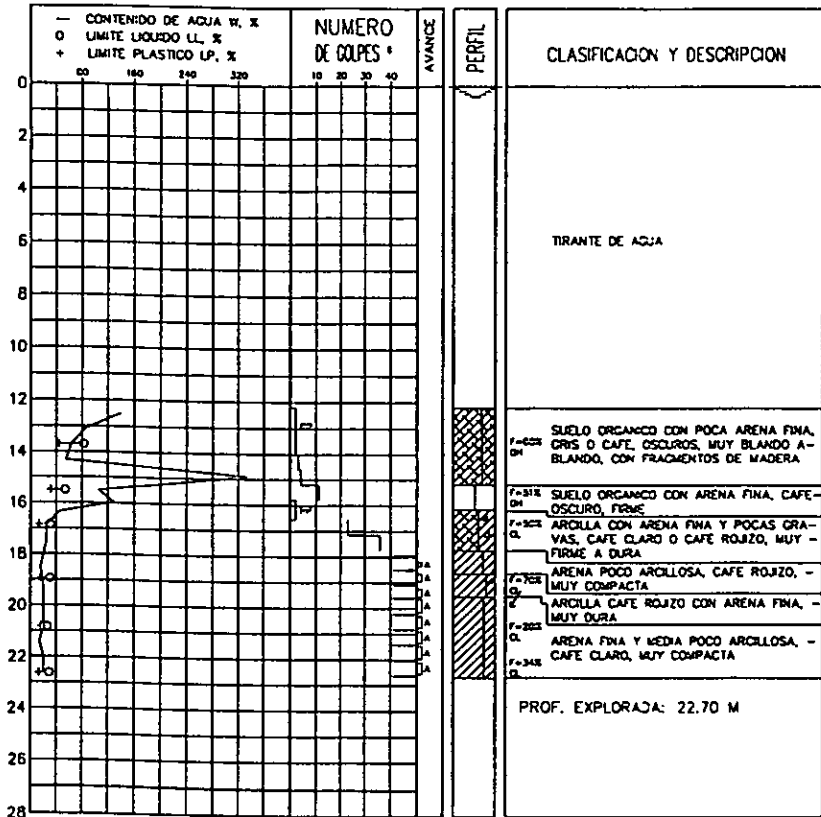
FACULTAD DE INGENIERIA  
CUIDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.







Figura 3-1  
ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SCADECO SM-1

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.



PROFUNDIDAD, EN METROS



-  ARCILLA
-  GRAVA
-  LIMO
-  RELLENO
-  ARENA
-  BOLEOS

- \* PENETRACION ESTANDAR
- MAS DE 50 GOLPES
- PP PENETRACION POR PESO PROPIO
- A AVANCE SIN MUESTREO

- B. SARRIL N
- / PROF. DEL ADEME
- NIVEL DE AGUA
- F. % DE FINOS

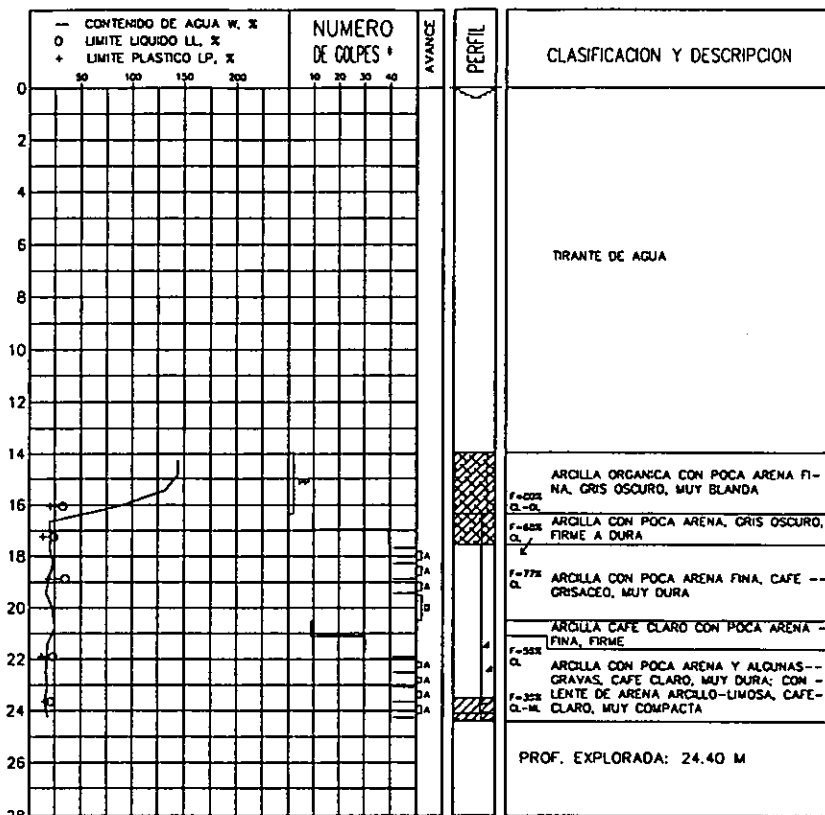


FACULTAD DE INGENIERIA  
CUIDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura 65  
ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SONDEO SM-3

EMPLAZACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COC.

