

300615  
7  
2y.



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

Escuela de Ingeniería  
Incorporada a la U.N.A.M.

**CRITERIOS GENERALES PARA EL PROYECTO DE  
DRAGADO EN LA LAGUNA DE PAJARITOS, VER.**

**TESIS PROFESIONAL**

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

**MAURICIO GERARDO JIMENEZ ZAVALA**

TESIS CON  
FALSA DE ORIGEN

México, D. F.,

1986



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# I N D I C E

I. INTRODUCCION .....	1
II. GENERALIDADES .....	6
2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS.....	6
2.2 NECESIDADES DE DRAGADO EN PAJARITOS.....	10
2.3 OBJETIVO PRINCIPAL Y PROGRAMA A REALIZAR.....	11
III. ESTUDIOS PREVIOS .....	13
3.1 INFLUENCIA DEL RIO GOATZACOALCOS.....	13
3.1.1 Análisis Hidrológico General.....	13
3.1.2 Régimen de Azolve del Río.....	17
3.2 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....	21
3.2.1 Trabajos de Laboratorio.....	24
3.2.2 Resultados.....	29
3.2.3 Comentarios Aplicados al Dragado.....	57
3.3 ESTUDIOS METEOROLOGICOS.....	64
3.3.1 Análisis de Vientos.....	65
3.3.2 Resultados.....	67
3.4 ESTUDIO BATIMETRICO.....	72
3.4.1 Tipos de Registro de Ecosonda.....	75
3.4.2 Métodos de Ubicación con Ecosonda.....	77
3.4.3 Cálculo de Volúmenes a Extraer.....	80
IV. ESTUDIO DE LUGAR DE TIRO ....	85
4.1 ESTUDIO DE POSIBLES ZONAS DE TIRO.....	86
4.2 EVALUACION BREVE DE INFORMACION OCEANOGRAFICA..	89
4.2.1 Mareas.....	89
4.2.2 Corrientes.....	91
4.2.3 Oleaje.....	95
4.2.4 Análisis Simplificado de Refracción.....	98
4.2.5 Conclusiones.....	103

4.3 TRABAJOS NECESARIOS DURANTE EL PROCESO DE DESCARGA.....	104
4.3.1 Métodos de Estabilización de Rellenos....	104
V. EJECUCION DE LA OBRA .....	109
5.1 TIPOS DE DRAGAS Y SUS COMPONENTES.....	109
5.1.1 Dragas Mecánicas.....	109
5.1.2 Dragas Hidráulicas.....	112
5.1.2.1 la bomba de dragado.....	120
5.1.2.2 la cabeza de succión.....	127
5.1.3 Otros Tipos.....	131
5.2 CONSIDERACIONES GENERALES.....	132
5.2.1 Justificaciones.....	132
5.2.2 Ventajas.....	132
5.2.3 Tipos de Dragado.....	133
5.3 CRITERIO DE ELECCION DE LA DRAGA.....	135
5.3.1 Elección del Tamaño Requerido.....	135
5.3.2 Cálculo Hidráulico del Sistema.....	140
5.4 OPERACION DE DRAGADO.....	148
5.4.1 Ciclo de Operación.....	148
5.4.2 Control de Volúmenes.....	155
5.4.3 Memoria Fotográfica.....	160
VI. CONCLUSION GENERAL .....	169
+ Bibliografía.....	172

# **CAPITULO 1**

## I INTRODUCCION

Es indudable que, como parte importante- para el desarrollo económico de cualquier pa-is, cuando éste pretende ser armonioso y equi-librado a lo largo y a lo ancho de su territo-rio y en los diversos estratos de su pobla-ción, es la de inducir y estimular la forma-ción y crecimiento de polos de desarrollo es-tratégicamente localizados en sus diferentes regiones, los cuales podrán tener un mayor ó menor enfoque hacia alguna forma de produc-ción ó actividad, ya sea agrícola, ganadera, minera, industrial, comercial, etc., depen-diendo de los recursos naturales dominantes de la región, ó bien, de algún factor de otro tipo, como el clima, el nivel de vida, de su población, del grado de tecnología alcanzada ó el nivel de la infraestructura existente.

Desde luego, para que éstos polos de de-sarrollo cumplan con su cometido, y su in-fluencia se haga notar a corto ó mediano pla-zo, es indispensable que sus medios de comuni-cación y sus servicios sean suficientes, efi-cientes y económicos.

Para lograr lo anterior, es necesario --contar con una serie de datos estadísticos, -topográficos, censos agrícolas, ganaderos, re-ursos naturales y humanos, de tenencia de --

la tierra, de recursos mineros y en general de recursos renovables y no renovables que permitan, mediante el uso de las técnicas apropiadas, el generar estudios de factibilidad, proyectos de obra civil, de obras hidráulicas, -- portuarias, de suministro de energía eléctrica, drenajes, de urbanización, etc., y poder así, obtener el criterio final adecuado para la elaboración de los proyectos de la obra por construir.

Invaluable sería el poder contar con experiencias previas sobre obras similares anteriormente construidas, que, en base a comparación de condiciones similares, nos permitiese maximizar las probabilidades de éxito y funcionamiento, minimizando errores ó malas apreciaciones. Sin embargo, éstas experiencias no --- siempre se tienen a la mano, ó sus datos son --- generalmente incompletos. Máxime si la obra -- por construir es novedosa y moderna. Como quiera que sea, cualquier proyecto por cuidadosamente que haya sido planeado y proyectado, --- siempre será perfectible para obras similares futuras.

Para una industria tan importante en nuestro país como lo es Petroleos Mexicanos, cuyas instalaciones de producción se encuentran cer-

canas a diversas costas y de que una parte considerable de su producción destinada a la exportación, se maneja y transporta por vía marítima el papel de su flota de buques-tanque es vital, y por ende, también la eficiencia y capacidad de sus instalaciones en tierra para mantener en buen servicio las unidades marítimas.

Consecuentemente con lo anterior, la política de diversos regímenes que han gobernado al país, se han preocupado por acondicionar cada vez un mayor número de Puertos Industriales en diversos puntos de las costas nacionales y mejorar los ya existentes, dotándolos de los mayores adelantos técnicos y de operación modernos. Puertos tales como: Salina Cruz, en Oax.; Dos Bocas, en Tab.; Lazaro Cardenas, Mich.; Topolobampo, Sin.; Altamira, Tams.; Coatzacoalcos, -- Ver.; etc.

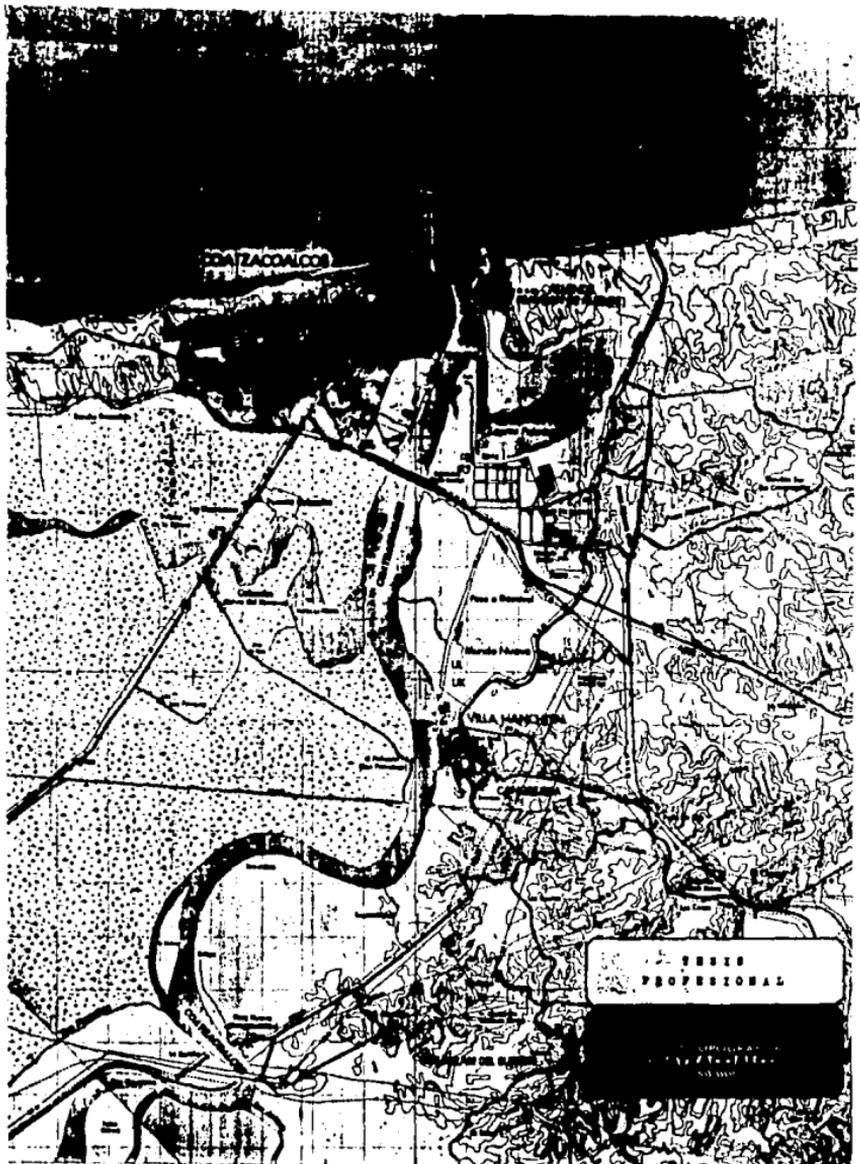
Sin embargo, a medida que crece el movimiento marítimo, algunos puertos se han visto sobre saturados en capacidad, por tanto se ven en la necesidad de ampliar y modernizar sus instalaciones, y en algunos casos, descentralizarlos ó cambiarlos de ubicación.

Tal es el caso del Puerto de Coatzacoalcos antiguamente llamado Puerto México, en el que -

siendo actualmente su volumen de carga, almacenamiento y distribución de crudo y derivados de petróleo muy grande, se decidió cambiar sus instalaciones a otro lugar diferente del que venía ocupando y que resultaba insuficiente. A otro - que presentara mejores condiciones de espacio, seguridad y eficiencia en sus operaciones.

Este lugar, conocido con el nombre regional de PAJARITOS, se encuentra localizado sobre la margen izquierda del Río Coatzacoalcos, a 3 km. de su desembocadura. Es una laguna natural que consta actualmente de un canal de acceso de 1200 m. de largo por 100 de ancho, con una profundidad de 14.5 m.

El presente trabajo aquí desarrollado pretende describir, de modo esencial, lo más relevante de los estudios estadísticos que se llevaron a cabo para poder dragar la dársena natural en su primera fase, así como algunas consideraciones de diversas dragas existentes, que, aunados a las condiciones requeridas en el lugar, - nos permitan seleccionar la draga más eficiente a usar en la obra, ya que de ser satisfactorio, serían coronados mis más anhelados deseos.



COAZACOALCO

VILLA MANCOSA

SERIE  
PROFESIONAL

ESCALA DE  
1:50,000

# **CAPITULO 2**

## II G E N E R A L I D A D E S

### 2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

El uso del río Coatzacoalcos como via navegable, y en especial como Puerto Industrial, -- representa una larga serie de problemas politicos que a lo largo del siglo pasado prevaleció en nuestro país. Considerando inicialmente la apertura del Canal de Tehuantepec, para el cual se hicieron una infinidad de costosos estudios sin que se hubiese llegado a una solución concreta. Posteriormente vino la fallida concesión que dentro del Gobierno de Juárez, se promovió para poder conectar Nueva Orleans con San Francisco por vía marítima y terrestre a través del Istmo de Tehuantepec. La primera fase comprendía el viaje entre Nueva Orleans y Minatitlan -- en vapor. Esta es la primera información que se tiene en relación con el uso del río como vía -- navegable, sin embargo, ésta concesión fué retirada posteriormente.

El interés creció en torno a ésta zona, -- planeandose la construcción de una vía ferroviaria transítmica que uniese Coatzacoalcos con -- el Puerto de Salina Cruz, en Oaxaca. Pero nuevamente aparecieron similares problemas, hasta -- que la compañía contratista inglesa "Sir W. --- Pearson and Son Ltd.", encargado de la concesión ofrecida por Porfirio Diaz, terminase los trabajos a mediados de 1898.

A finales del siglo pasado aumentaron las necesidades de navegación, debido al funcionamiento del ferrocarril transítmico recientemente terminado. Fué entonces cuando se iniciaron los trabajos de construcción de 2 escolleras de 800 m. de largo para poder encauzar artificialmente las aguas del río, así como el dragado para elaborar un canal de 200 m. de ancho por 10 m. de profundidad. En este tiempo se usaron 2 dragas de cangilones con tolva de 400 m<sup>3</sup>. de capacidad y una de succión con tolva de 935 m<sup>3</sup>. Se trabajó durante casi 2 años habiendo conseguido un canal de tan solo 8.5 m. de tirante -- con 579000 m<sup>3</sup>. de arena removida. Tiempo después, con las crecientes del río, se redujo el tirante a 7.5 m., por lo que obligó a buscar una forma más eficiente para remover la barra -- formada por el azolve.

Se construyó entonces un sistema de escolleras convergentes simétricas respecto al canal de dragado, propuesto por los especialistas Ingleses; Hawkshan y Dobson, iniciandose la obra en 1900 y terminandose 3 años después. A partir de 1907 se empezó a notar que las escolleras construidas eran insuficientes, ya que se requería para ese entonces, un calado de 30 ft., debido a los múltiples compromisos contraí

dos por las compañías navieras para el tráfico interoceánico. Se procedió entonces el dragado de un canal, ésta vez de sólo 100 m. de ancho, sin embargo, los aportes del río nuevamente lo azolvieron. Se aumentaron entonces la longitud de la escolleras, de tal modo que la bocana tuviese solamente 200 m. de ancho. Esta extensión se terminó a finales de 1908.

A partir de 1918 los trabajos de dragado se tornaron críticos, ya que las embarcaciones inglesas y americanas para transporte de petróleo requerían de 33 ft. de calado para poder navegar, disponiéndose sólo de 25 ft. refiriéndose se al nivel de baja marea. Esto obligaba a tratar de dragarse un canal de 100 m. de ancho y - 33 ft. de profundidad, sin que se pudiese lograr mas que 30 ft. debido a la poca capacidad de las dragas de ese entonces. Fué necesario que el acceso al Puerto se viese limitado a los grandes vapores, los cuales sólo podían entrar con alta marea.

En los años 40's las escolleras presentaban tal grado de deterioro, que fué necesario reconstruirlas, dándoles finalmente las características que tienen hoy en día.

tenimiento de las instalaciones portuarias y en especial a las dársenas de ciaboga.

Otro problema que también se presentaba debido a la falta de calado era que los buques petroleros sólo podían cargarse al 70% de su capacidad total, lo cual significaba un aumento considerable en el costo de transporte.

Sin embargo, el proyecto para construir el Complejo Pajaritos fué muy costoso, debido a la necesidad de remover grandes cantidades de volúmenes para poder construir un canal de acceso y dársenas de maniobra. Pero desde el punto de vista de desarrollo integral para el Puerto de mayor tráfico en el Pacífico, ésta solución fué la más adecuada, ya que propició el desarrollo de la industria petroquímica y de otras industrias en la región.

Originalmente se tenía programado que las obras de acondicionamiento fuesen concluidas a principios de 1972 y para fines de ese año, -- las obras de dragado. Pero desgraciadamente no se previó el súbito crecimiento del Puerto debido a los nuevos mantos petroleros descubiertos en la Sonda de Campeche.

Por tal motivo la zona ha estado continuamente dragandose debido al incremento de tráfico y entrada de buques-tanque de mayor capacidad.

## 2.2 NECESIDADES DE DRAGADO EN PAJARITOS.

Dentro de las necesidades y compromisos -- que tiene Petróleos Mexicanos actualmente, es -- obvio que en un futuro muy próximo habrá un --- fuerte requerimiento de tanques de almacenamiento extra en el Puerto de Coatzacoalcos, sin embargo, de acuerdo a los planos de localización general de la zona, no existe área disponible -- para la instalación de éstos, por lo que ha sido considerado conveniente ubicarlos en otro lugar que pudiese funcionar como terminal satelite de la propia refinería. Aunandose a ésto, la construcción del Puente "Coatzacoalcos II" ocasionaba problemas al tráfico marítimo en el --- Puerto de Nanchital, localizado a 10 Km. aguas arriba del río.

Por éstos motivos se juzgó ventajoso localizar ésta terminal en la zona comprendida a la Laguna de Pajaritos, yá que es el Puerto de altura más próximo con área suficiente para su -- instalación.

Por otro lado, debido al azolve que periodicamente arrastra als crecientes del río y las formaciones de barras en los meandros localizados cerca de la desembocadura del mismo, ocasionaba falta de calado en el canal de navegación y obligaba a que PEMEX invirtiese fuertes cantidades de dinero por el continuo dragado de man-

### 2.3. OBJETIVO PRINCIPAL Y PROGRAMA A REALIZAR

El objetivo principal es conocer, en forma general, las características más importantes de la Laguna de Pajaritos y el área circunvecina, para que en base a éstos se pretenda determinar, en forma sencilla, los aspectos más relevantes para el criterio de elección de una draga.

El programa general a realizar es:

- + Recopilación y analizar los datos existentes en la zona.
- + Estudio de funcionamiento del río Coatzacoalcos y su posible influencia de azolve en el canal de acceso a Pajaritos.
- + Análisis de mecánica de suelos.
- + Estudio de influencia de vientos dominantes y reinantes.
- + Levantamiento batimétrico de la dársena de Pajaritos.
- + Cálculo de volúmenes a dragar.
- + Estudio de factibilidad para localizar la zona de tiro del material dragado.
- + Criterio de selección de la draga.
- + Análisis hidráulico del sistema.
- + Descripción del procedimiento de dragado.
- + Conclusiones.

# **CAPITULO 3**

### III ESTUDIOS PREVIOS.

#### 3.1 INFLUENCIA DEL RIO COATZACOALCOS.

3.1.1 Análisis Hidrológico General.- Para determinar, en forma aproximada, el régimen de escurrimiento del río, se eligieron 3 condiciones normales y 2 extraordinarias. Las primeras comprenden el gasto medio de estiaje, el gasto para aguas medias y el gasto medio de avenidas. Las extraordinarias comprenden 2 tormentas predominantes cuyas precipitaciones fueron reportadas por la Dirección de Hidrología de la S.A.R.H. como muy significativas.

Para lograr determinar éste régimen fué necesario tomar en cuenta datos obtenidos en las estaciones de observación situadas dentro de la cuenca. Dichas estaciones fueron: Presa Raudales en Chiapas; Ixtepec, Oax.; Coyame, Ver.; Jáltipan, Ver.; Tancochapa, Ver.; Jesus Carranza, -- Ver.; Acayucan, Ver.; Nanchital, Ver. y Coatzacoalcos en Veracruz.

En la tabla III.A "Precipitaciones Medias Anuales" que aparece a continuación se indican las estaciones consideradas en 8 años (1972-1979).

Análogamente en las tablas III.B y III.C - se concentran los datos de Volúmenes de Precipitación y Gastos en  $m^3/seg.$ , sobre 4 cuencas de

T A B L A III.A

## PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES ( mm/año )

ESTACION	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Presa Raudales, Chis.				2360.6	1986.6	1883.3	1976.8	
Ixtepec, Oax.	921.4	906.4	626.3	603.6	586.7	876.2		657.9
Matias Romero, Chis.	947.0	1038.2	1831.6	1630.7	1483.1	1766.0	1699.3	
San Juan del Rio, Oax.	3306.5	2124.1	2563.3	2629.6	3600.2	3657.7	3625.3	3234.1
Coyame, Ver.	5352.0	4236.1	4593.0	4769.8	5361.3	4637.2	4522.3	
Jáltipan, Ver.	1796.2	1460.4	1226.1	1998.3		2108.6	2008.1	2587.6
Tancochapa, Ver.	2272.9	2183.3	1867.7		2461.6	2643.3	2419.6	
Jesús Carranza, Ver.	3840.0	2256.3	2585.8	2427.2	2624.1	1866.0	1514.6	
Acayucan, Ver.	1745.6	1263.6	1146.6	2198.6	2133.7		1694.5	
Nanchital, Ver.	3004.1	3243.1	2976.3	2900.5	3010.0	2700.1		2966.1
Coatzacoalcos, Ver.		2359.6	3210.6	2456.4	2696.6	2882.6	2619.7	2476.6

Nota: La información es muy variable, ya que en algunos casos no se tiene dato para esa fecha.

V O L U M E N E S D E

CONDICIONES MEDIAS

	MEDIA MAXIMA			MEDIA ANUAL			MEDIA MINIMA		
	I (mm)	A (km <sup>2</sup> )	P (m X 10 <sup>6</sup> )	I (mm)	A (km <sup>2</sup> )	P (m X 10 <sup>6</sup> )	I (mm)	A (km <sup>2</sup> )	P (m X 10 <sup>6</sup> )
Uspunapa	2750	1800	4'400000	2250	4550	10'237500	2250	775	1'743750
	3000	1800	5'400000	1750	250	437500	2000	4025	8'050000
	2500	1200	3'000000	4800		10'675000	4800		9'793750
	1750	200	350000						
	4800	13'150000							
Solonuchil	3250	1350	4'387500	1750	1062	1'858500	2000	1350	2'700000
				2250	288	648000			
				1350		2'506500			
Calsadan	4250	25	106250	2750	125	343750	3250	125	406250
	3750	180	675000	1750	300	535000	2750	275	756250
	3250	250	812500	2250	375	2'131750	2250	380	2'205000
	2750	250	687500	1400		3'072500	1400		3'367500
	2250	625	1'563750						
	1400	3'845000							
Coatsacoalco	2625	1320	3'465000	1750	3100	5'475000	2000	350	1'400000
	2825	680	1'921000				2250	3150	1'817500
	3250	1100	3'275000					3100	6'737500
		3100	8'961000						

P R E C I P I T A C I O N

CONDICIONES EXTRAORDINARIAS

TORRENTA 1 (20-2500'70)			TORRENTA 2 (2-145'70)		
I (mm)	A (km <sup>2</sup> )	P (m X 10 <sup>6</sup> )	I (mm)	A (km <sup>2</sup> )	P (m X 10 <sup>6</sup> )
50	800	40000	225	750	168750
75	1350	101250	175	2200	385000
125	2450	306250	125	1850	211250
175	2900	350000	4800		785100
	4800	482500			
75	50	3750	225	550	123750
125	1000	125000	175	350	61250
175	300	52500	125	450	56250
	1350	181250	1350		241250
75	1000	75000	200	120	24000
50	140	7000	225	200	45000
125	250	32500	275	400	110000
	1400	85250	325	500	162500
			300	180	54000
			1400		335500
50	350	17500	375	100	37500
75	1350	101250	325	100	32500
125	1400	175000	275	200	55000
	3100	293750	225	630	141750
			200	2070	414000
			3100		680750

T A B L A III. B

## T A B L A III.C

GASTOS ( M<sup>3</sup>/seg. )

CORRIENTE	CONDICIONES MEDIAS			CONDICIONES EXTRAORD.	
	Máximo	Medio	Mínimo	Tormenta 1	Tormenta 2
Coatzacoalcos (parte alta)	1475.0	409.1	149.5	3682.0	7061.0
Solosuchil	104.3	51.5	21.4	164.7	219.2
Uxpanapa	312.6	220.0	77.6	438.7	713.9
Calzadas	91.4	63.3	13.3	74.7	359.6
TOTAL	1983.3	743.9	261.8	4621.9	8353.7

captación, respectivamente, y bajo el mismo patrón de condiciones medias y extraordinarias.

De los datos anteriores podemos establecer algunas observaciones:

- El afluente mayor es el Usapanapa que, para condiciones medias, aporta aproximadamente un 27% del escurrimiento que llega a la parte baja; en condiciones medias aporta el 26%; y en condiciones máximas, el 15%. Los demás afluentes de la margen derecha del Coatzacoalcos aportan aproximadamente un 7% para condiciones medias y mínimas; en condiciones máximas aportan solamente un 5%.

- En condiciones medias, los escurrimientos provenientes de la parte alta del Coatzacoalcos, oscilan entre el 50 y 70% del gasto total. Mientras que para condiciones extraordinarias de tormenta el Coatzacoalcos, a la altura de las Perlas, lleva más del 80% del gasto.

3.1.2 Régimen de Azolve del Río.- Dentro del afluente del río Coatzacoalcos, se presentan 3 tipos de transporte de material que son:

Transporte de Fondo: Es el transporte de arena, en la cual los granos de ésta ruedan ó resbalan uno sobre otro. Su movimiento es varia

ble, ya que no se encuentran necesariamente en movimiento continuo, mas aun, en muchos casos - permanecen en reposo la mayor parte del tiempo, debido a que el movimiento conciste en un cambio frecuente de diversas subcapas de varios -- centímetros de espesor y es durante esas fases de intercambio en las cuales los granos pueden permanecer estáticos.

Transporte en Saltación: Este se caracteriza por un movimiento de partículas, de la que -- parte del tiempo de ese movimiento, el grano -- viaja en suspensión para volver a caer en el -- fondo.