PROFUNDIDAD, EN METROS



- |         |         |   |  |
|---------|---------|---|--|
| ARCILLA | GRAVA   | * PENETRACION ESTANDAR<br>— MAS DE 50 GOLPES<br>PP PENETRACION POR PESO PROPIO<br>A AVANCE SIN MUESTREO | B, BARRIL N<br>/ PROF. DEL ADEME<br>NIVEL DE AGUA<br>F, % DE FINOS |
| LIMO    | RELLENO |   |  |
| ARENA   | BOLEOS  |   |  |

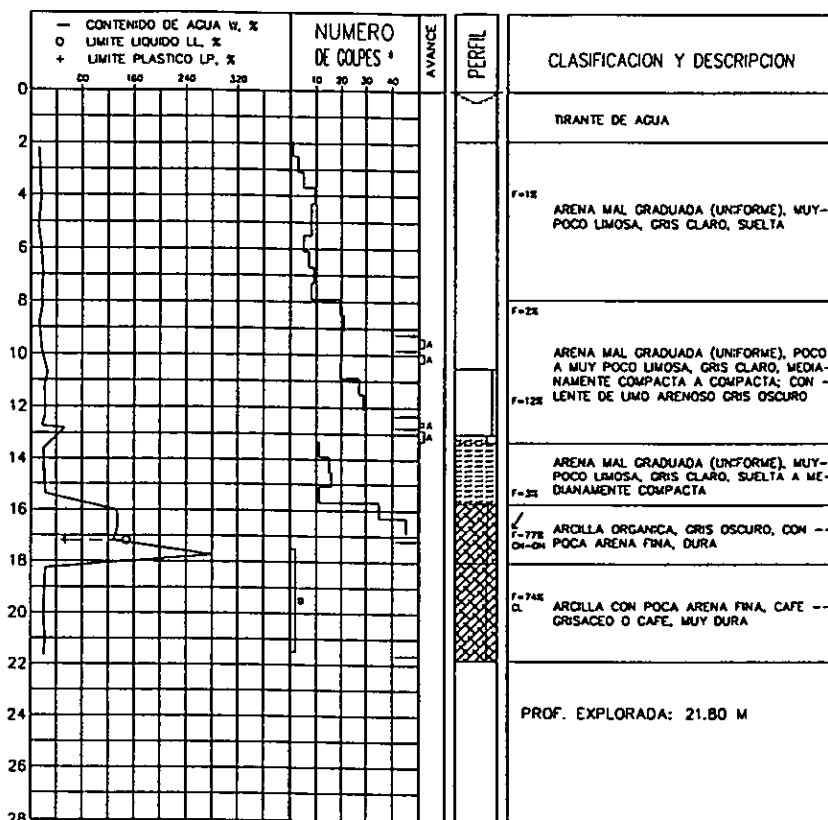








FACULTAD DE INGENIERIA  
 CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura B-6  
 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SONDEO SM-4

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

PROFUNDIDAD, EN METROS



- |   |   |                                |                   |
|---|---|--------------------------------|-------------------|
|  ARCILLA |  GRAVA   | * PENETRACION ESTANDAR         | B. BARRIL N       |
|  LIMO    |  RELLENO | — MAS DE 50 GOLPES             | ✓ PROF. DEL ADEME |
|  ARENA   |  BOLEOS  | PP PENETRACION POR PESO PROPIO | ∩ NIVEL DE AGUA   |
|   |   | A AVANCE SIN MUESTREO          | F, % DE FINOS     |



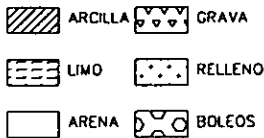
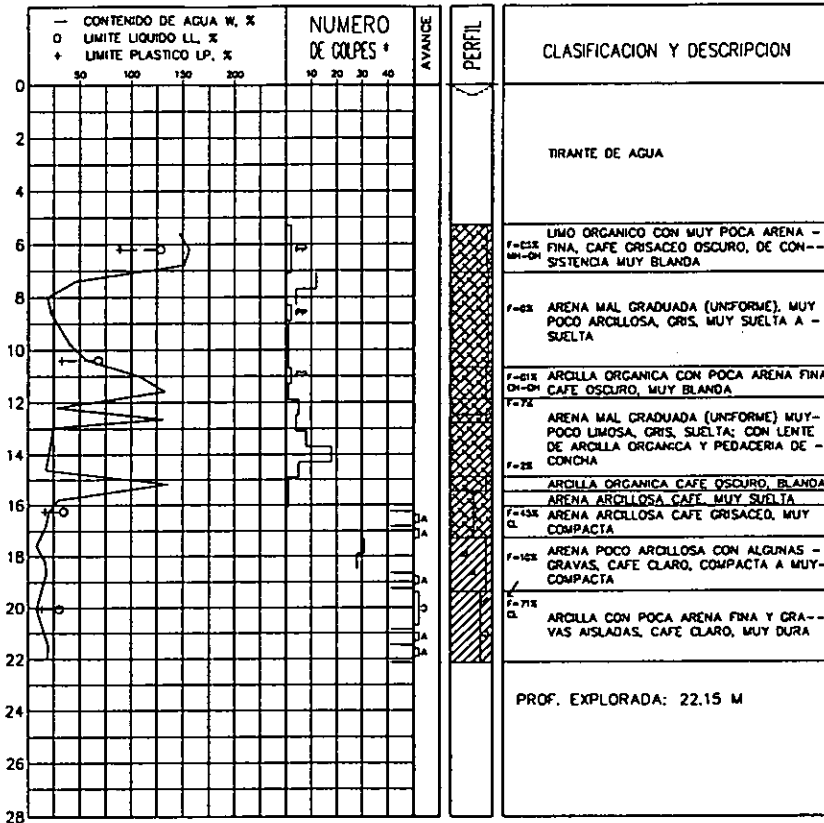
FACULTAD DE INGENIERIA  
CUIDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figra B-7

ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUELO SONDEO SI-1

AMPLIACION DE PUEBLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, C.D.

PROFUNDIDAD, EN METROS



\* PENETRACION ESTANDAR  
 — MAS DE 50 GOLPES  
 PP PENETRACION POR PESO PROPIO  
 A AVANCE SIN MUESTREO

B, BARRIL N  
 / PROF. DEL ADEME  
 NIVEL DE AGUA  
 F, % DE FINOS



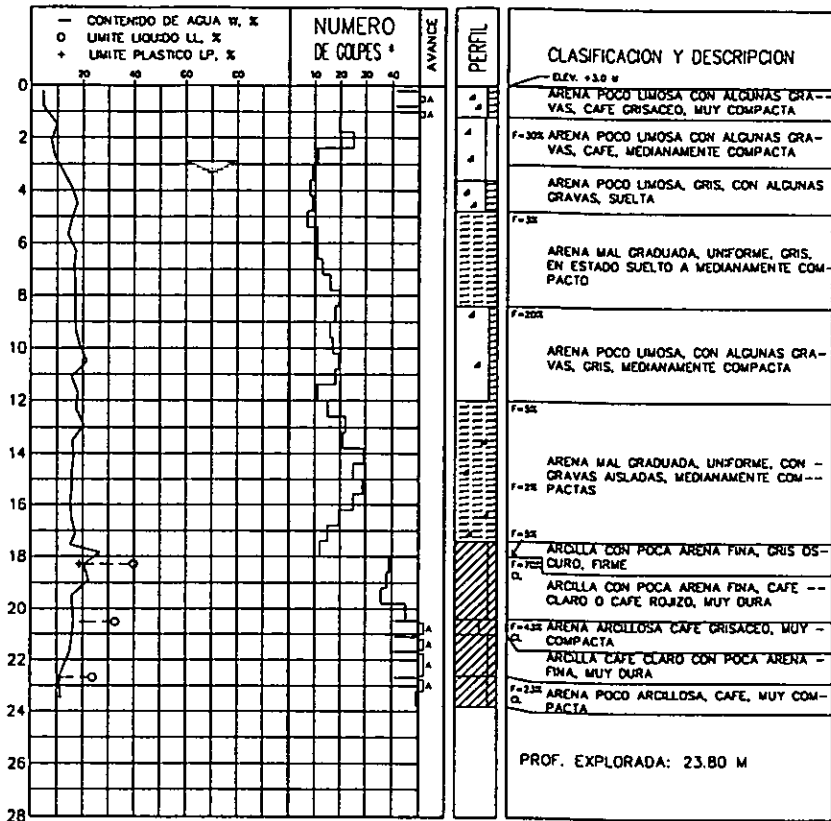
FACULTAD DE INGENIERIA  
 CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura 8-8

ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SONDEO SI-2

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

PROFUNDIDAD, EN METROS



- ARCILLA
- GRAVA
- LIMO
- RELLENO
- ARENA
- BOLEOS

- \* PENETRACION ESTANDAR
- MAS DE 50 GOLPES
- PP PENETRACION POR PESO PROPIO
- A AVANCE SIN MUESTREO

- B, BARRIL N
- ✓ PROF. DEL ADEME
- NIVEL DE AGUA
- F, % DE FINOS



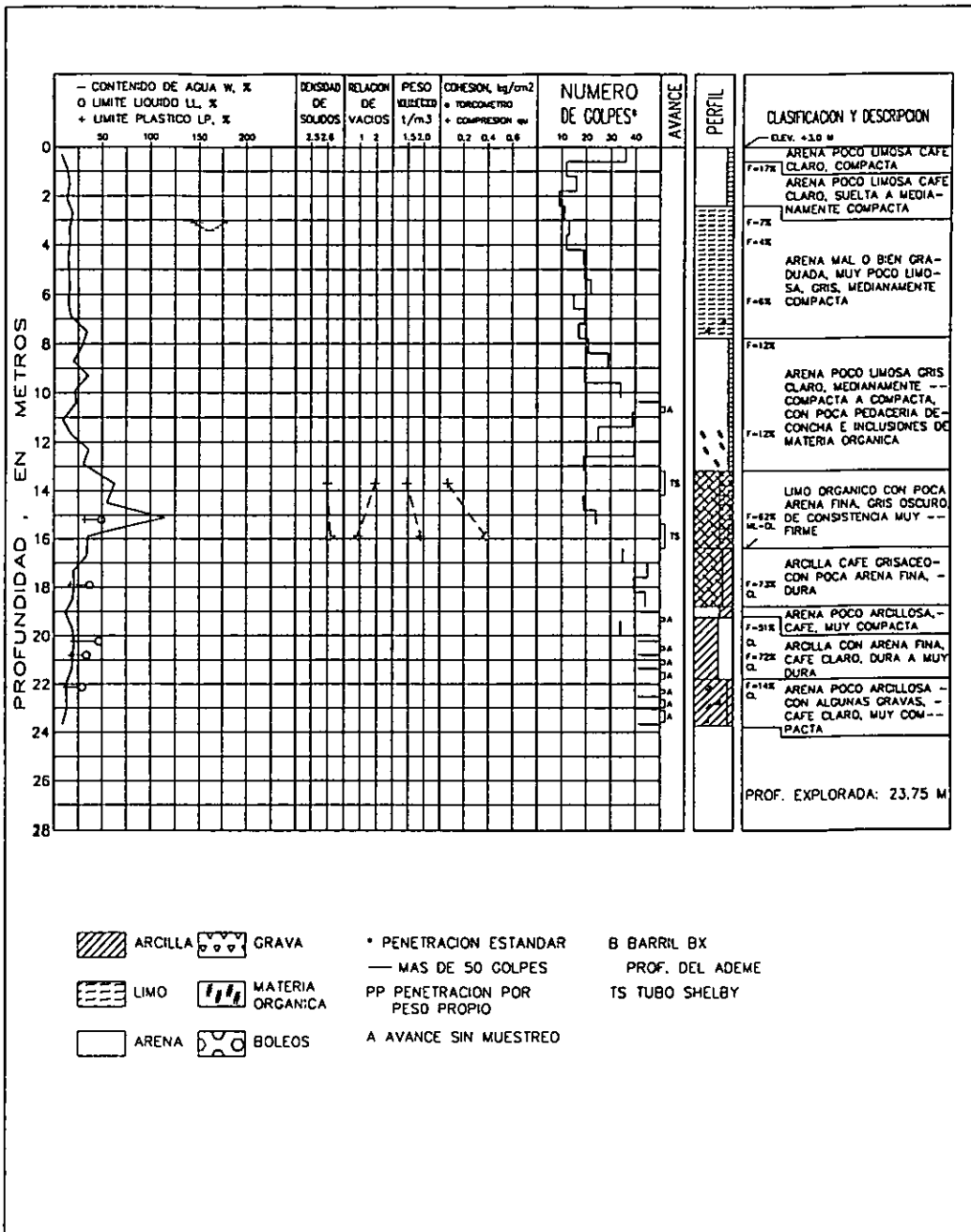
FACULTAD DE INGENIERIA  
C.U. UNAM CIDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura 3-9

ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SONDEO SI-3

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COC.





- ARCILLA
- GRAVA
- LIMO
- MATERIA ORGANICA
- ARENA
- BOLEOS

- \* PENETRACION ESTANDAR
- MAS DE 50 GOLPES
- PP PENETRACION POR PESO PROPIO
- A AVANCE SIN MUESTREO

- B BARRIL BX
- PROF. DEL ADEME
- TS TUBO SHELBY

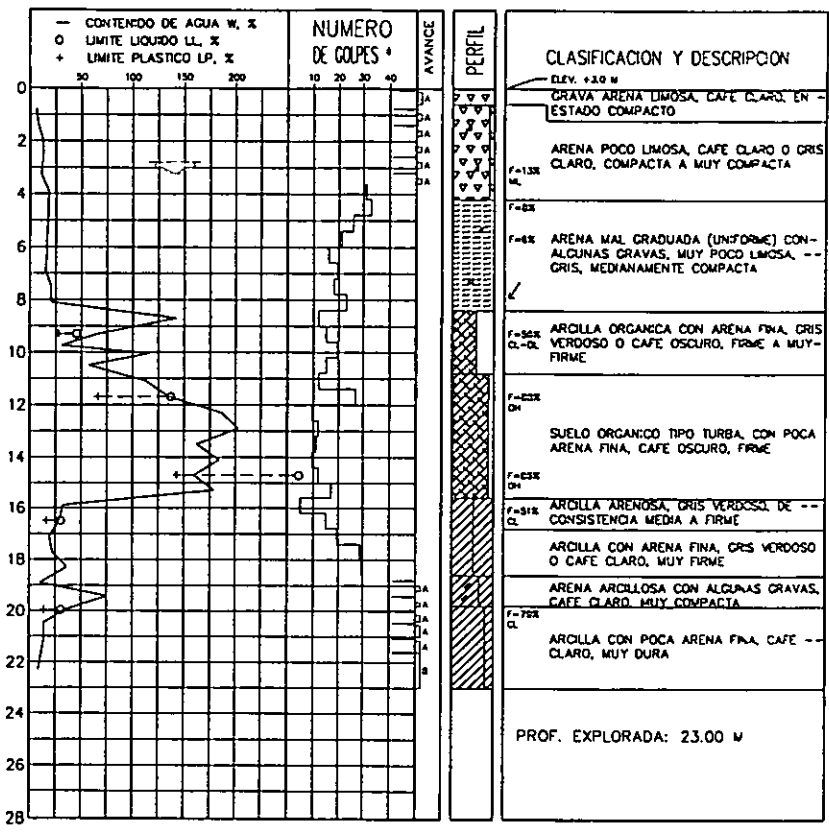


FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura 8-10  
ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SONDEADO SI-4

AMPLIACION DE MUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COB.