Transporte en Suspensión: Este tipo de --- transporte es necesario tomarlo en considera--- ción cuando existen posibilidades de presentarse procesos de sedimentación por floculación de las partículas que viajan en suspensión. Este -- tipo de transporte es muy difícil de evaluarlo en forma precisa, ya que la velocidad de caída de las partículas es, en el caso del Coatzacoalcos, menor que la que se presenta en el afluente, es decir, la velocidad de escurrimiento del río es suficientemente elevado como para contra rrestar una sedimentación por caída directa.

Para analizar el régimen de azolve del río, se procedió a hacer una evaluación teórica mediante la observación de los datos obtenidos de

aportes de material hechos en tramos rectos del Coatzacoalcos.

Estos datos se anexan en la tabla III.D -- donde se encuentran los gastos sólidos, ó transporte de fondo, máximos, medios y mínimos en --  $m^3/\text{seg.}$ ,  $m^3/\text{día}$ ,  $m^3/\text{mes}$  y  $m^3/\text{año}$  obtenidos en 4 secciones previamente elegidas. (ya que en éstas había información sobre la existencia de -- problemas de azolvamiento). Estas secciones son:

No. 1: Minatitlan.

No. 2: Entre el río Usapanapa e isla Yegue-ro.

No. 3: Aguas abajo después de la desembocadura del río Calzadas.

No. 4: Entre escolleras.

Con lo anterior podemos establecer que el régimen de azolvamiento en las secciones 1,2 y 3 son muy similares, y muy grande en comparación con la sección 4, donde se tiene una influencia de casi el 40%. Con esto se puede concluir, que por lo que toca al material de fondo en las secciones 1,2 y 3 ó en el tramo del río correspondiente a ellas, no existen problemas serios de azolvamiento. No así en la sección 4 donde pueden existir algunos problemas de azolvamiento sobre el canal de acceso a la dársena de Pajaritos, pudiendose controlar dragando en la entrada al canal fosas de desasolve.

T A B L A III, D'

## GASTOS SOLIDOS EN EL RIO COATZACOALCOS

Sección	Q (m <sup>3</sup> /seg)			Q (m <sup>3</sup> /día)			Q (m <sup>3</sup> /mes)			Q (m <sup>3</sup> /año)		
	Máx.	Med.	Mín.	Máx.	Med.	Mín.	Máx.	Med.	Mín.	Máx.	Med.	Mín.
1	0.0306	0.0103	0.0042	2643.8	889.9	362.9	79,314	26,697	10,887	951,768	320,364	130,644
2	0.0316	0.0122	0.0039	2730.2	1054.1	337.0	81,906	31,623	10,110	982,872	379,476	121,320
3	0.0274	0.0089	0.0014	2367.4	769.0	121.0	71,022	23,070	3,630	852,264	276,840	43,560
4	0.0390	0.0201	0.0083	3369.6	1736.6	717.1	101,088	32,098	21,513	1'213,056	625,176	25,815
							Q med. (m <sup>3</sup> /año)			% Influencia		
							320,364			20		
							379,476			24		
							276,840			17		
							<u>625,176</u>				20	
							1'601,856					100

### 3.2 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

La exploración y el muestreo del subsuelo ó del fondo tiene como objetivo, conocer la variación de éste con la profundidad y las propiedades de los suelos ó rocas encontradas.

Los métodos de exploración pueden ser directos ó indirectos. Los primeros son aquellos que con pruebas de penetración o de excavación con equipo mecánico o manual se obtienen muestras de suelo alteradas o inalteradas para definir sus características físicas o propiedades mecánicas. Los segundos son procedimientos que con base en la Geofísica, que utiliza diferentes métodos de transmisión de ondas así como aparatos de medición de resistividad eléctrica, permiten inferir el tipo de roca o suelo y el espesor del estrato.

Los métodos de excavación pueden ser desarrollados por medios manuales ó mecánicos. En los primeros podemos hacer referencia a los pozos a cielo abierto, a las trincheras y a los socavones en donde en donde el muestreo puede ser inalterado a base de muestras cúbicas (fig. 1) o alterado. Los sondeos con equipo mecánico se hacen a base de percusión e hincado de barras lisas (fig.2) ó por medio de rotación e inyección hidráulica, con diferentes accesorios para el corte, y barras lisas ó helicoidales, (fig.3)

Fig. 1 Obtención de muestras cúbicas

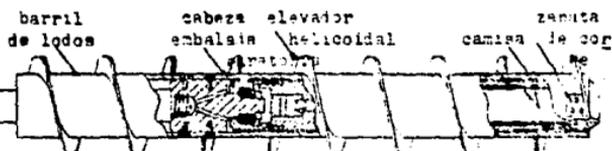
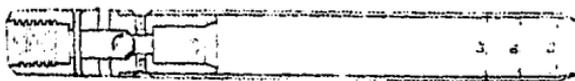


Fig. 2 Barra helicoidal



Tubo Shelby

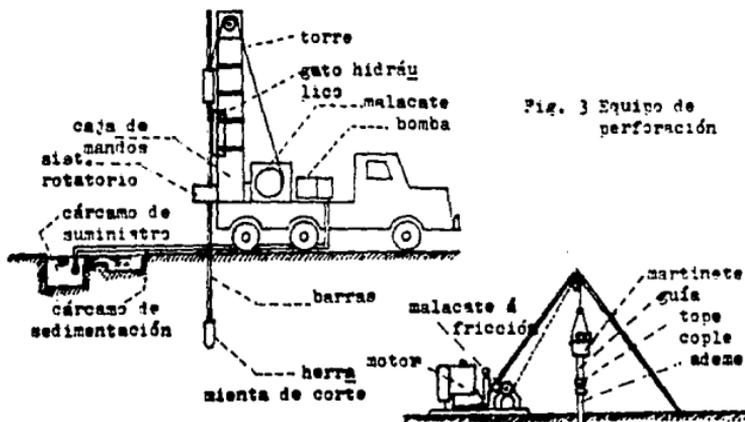


Fig. 3 Equipo de perforación

Fig. 4 Prueba de penetración estándar

herramienta de corte

en donde el muestreo puede ser alterado ó inalterado.

Uno de los tipos de sondeos más usados en México, es el sondeo de penetración estandar. Conciste en un tubo muestreador que se hincó a percusión y rescata muestras alteradas para identificar los suelos y realizar pruebas indice.

La prueba de penetración conciste en hincar el penetrómetro estandar 45 cm. empleando una masa de golpeo de 64 kg. con caída libre de 75 cm. contando el número de golpes para 3 segmentos de 15 cm. Se define la resistencia a la penetración como el número n de golpes en los últimos 30 cm.; si el penetrómetro no se puede hincar los 45 cm. la prueba se suspende cuando se han alcanzado 100 golpes y por extrapolación se deduce el número de golpes n. Estos datos se correlacionan con la resistencia al corte del suelo. Su campo de aplicación abarca los materiales granulares finos, pero en ocasiones es usado en suelos cohesivos (fig.4).

Con la finalidad de conocer las características del subsuelo existentes en la zona de Pajaritos (muelle No. 8 y 9), se procedió a realizar 6 sondeos a lo largo de la zona próxima a excavar.

Estos sondeos se realizaron hasta una profundidad de 25.45 m. los cuales fueron marcados con los números 5341 al 5346 (tabla III.E).

Se obtuvieron muestras del tipo inalterado por medio del tubo Shelby hincado a presión, así como muestras en estado alterado recuperado por medio del tubo de penetración estandar hincado a golpe; siendo registrado el número de golpes para avanzar 30 cm. dentro del estrato del suelo.

En la fig. 5 se muestra la localización de los sondeos.

3.2.1 Trabajos de Laboratorio.- Para poder clasificar y analizar las muestras obtenidas se determinaron las siguientes características:

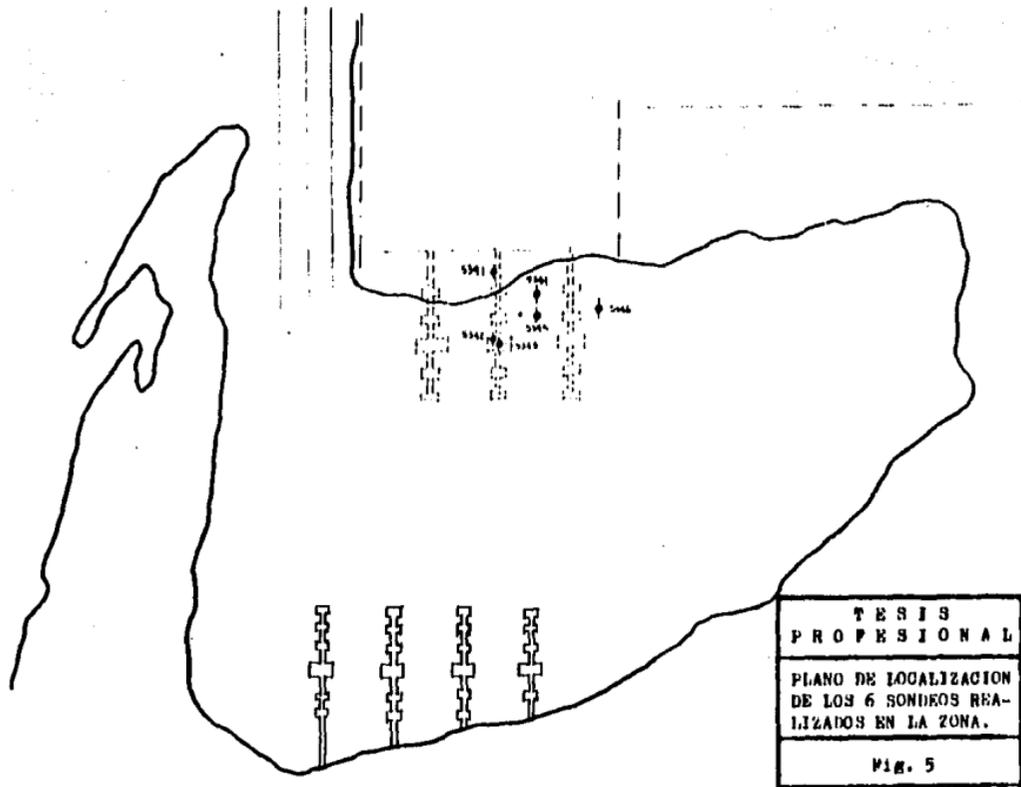
- A) Contenido de agua.
- B) Límites de Atterberg.
- C) Densidad de sólidos.
- D) Análisis granulométrico.
- E) Esfuerzo cortante.
- F) Deformaciones.

Estas características se explican de manera general a continuación:

A) El contenido de humedad en la muestra se obtiene dividiendo el peso del agua que posee la misma entre el peso del material previa-

T A B L A III.E  
 SONDEOS REALIZADOS EN LOS  
 MUELLES 8 Y 9 (1a fase)  
 Pajaritos, Ver.

Sondeo No.	Coordenadas		Profundidad	Elevacion Boca Sondeo	Elevacion N.A.P.
5341	S - 3903.49	E - 1834.60	23.45 m.	+4.30 m.	3.45 m.
5342	S - 3985.00	E - 1645.00	24.45	+4.26	3.56
5343	S - 3956.46	E - 1634.63	20.45	+2.86	1.53
5344	S - 3778.18	E - 1785.13	25.45	+5.19	4.19
5345	S - 3890.25	E - 1775.42	25.45	+3.74	2.84
5346	S - 4000.16	E - 1830.11	20.45	+2.29	0.99



<p style="text-align: center;">T E S I S P R O F E S I O N A L</p>
<p style="text-align: center;">P L A N O D E L O C A L I Z A C I O N D E L O S 6 S O N D E O S R E A - L I Z A D O S E N L A Z O N A .</p>
<p style="text-align: center;">F i g . 5</p>

mente secado al horno. Este valor se expresa en valor decimal.

B) Los límites de Atterberg determinan las propiedades plásticas de las arcillas, es decir, un suelo arcilloso con un alto contenido de agua se comporta como un líquido. Al perder agua va aumentando de resistencia hasta tener un estado plástico fácilmente moldeable, al continuar el secado llega a adquirir un estado semisólido hasta finalmente el sólido.

Estos cambios de estado que se producen gradualmente, fijan los límites entre uno y otro arbitrariamente, es decir, el límite líquido ( $l_w$ ) es el contenido de agua tal que para un material dado fija la división entre el estado casi líquido y el plástico; el límite plástico ( $P_w$ ), es el contenido de agua que limita el estado plástico del estado resistente semisólido.

C) La densidad relativa de un material se define como la relación entre el peso de los sólidos del material y el peso del volumen de agua que dichos sólidos desalojan.

D) La determinación de la granulometría -- consiste en separar y clasificar por tamaños -- los granos que lo componen. El análisis granulométrico se hace en 2 etapas:

1.- Por medio de una serie de tamices para tamaños grandes, medianos y partículas, donde ciertas cantidades de material es retenido en cada uno de los tamices, que posteriormente es pesado, y que, comparado con el peso total de la muestra, se obtienen sus porcentajes del total.

2.- Por medio de un proceso de via húmeda para granos finos que se basa en el comportamiento granular en suspensión dentro de un líquido al sedimentarse. Conciste esencialmente en una serie de mediciones en la suspensión del suelo, hechas durante el proceso de sedimentación.

E) La resistencia al esfuerzo cortante de los suelos más blandos se obtuvieron durante las pruebas de compresión triaxial. Esta prueba nos proporciona la relación entre los esfuerzos normales a la que está sujeta la masa del suelo y su resistencia al esfuerzo cortante mediante el uso de la Ley de Coulomb:

$$T = N \tan \phi + C$$

donde:

T = esfuerzo cortante que resiste el suelo cuando se le sujeta al esfuerzo normal.

N = esfuerzo normal aplicado al suelo.

$\phi$  = ángulo de fricción interna.

C = cohesión.

F) Las pruebas de consolidación nos permiten conocer las deformaciones que se presentan en un suelo saturado al ser sometido a una carga, es decir, se puede conocer el asentamiento total que sufrirá un suelo mediante la acción de una carga y el asentamiento que tendrá en un tiempo determinado.

3.2.2 Resultados. - Con lo anterior se obtuvieron los siguientes resultados:

- A) Perfil estatigráfico de la zona, donde se tienen registrados el número de golpes necesarios para poder penetrar a 30 cm.; su contenido de agua; límite líquido; límite plástico; densidad de sólidos; profundidad de dragado; nivel de piso (inicial y terminado) y clasificación en porcentaje de material a cada metro.
- B) Análisis granulométrico para el material comprendido entre la malla no. 4 - al no. 200.
- C) Círculos de Mohr, donde se representa la relación de esfuerzos cortantes con esfuerzos normales; gráficas comparativas de esfuerzos-deformación.
- D) Gráficas comparativas de cargas-relación de vacíos, así como deformaciones unita

rias en porcentaje contra tiempo en segundos.

E) Estabilidad de taludes.

Analizando los resultados se tiene que para la zona comprendida en el muelle no.8 se localizó, en la superficie del terreno, una arcilla café obscura blanda de alta plasticidad de un metro de espesor.

Posteriormente se encontró una arcilla arenosa de baja plasticidad, blanda, con espesores variables entre 2 y 6 m.

Subyacen a la capa anterior arcillas blandas de alta plasticidad, baja resistencia y alta compresibilidad con espesores entre 9 y 12m.

A partir entre la profundidad variable entre 14 y 15.5m. (correspondiente a la elevación de -12m. referidos al nivel de piso inicial) se encuentran arenas arcillosas-limosas de compacidad media a densa, con espesores entre 6 y 7.5m. (elevaciones -17.5 y -19m.).

El último estrato explorado está constituido por una arena arcillosa gris muy densa, con resistencia a la penetración mayor a los 50 golpes.

Dentro de la zona comprendida en el muelle

SIMBOLOS COMPLEMENTARIOS PARA FORMULAR  
LOS REGISTROS DE CAMPO.

ROCAS

	Arenisca
	Conglomerado
	Pizarra
	Caliza
	Coral
	Lutita
	Gneiss
	Esquistos
	Cuarcita
	Dolomita
	Mrmar
	Granito
	Diorita
	Garbo
	Riolita
	Andesita

	Basalto
---	---------

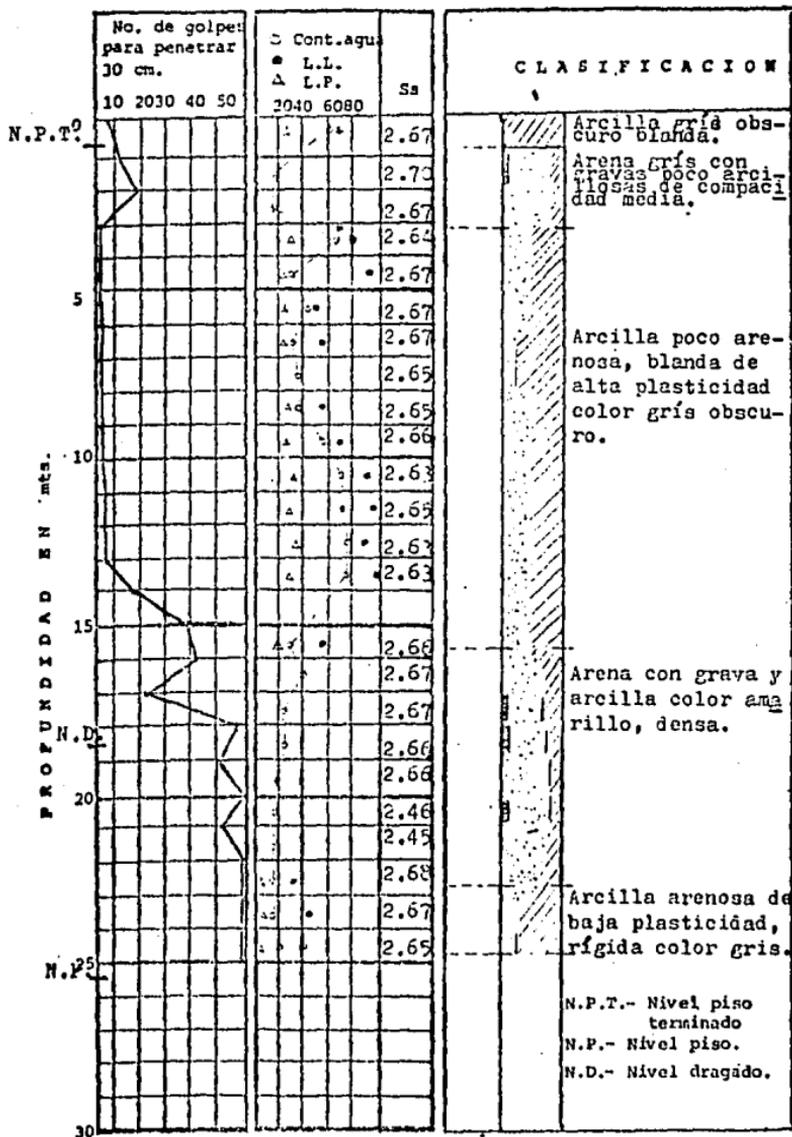
SUELOS

	Arcilla
	Limo
	Arena
	Grava
	Boleos
	Relleno
	Raices
	Turba
	Conchas y Fósiles

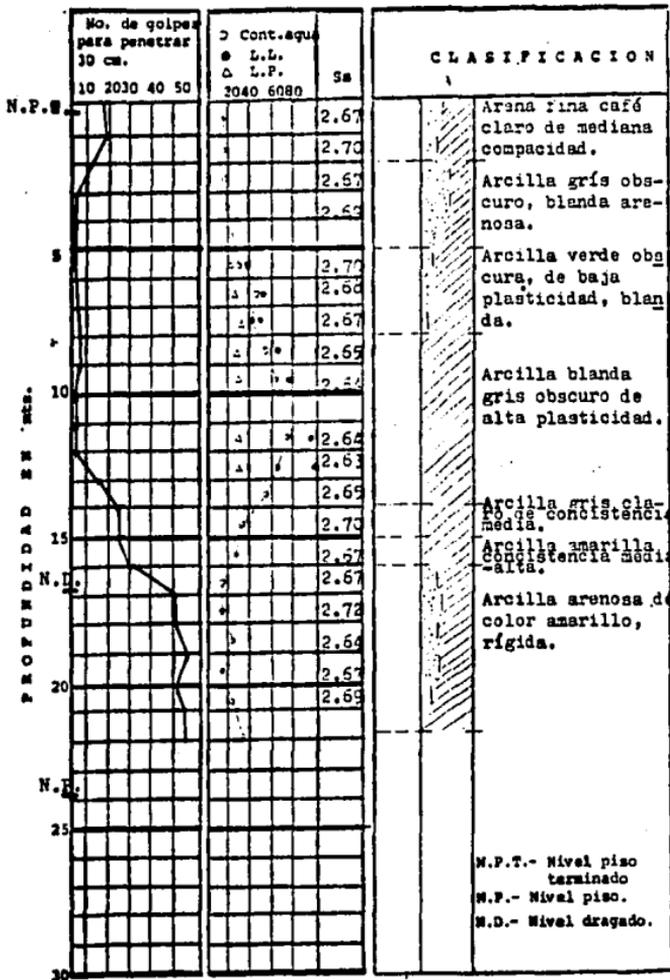
VARIOS

	Nivel Freático
	Superficie terreno
	Concreto
	Diámetro

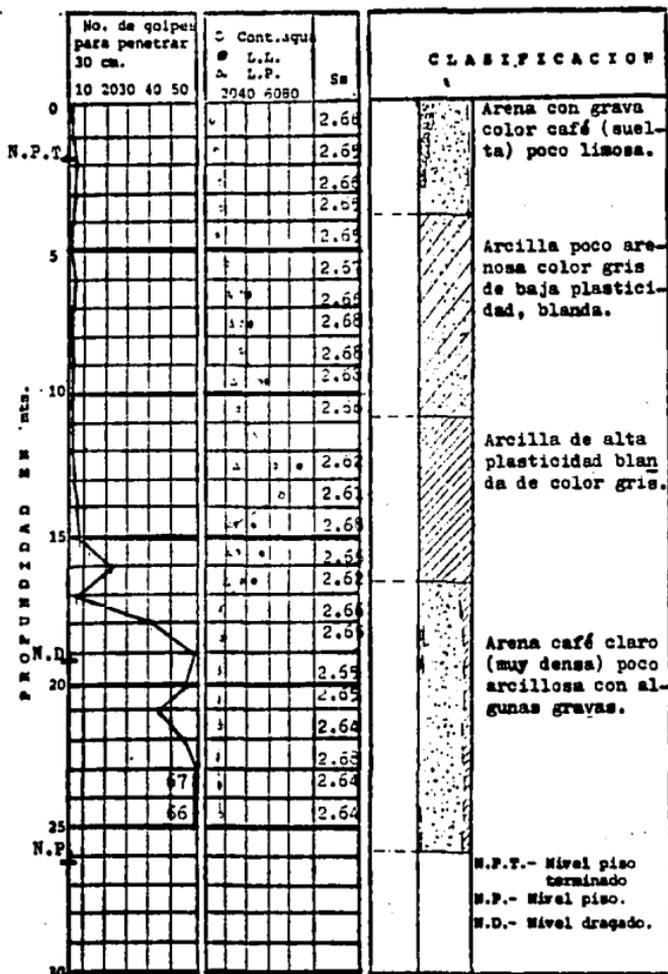




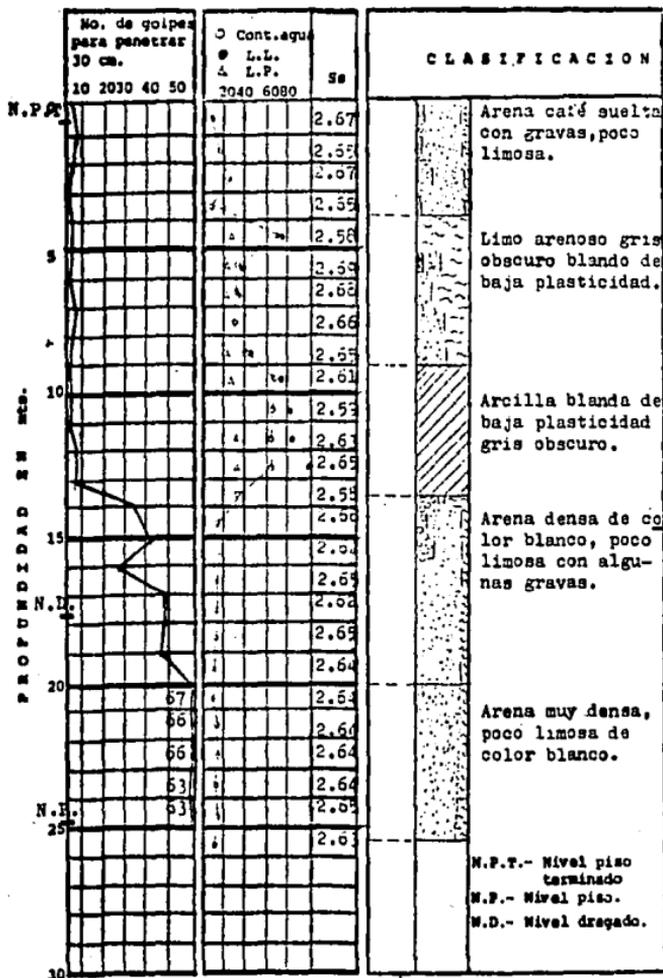
TESIS PROFESIONAL	CORTE ESTRATIGRAFICO	
	SONDEO No. 5342	
	MUELLE No. 8	PAJARITOS VER.