PROFUNDIDAD, EN METROS



- ARCILLA
- GRAVA
- RELLENO
- LIMO
- BOLEOS
- ARENA
- \* PENETRACION ESTANDAR
- MAS DE 50 GOLPES
- PP PENETRACION POR PESO PROPIO
- A AVANCE SIN MUESTREO
- B, BARRIL N
- ✓ PROF. DEL ADEME
- NIVEL DE +3.0 A
- F, % DE FINOS



FACULTAD DE INGENIERIA

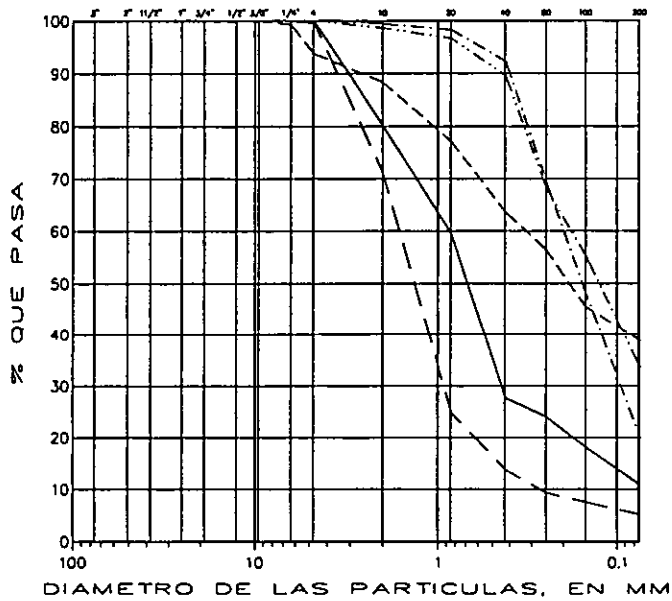
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figure B-11

ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SONDEO SI-5

AMPLIACION DE MUELLER Y TACOS EN UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL INVE-25 CONTENEDORES EN MANIZALES, CL

SUCS	GRAVA		ARENA		
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA



CURVA	SONDEO	PROF. (m)	SUCS
— — — —	SM-1	-17.55	SP-SC
- - - -	SM-2	-17.50	SP-SM
- - - - -	SM-2	-22.20	SC
— — —	SM-3	-20.80	SC
— —	SM-3	-22.60	SC



FACULTAD DE INGENIERIA

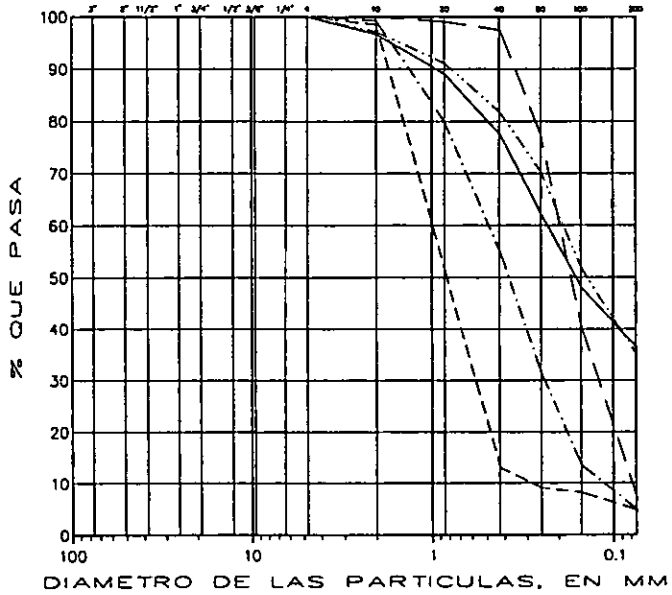
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura B-12

CURVAS DE DISTRIBUCION  
GRANULOMETRICA

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANIZALES, COL.

SUCS	GRAVA		ARENA		
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA



CURVA	SONDEO	PROF. (m)	SUCS
————	SM-4	-23.65	SC-SM
- - - -	SA-1	-6.80	SP-SM
- - - -	SA-1	-13.50	SP-SC
————	SA-1	-14.55	SP
————	SA-2	-16.30	SC



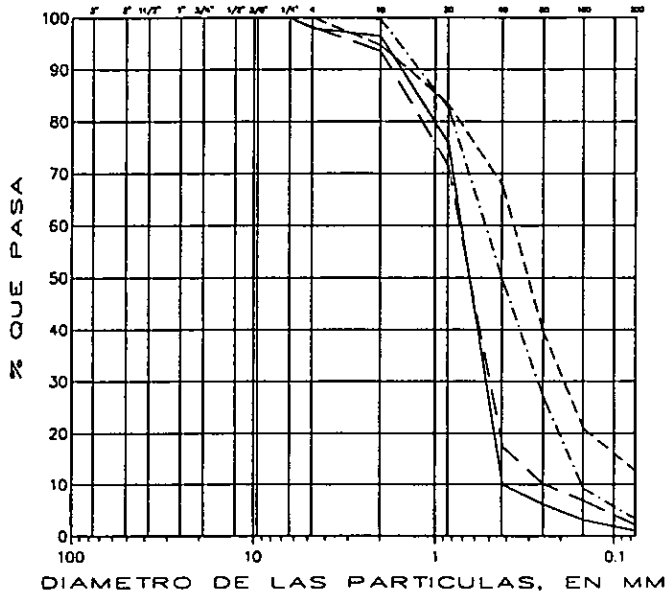
FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura 3-13

CURVAS DE DISTRIBUCION  
GRANULOMETRICA

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, COL.

SUCS	GRAVA		ARENA		
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA



CURVA	SONDEO	PROF. (m)	SUCS
— — — —	ST-1	-4.00	SP
- - - -	ST-1	-8.20	SP
· · · · ·	ST-1	-11.80	SM
— — — —	ST-1	-15.40	SP



FAACULTAD DE INGENIERIA

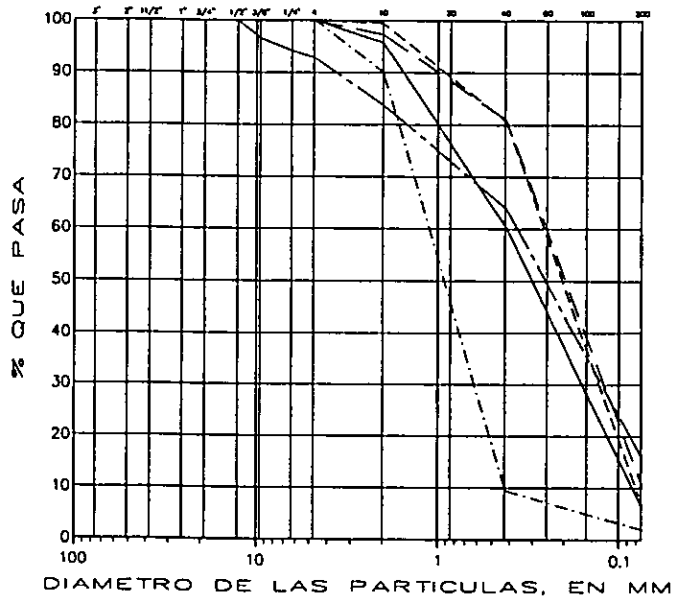
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura B-14

CURVAS DE DISTRIBUCION  
GRAVIMETRICA

AMPLIACION DE MUELLE Y PILES DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, COL.

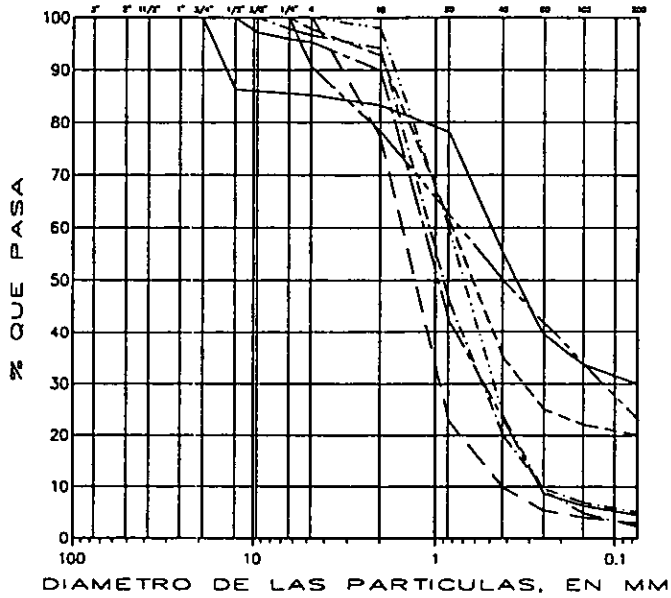
SUCOS	GRAVA		ARENA		
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA



CURVA	SONDEO	PROF. (m)	SUCS
————	ST-2	-8.60	SP-SC
- - - - -	ST-2	-10.40	SP-SC
- - - - -	ST-2	-12.20	SP-SC
— — —	ST-2	-14.60	SP
- - - - -	ST-2	-18.20	SC



(S) C (S)	GRAVA		ARENA		
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA



CURVA	SONDEO	PROF. (m)	SUCS
————	ST-3	0.90	SC
- - - -	ST-3	-2.10	SP
- - - -	ST-3	-5.70	SC
- - - -	ST-3	-9.30	SP
- - - -	ST-3	-12.30	SP
- - - -	ST-3	-14.10	SP
- - - -	ST-3	-19.70	SC