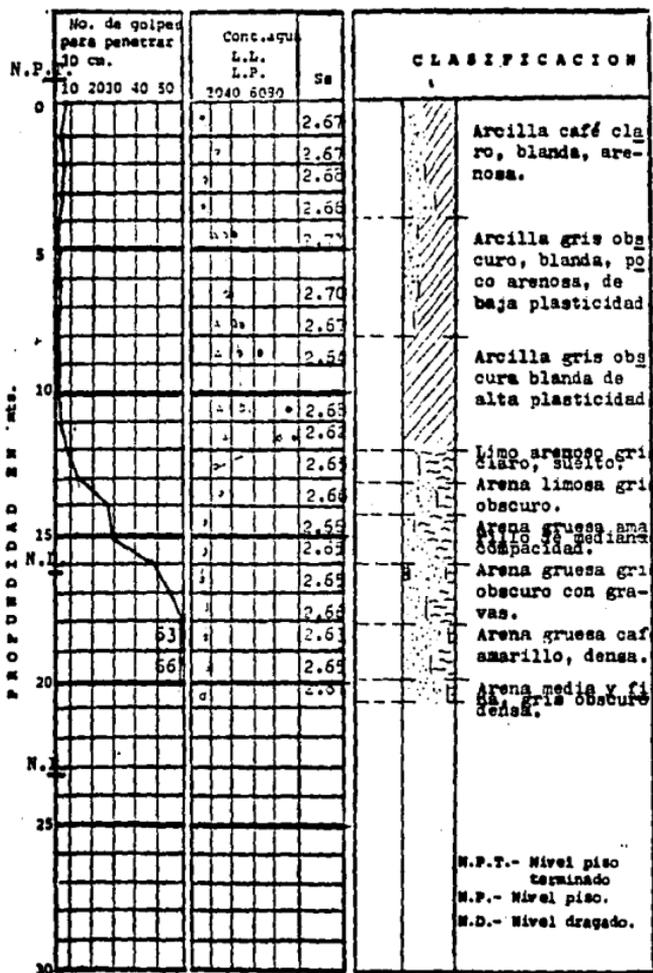
<b>TESIS PROFESIONAL</b>	CORTE ESTRATIGRAFICO	
	SONDEO No. 5343	
	MUELLE No. 3	PAJARITOS VER.



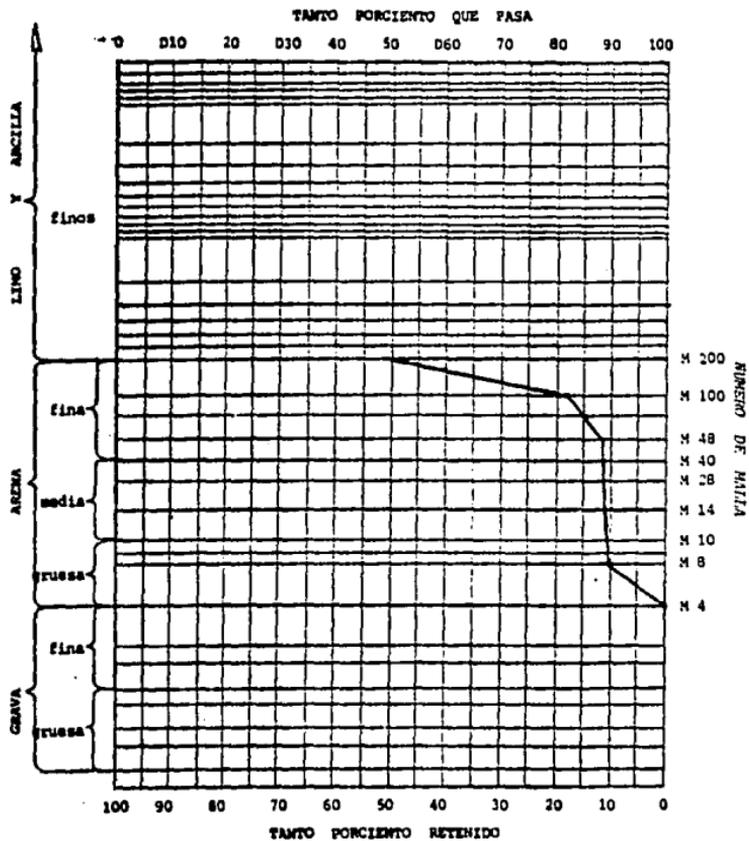
TESIS PROFESIONAL	CORTE ESTRATIGRAFICO	
	SONDEO No. 5344	
	MUELLE No. 9	PAJARITOS VER.



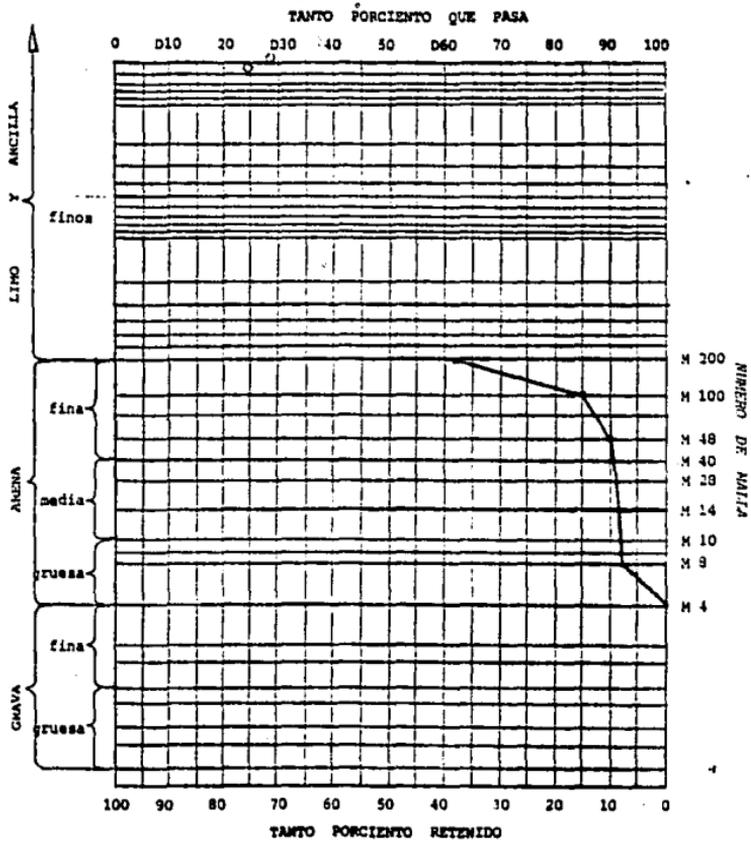
TESIS PROFESIONAL	CORTE ESTRATIGRAFICO	
	SONDEO No. 5345	
	MUELLE No. 9	PAJARITOS VER.



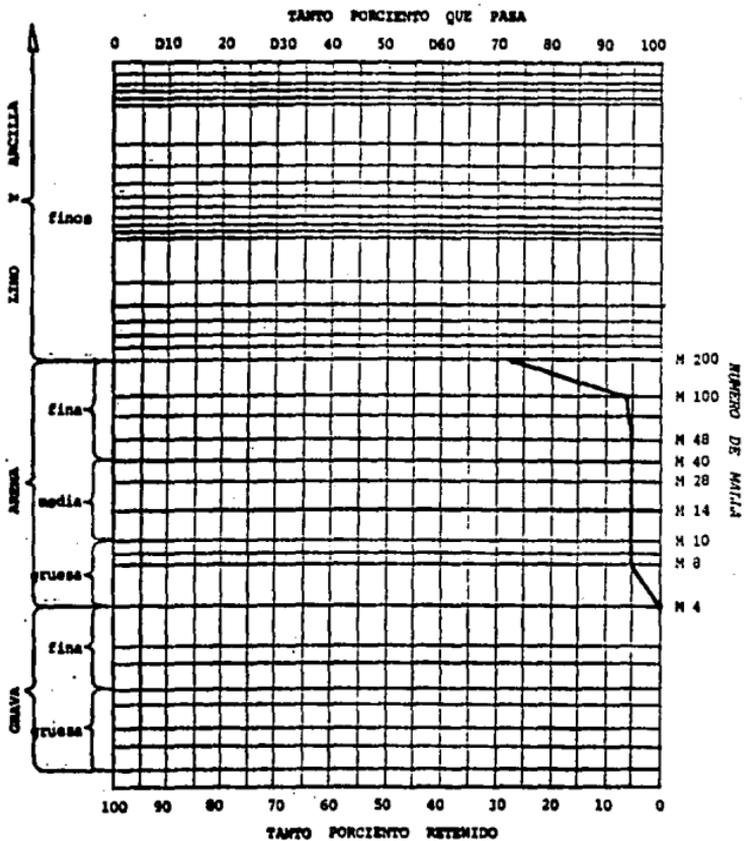
<b>TESIS          PROFESIONAL</b>	CORTE ESTRATIGRAFICO	
	SONDEO No. 5646	
	MUELLE No. 9	PAJARITOS VER.



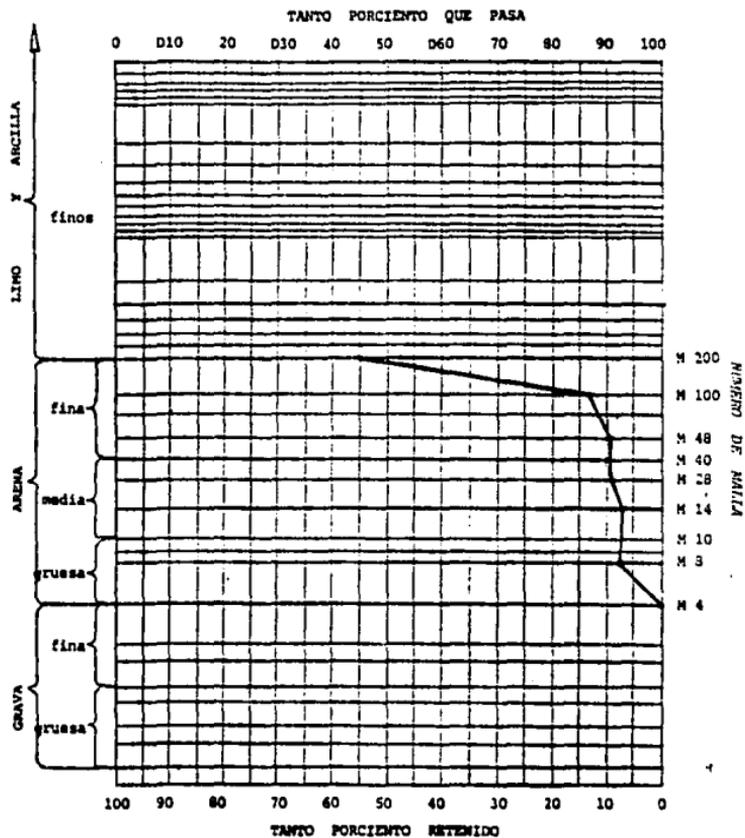
<b>TESIS PROFESIONAL</b>	ANALISIS GRANULOMETRICO	
	SONDEO No. 5343	
	MUELLE No. 8	PAJARITOS VER.



<b>TESIS PROFESIONAL</b>	ANALISIS GRANULOMETRICO	
	SONDEO No. 5344	
	HUELLE No. 9	PAJARITOS VER.



<b>TESIS PROFESIONAL</b>	ANALISIS GRANULOMETRICO	
	SONDEO No. 5345	
	MUELLE No. 9	PAJARITOS VER.



<b>TESIS PROFESIONAL</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
	SONDEO No. 5346	
	MUELLE No. 9	PAJARITOS VER.

PRUEBA No.	W1 %	W2 %	$\sigma_1$	$\sigma_2$	G1 %	G2 %	$\sqrt{3}$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sqrt{3}$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_{11}$ T/m	PARAMETRO RESIST. A "V"
1	28.3		0.717		100		0.5	1.328	2.010	V= T/m <sup>2</sup>
2	27.7		0.732		100		1.0	1.340	1.991	
3	27.8		0.702		100		2.0	1.595	2.012	
4	26.8		0.699		100		1.0	2.351	2.001	
5										
6										

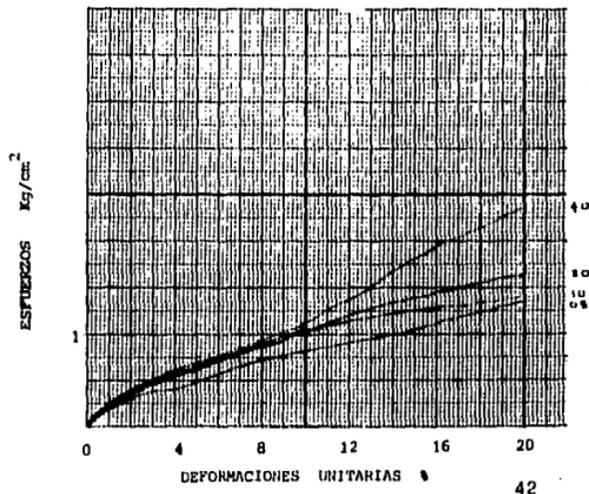
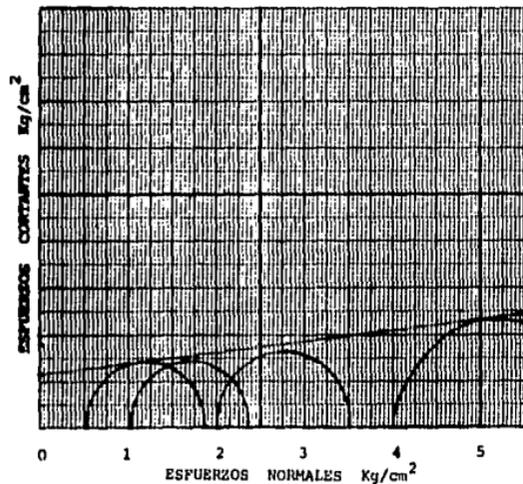
TESIS  
PROFESIONAL.