UNAM CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

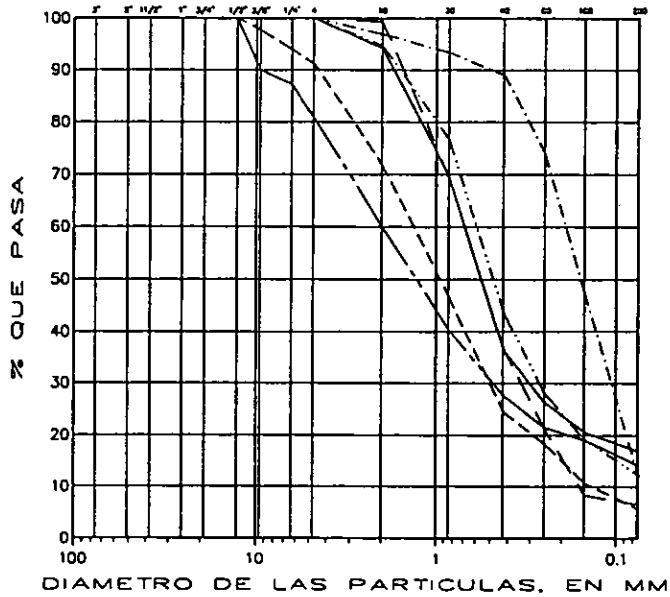
FACULTAD DE INGENIERIA

Figura B-16

CURVAS DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

AMPLIACION DE MUELLE Y PANTON DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES EN MANZANILLO, COL.

SUCS	GRAVA		ARENA		
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA



CURVA	SONDEO	PROF. (m)	SUCS
————	ST-4	2.10	SM
- - - -	ST-4	-0.30	SP-SM
- - - - -	ST-4	-3.30	SW-SM
— — —	ST-4	-5.10	SP-SM
- - -	ST-4	-8.70	SM
- - - - -	ST-4	-19.00	SC



FACULTAD DE INGENIERIA

CUERPO ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL, CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

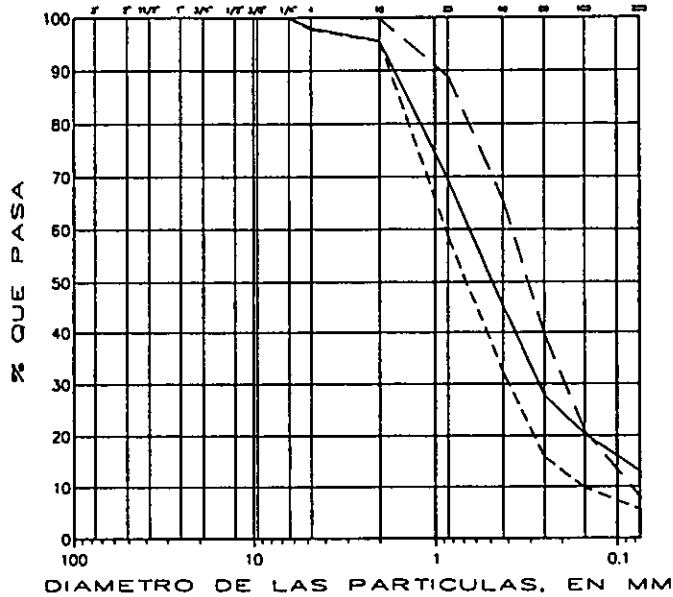
Figura B-17

CURVAS DE DISTRIBUCION  
GRANULOMETRICA

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, COL.



SUCS	GRAVA		ARENA		
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA



CURVA	SONDEO	PROF. (m)	SUCS
————	ST-5	-0.20	SM
- - - -	ST-5	-1.50	SP-SM
- · - · -	ST-5	-2.70	SP-SM



FACULTAD DE INGENIERIA

Ciudad Universitaria, Bogotá, D. C.

Figura 8-18

CURVAS DE DISTRIBUCION  
GRANULOMETRICA

AMPLIACION DE MUELLE Y PATOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, COL.

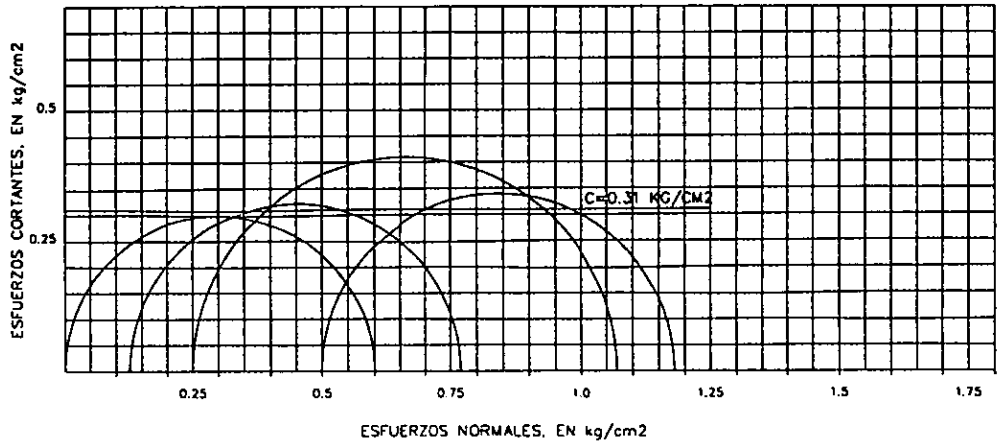
SONDEO: ST-4

PROFUNDIDAD: -10.70 M

CLASIFICACION: ARCILLA CAFE OSCURO POCO ARENOSA

PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL: NO CONSOLIDADA--NO DRENADA