CIRCULOS MOHR, COMPRESION TRIAX.

SCHREO No. 5341

MUELE No. 8

PAJARITOS VER.



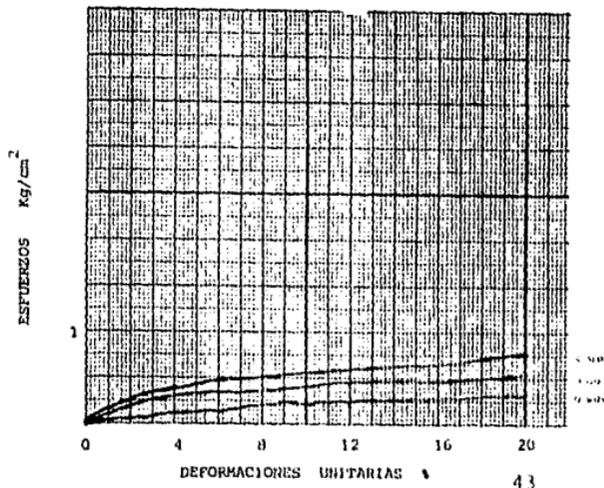
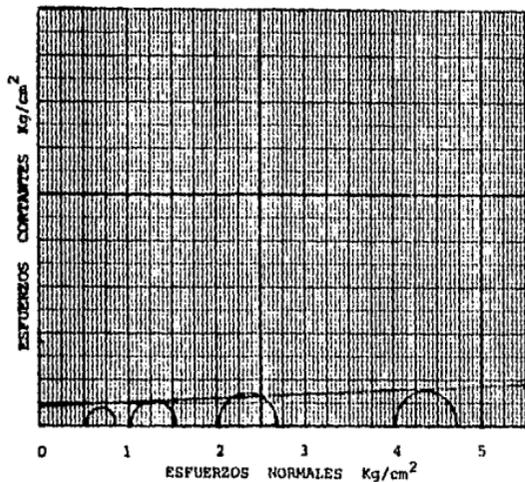
PRUEBA No.	W <sub>i</sub>	W <sub>f</sub>	a <sub>i</sub>	a <sub>f</sub>	G <sub>i</sub>	G <sub>f</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	PARAMETRO RESIST. A "v"
	%	%			%	%	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	T/m	
1	39.4		1.021		100		0.5	0.324	1.642	v = 2.5 T/m <sup>2</sup>
2	42.1		1.042		100		1.0	0.550	1.887	
3	42.3		1.095		100		2.0	0.725	1.815	
4	41.4		0.798		100		4.0	0.736	1.889	
5										
6										

TESIS  
PROFESIONAL

CIRCULOS MOHR, COMPRESION TRIAX.

SONDEO No. 5342

MUEJLE No. 8 PAJARITOS VER.



PRUEBA No.	W1 %	WF %	$\sigma_1$	$\sigma_f$	GI	Gf	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub>	$\gamma_f$	PARAMETRO RE- SIST. A "V"
					g	g	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	T/m	
1	110.2		2220		100		0.8	0.664	1.657	V = 3.0 T/m <sup>2</sup>
2	58.51		1419		100		1.0	0.633	1.659	
3	58.18		1513		100		2.0	0.663	1.662	
4	58.51		1500		100		4.0	0.670	1.659	
5										
6										

T  
Y

T E S I S  
P R O F E S I O N A L

---

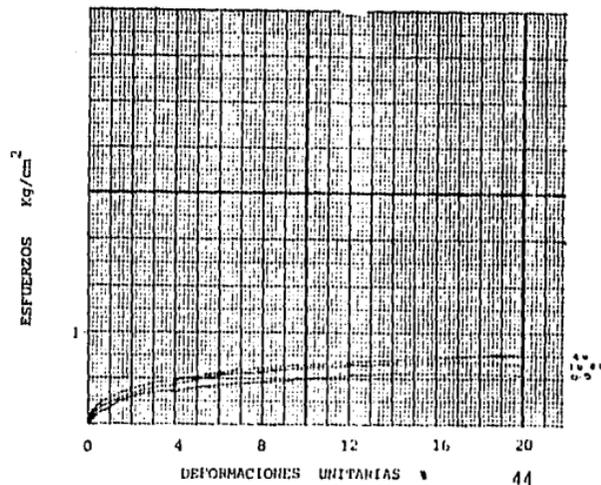
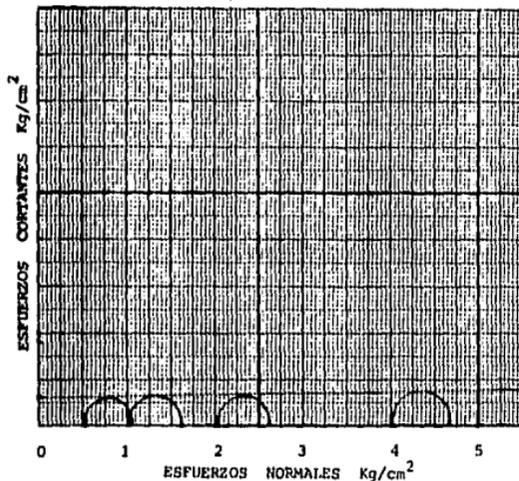
CIRCULOS MOHR, COMPRESION TRIAX.

---

SONDEO No. 5343

---

MUELLE No. 8      PAJARITOS VER.



PRUEBA No.	W1 %	Wf %	$\epsilon_1$	$\epsilon_f$	G1 %	Gf %	$V_3$ Kg/cm <sup>2</sup>	V. V <sub>3</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma'_{11}$ T/m <sup>2</sup>	PARAMETRO RESIST. A "V"
1	38.4		1.069		98.2		0.5	0.580	1.827	V = 3.7 T/m <sup>2</sup>
2	18.4		0.680		73.8		1.0	0.840	1.926	
3	20.1		0.665		91.7		2.0	1.100	1.890	
4	20.3		0.639		95.3		4.0	1.666	1.921	
5										
6										

TESIS  
PROFESIONAL

---

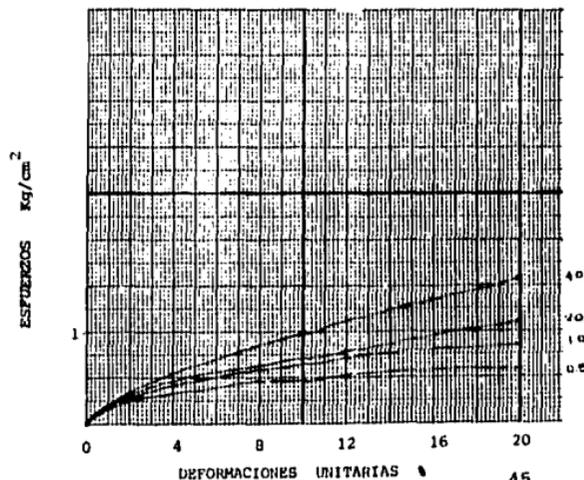
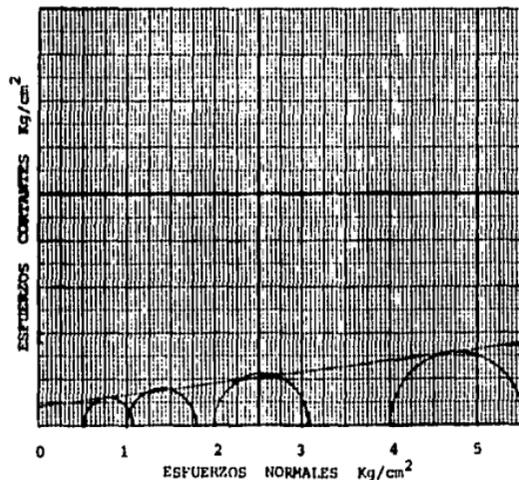
CIRCULOS MOHR, COMPRESION TRIAX.

---

SONDEO No. 5347

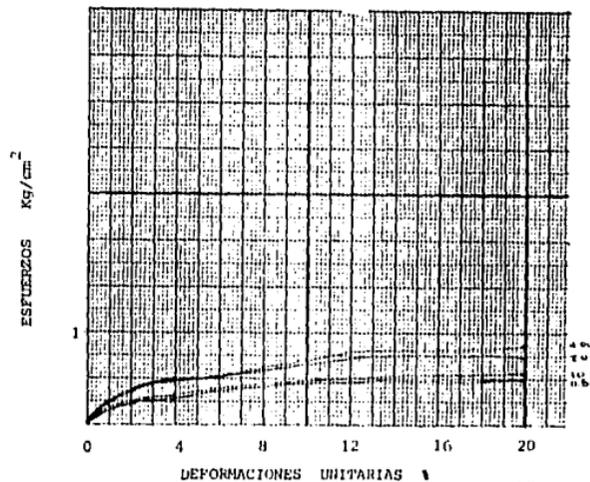
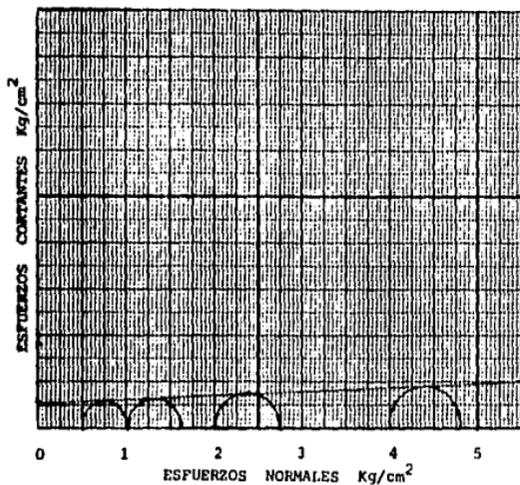
---

MUELLE No. 9 PAJARITOS VER.



PRUEBA No.	Wl	Wf	$a_1$	$a_f$	Gl	Gf	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub>	$\gamma_1$	PARAMETRO RESIST. A "v"
	g	g			g	g	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	T/m	
1	5714		0.914		100		0.5	0.55	1.918	V = 5.5 T/m <sup>2</sup>
2	38.50		0.974		100		1.0	0.66	1.877	
3	26.00		0.920		100		2.0	0.74	1.898	
4	31.03		0.943		100		4.0	0.82	1.889	
5										
6										

TESIS PROFESIONAL	
CIRCULOS MOHR, COMPRESION TRIAX.	
SONDEO No. 5345	
HUELE No. 9	PAJARITOS VER.



PRUEBA No.	W1 %	Wf %	$e_l$	$e_f$	GI %	GF %	$V_s$ Kg/cm <sup>2</sup>	$V_r, U_s$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_{11}$ T/m	PARAMETRO RESIST. A "V"
1	442		1.19		100		0.5	0 415	1.700	V = T/m <sup>2</sup>
2	455		1.19		100		1.0	0 450	1.790	
3	448		1.13		100		2.0	0 468	1.812	
4	433		1.12		100		4.0	0 613	1.809	
5										
6										

T E S I S  
P R O F E S I O N A L

---

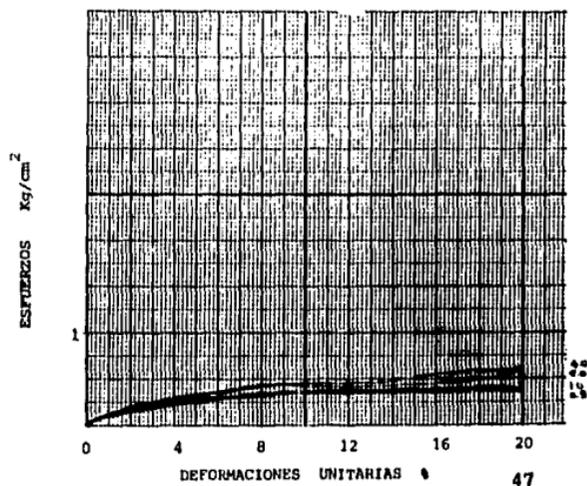
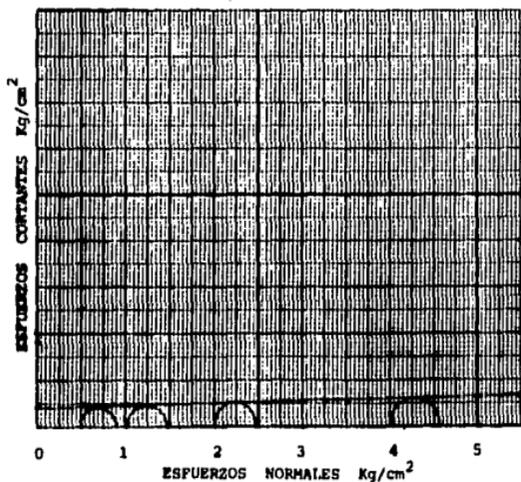
CIRCULOS MOHR, COMPRESION TRIAX.

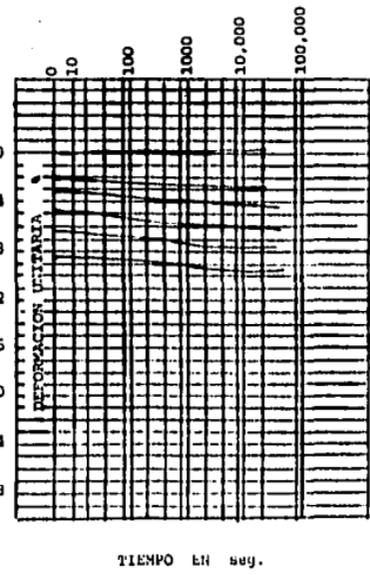
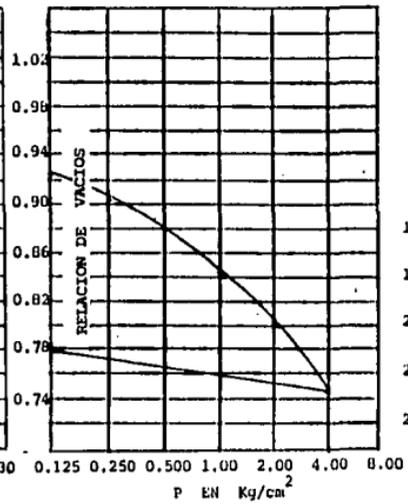
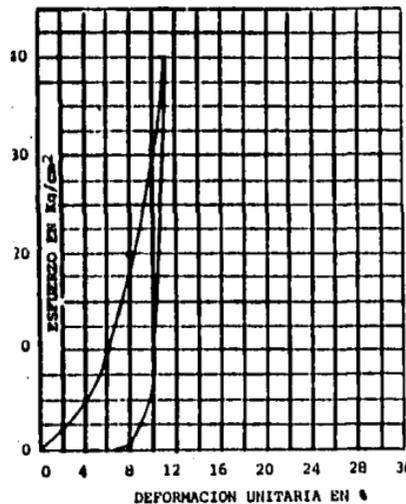
---

SONDEO No. 534b

---

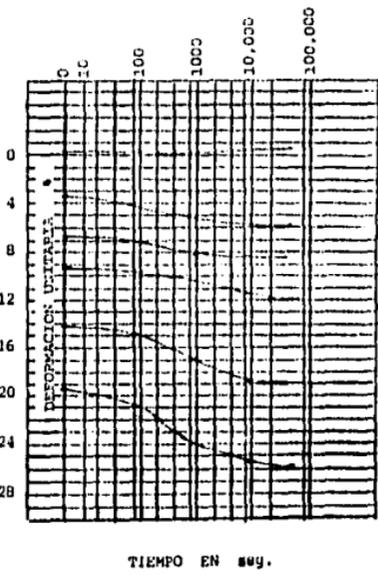
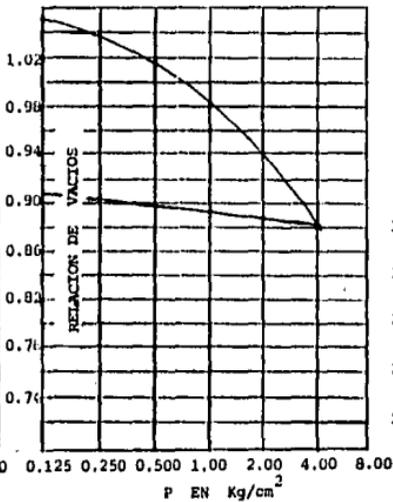
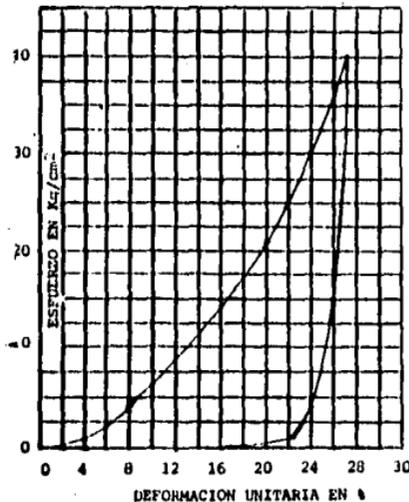
MUEBLE No. 9      PAJARITOS VER.





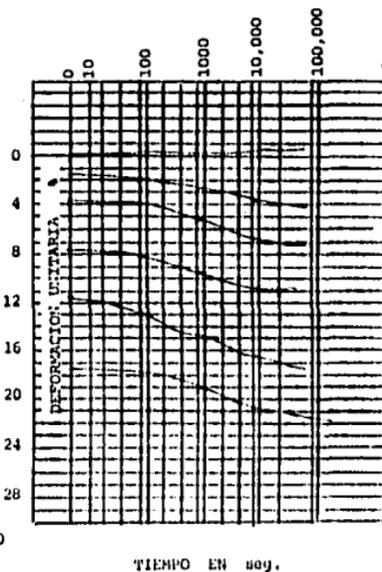
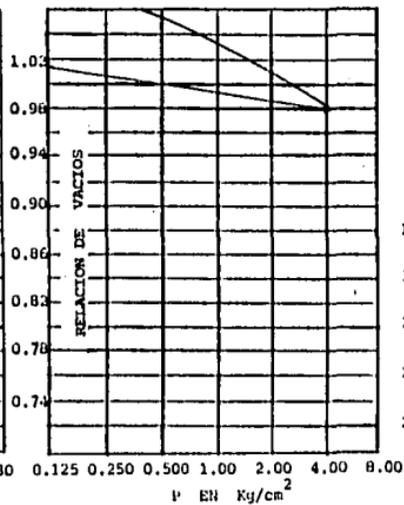
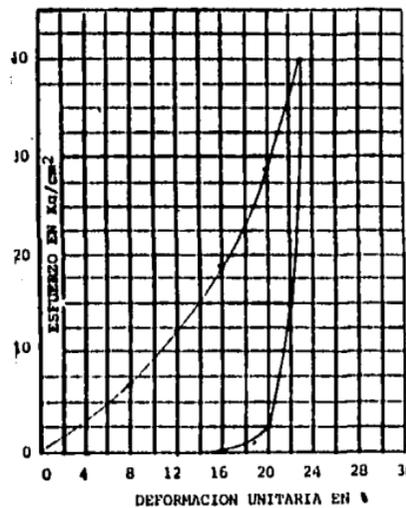
W inicial 85.4 %  
 W final 51.7 %  
 e inicial 0.959  
 e final 0.815  
 Sat. inicial 98.28 %  
 Sat. final 100.0 %

TESIS PROFESIONAL	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL	
	SONDEO No. 5341	
	MUELE No. 8	PAJARITOS VER.



W inicial 57.98 %  
 W final 51.25 %  
 e inicial 1.586  
 e final 1.179  
 Sat. inicial 96.47 %  
 Sat. final 100.0 %

TESIS PROFESIONAL	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL	
	SONDEO No. 5342	
	MUELLE No. 8	PAJARITOS VEN.



W inicial 53.51 %  
 W final 48.07 %  
 e inicial 1.675  
 e final 1.229  
 Sat. inicial 98.22 %  
 Sat. final 100.0 %

50

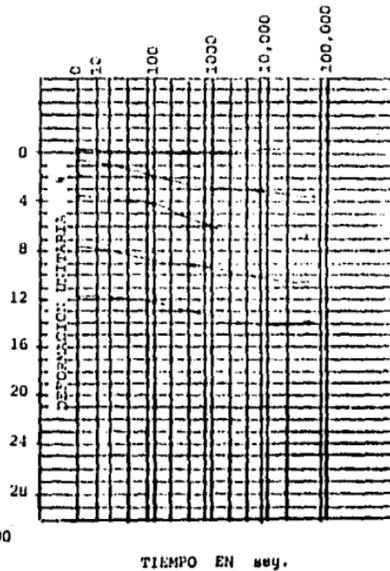
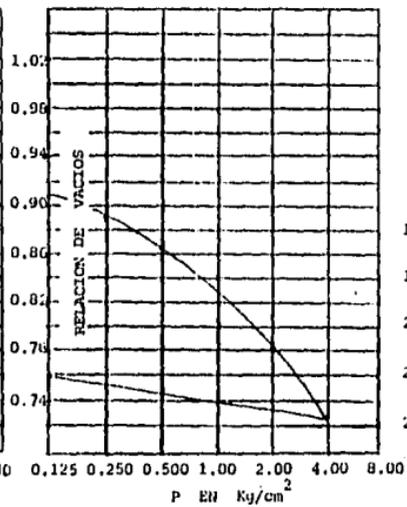
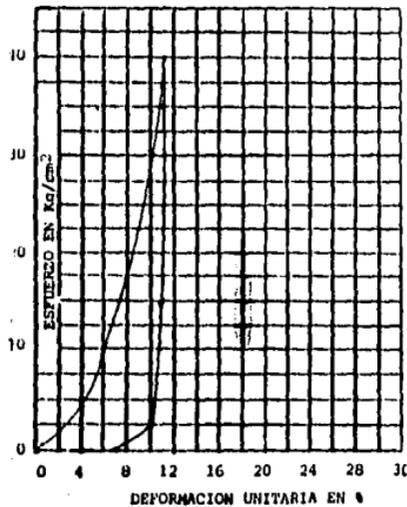
TESIS  
 PROFESIONAL

CONSOLIDACION UNIDIRECCIONAL

SERIE NO. 5533

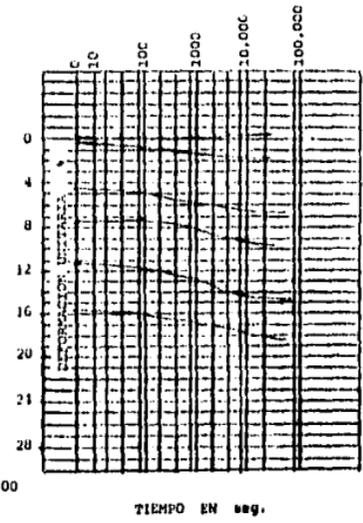
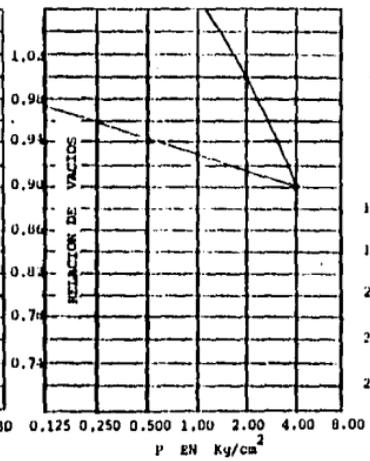
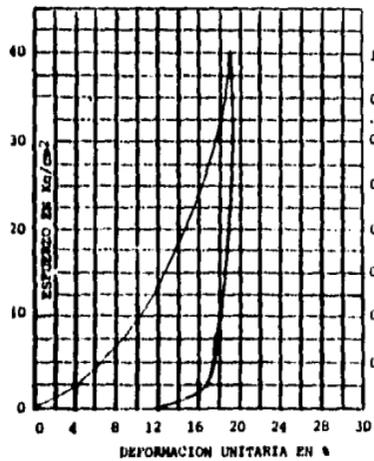
MUELE NO. 8

PAJARETOS VER.