PROBETA	F3 kg/cm <sup>2</sup>	F1 kg/cm <sup>2</sup>	e %	E kg/cm <sup>2</sup>	Ss	ei	ef	Wl %	Wf %	Cl %	Cf %
1	0.125	0.77	0.012	41	2.51	0.71		28.1		98.1	
2	0.250	1.07	0.021	31	2.51	0.72		28.6		99.2	
3	0.500	1.18	0.016	33	2.51	0.69		27.3		99.5	



FACULTAD DE INGENIERIA

CUADRO CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura B-19

OPCULOS DE MOHR

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANZANILLO, COL.

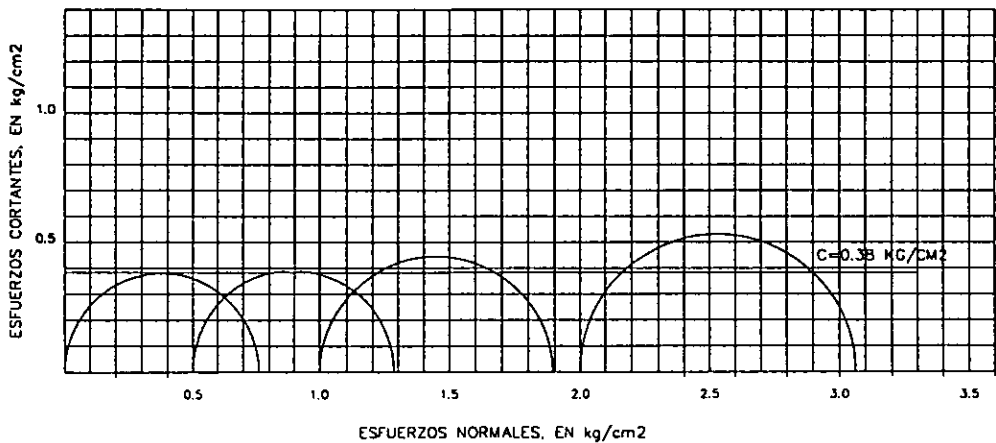
SONDEO: ST-4

PROFUNDIDAD: -12.90 M

CLASIFICACION: LIMO ORGANICO CON POCA ARENA FINA, GRIS OSCURO

PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL: NO CONSOLIDADA-NO DRENADA

PROBETA	F3 kg/cm <sup>2</sup>	F1 kg/cm <sup>2</sup>	C %	E kg/cm <sup>2</sup>	Ss	ei	ef	Wi %	Wf %	Gi %	Gf %
1	0.50	1.28	0.058	26	2.62	0.80		35.2		100.0	
2	1.00	1.89	0.058	26	2.62	0.89		34.4		100.0	
3	2.00	3.06	0.065	36	2.62	0.91		34.5		99.9	



FACULTAD DE INGENIERIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

Figura B-20

CIRCULO DE MOHR

AMPLIACION DE MUELLE Y PATIOS DE UNA TERMINAL  
ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES  
EN MANIZALLO, COL.

BIBLIOGRAFÍA.

- Reporte de Mecánica de Suelos, Manzanillo Col 1998; Aleph Ingenieros Consultores.
  - Métodos utilizados para mitigar la licuación y mejorar el comportamiento sísmico de los suelos; Báez S.
  - Port Engineering Vol 1 y 2; Bruun P.
  - Los Municipios de Colima; Centro estatal de estudios Municipales.
  - Tablas de predicción de mareas del pacifico 1999; Dirección General de Oceanografía Naval
  - Isoyetas intensidad de lluvia de la Republica Mexicana; Dirección General de Puertos.
  - Regionalización Sísmica de México para fines de Ingeniería; Esteva L.
  - Operación Administración y Planeación Portuarias; López H; AMIP.
  - Estructuración de vías terrestres; Olivera F; Limusa.
  - Manual de Dimensionamiento portuario; Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
  - Monografía del Puerto de Manzanillo; Puertos Mexicanos Secretaria de Comunicaciones y Transportes..
  - Exploración Geotécnica para la revisión de la seguridad del muelle y patio de la terminal especializada de contenedores Manzanillo; TGC; 1995.
  - Licuación de arenas; Ovando E y Segovia J; TGC Geotecnia.
  - Tesis " Planeación estratégica del puerto de Manzanillo; Palacios J.; U.N.A.M. 1999
  - Tendencias Actuales en la Construcción y explotación de Puertos; Vigeras M.
-