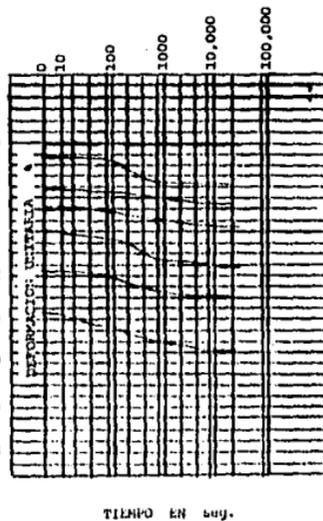
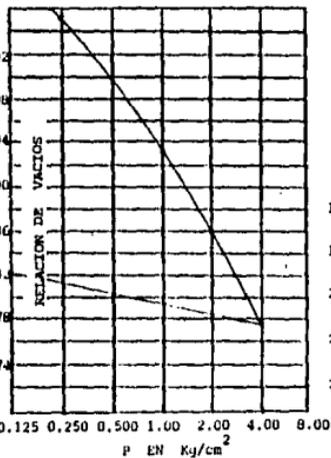
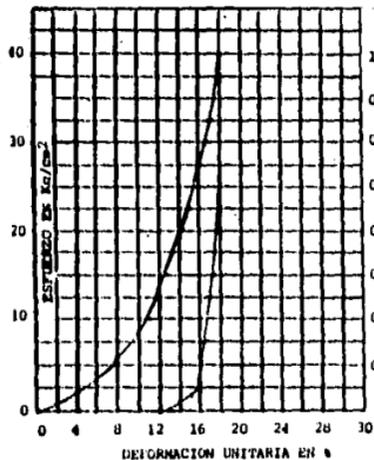
W inicial 35.79 %  
 W final 52.08 %  
 e inicial 0.952  
 e final 0.821  
 Sat. inicial 99.66 %  
 Sat. final 100.0 %

<b>TESIS PROFESIONAL</b>	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL	
	SONDEO No. 5344	
	MUELLE No. 9	PAJARITOS VER.



W inicial 49.46 %  
 W final 41.96 %  
 e inicial 1.384  
 e final 1.085  
 Sat. inicial 91.05 %  
 Sat. final 101.0 %

TESIS PROFESIONAL	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL	
	SONDEO No. 5545	
	MUELLE No. 9	PAJARITO VER.



W inicial 47.71 %  
 W final 35.04 %  
 e inicial 1.170  
 e final 0.914  
 Sat. inicial 95.51 %  
 Sat. final 101.0 %

53

TESIS PROFESIONAL	CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL	
	SERIE No. 5246	
	MUELE No. 9	PAJARITOS VER.

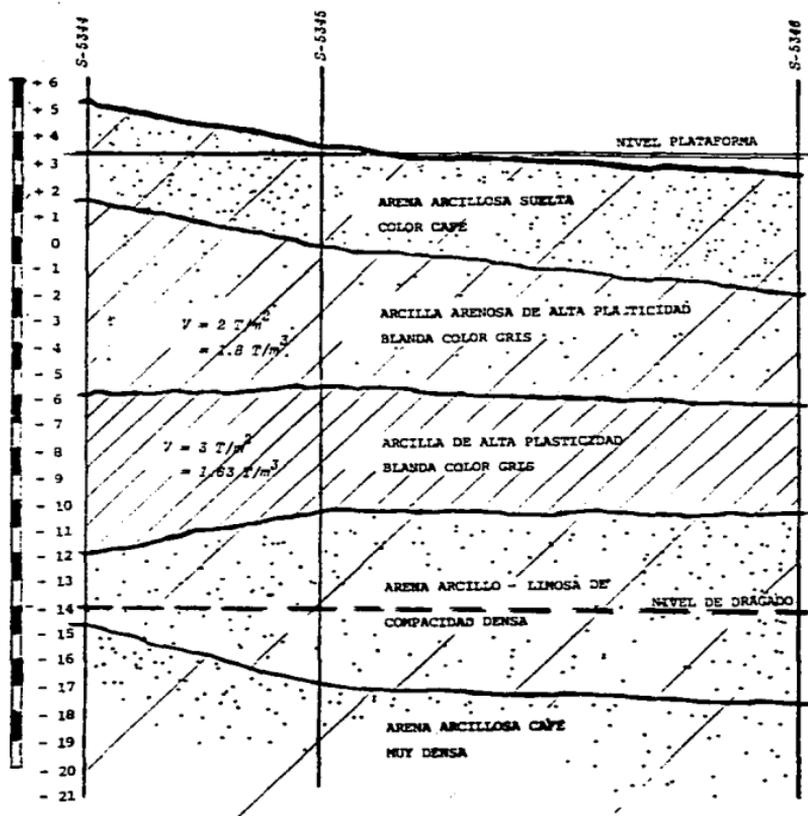
no.9 se encontró, desde la superficie del terreno y hasta los 3.5 m. de profundidad, una arena con grava poco limosa en estado suelto de color café obscuro.

A partir de los 3.5m. se localizó una arcilla poco arenosa de color gris, de baja plasticidad y consistencia blanda, con espesor variable de 5 a 7 m.

El subsuelo que subyace al estrato anterior se clasificó como arcilla de alta plasticidad, blanda, de color gris; éste estrato es el más - compresible y menos resistente del area y presenta un espesor variable de 4 a 6 m.

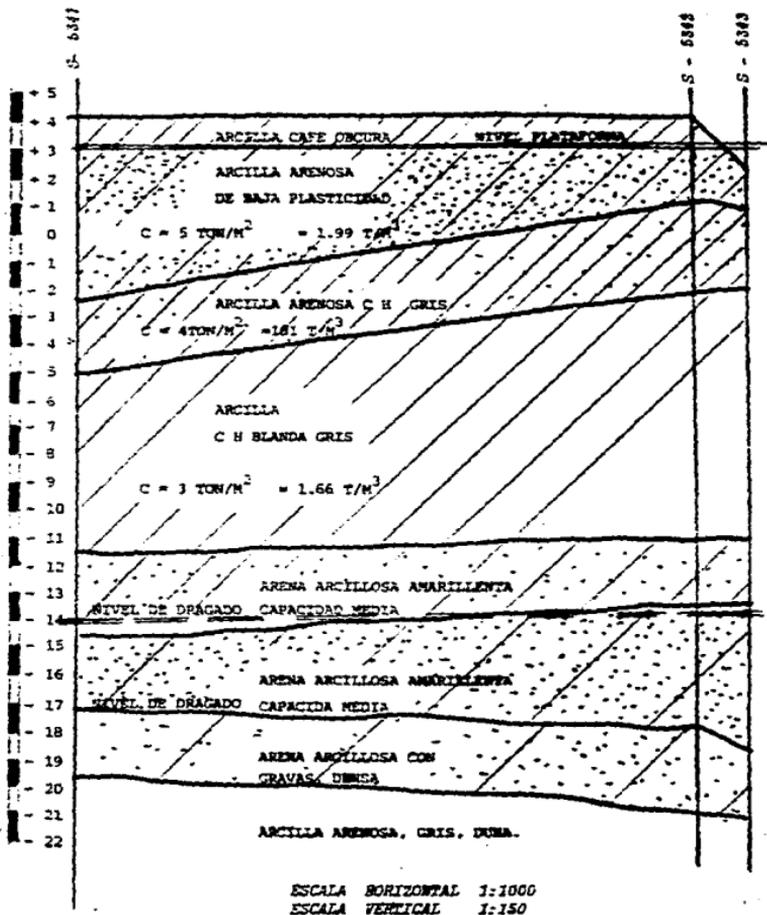
A partir de los 13.5 á 16.5 m. aumentó el número de golpes en penetración estandar a 30 en promedio, debido a una arena café claro que se densifica con la profundidad, clasificandose como arena muy densa, ya que se registran más - de 50 golpes en penetración estandar a partir - de los 19 m. de profundidad ( figs. 6 y 7 ).

Finalmente, por lo que toca a la estabilidad de taludes, la diferencia entre la elevación -14(nivel de dragado) y +3.30(nivel plataforma) se encontró que para un F.S. mayor a -- 1.5 se requiere que ésta sea de 1:4.

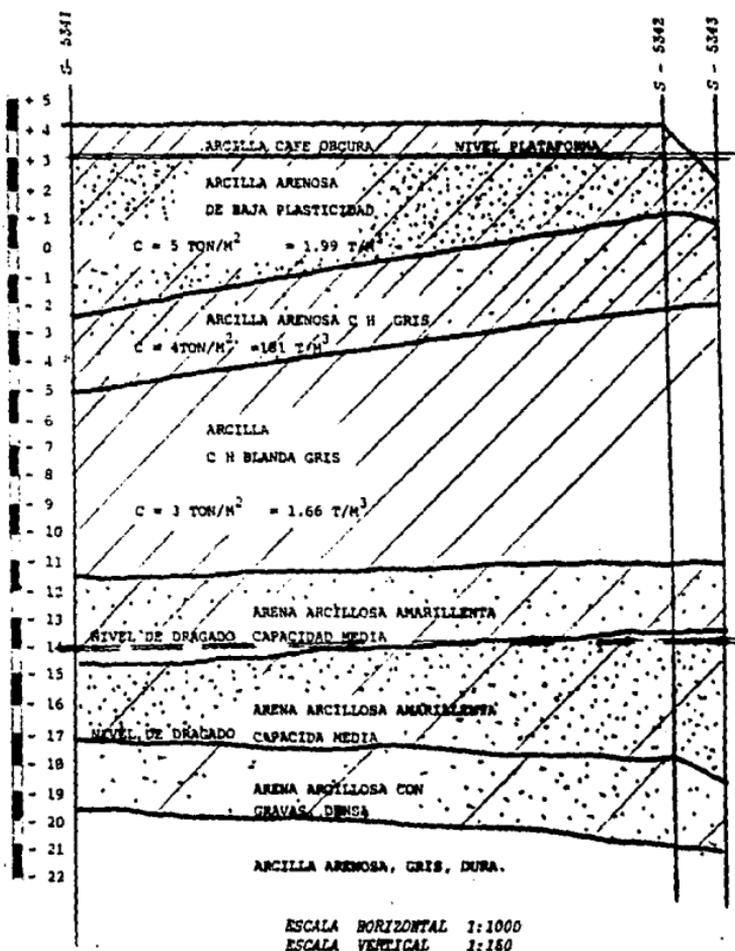


ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:150

<b>TESIS PROFESIONAL</b>	CONFIGURACION DEL SUBSUELO	
	fig. 5	
	NUELLS No. 8	PAJARITOS VER.



TESIS PROFESIONAL	CONFIGURACION DEL SUBSUELO	
	Fig. 7	
	MUELE No. 9	PAJARITOS VER.



TESIS PROFESIONAL	CONFIGURACION DEL SUBSUELO	
	fig. 7	
	NIVELLE No. 9	PAJARITOS VER.

### 3.2.3 Comentarios Aplicados al Dragado.-

En muchas ocasiones los resultados superfluos a base de una impresión del suelo a simple tae to, mas una buena dosis de experiencia y otra tanta de buena suerte, eran base de criterio pa ra seleccionar los artefactos necesarios para la ejecución de la obra. Incluso en nuestros días, éste tipo de evaluaciones sirven de base para algunos trabajos costosos de dragado, en especial los de mantenimiento, puesto que los dragados son continuos y evita el sucesivo aná lisis de material nuevo que se presenta.

Esto indica que muchos aspectos de la técnica de tomar muestras de suelos submarinos to davia están poco desarrollados, incluso en la mayoría de los casos, los contratos de dragado ni siquiera cuentan con datos sobre el suelo - que se va a presentar, ya que los sondeos se - realizan en la superficie, al rededor de la zo na de dragado, Además la interpretación de éstas en relación con la obra de dragado, dejan mucho que desear.

Tal es el caso de un problema ocurrido du rante el proceso de dragado; se presentó en el lugar un estrato de arcilla áltamente plástica que al momento de ser extraido y someterse a - la turbulencia dentro de la tubería, provocó -

que se formaran guijarros (lutita) y por tanto su inmediato taponamiento, ocasionando pérdidas por tiempos muertos de operación que no -- fueron reconsideradas por la contratante.

El Instituto Mineral Tecnológico (M.T.I.) de la IHC HOLLAND sugiere, para analizar con -- mayor precisión, las propiedades más importantes, físicas y mecánicas, de las muestras de -- suelo extraídas insitu, comparandolas con las distintas fases del proceso de dragado. Estas propiedades se resumen en las tablas III.E.1 á III.E. 3 .

Para las 5 fases principales del proceso de dragado vamos a sugerir las propiedades físicas más importantes que deben de tomarse en cuenta en cada uno de los 2 grupos de suelo -- predominante en la zona comprendida a Pajaritos, que son: material cohesivo (arcilla) y material no cohesivo suelto (grava y arena).

Las 5 fases principales del proceso de -- dragado son:

- a) Romper la cohesión.
- b) Excavación
- c) Transporte
- d) Depósito
- e) Desgaste

TABLA III.E.1.- BASES GENERALES PARA LA IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE SUELOS PARA FINES DE DRAGADO.

TIPO DE SUELO	TAMANO DE PARTICULAS		IDENTIFICACION	RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES
	RANGO DE TAMAÑO (mm.)	NO. TAMIZ		
Cantos rodados	200 mm. De 200 a 60 mm.	(A)	Examen y medición visual.	N.A.
Gravas	Gruesa: 20 mm. Media: 8 mm. Fina: 6-2 mm.	3"-3/4" 3/4"-1/4" 1/4"-No.7	Fácilmente identificable visualmente.	Con posibilidad de encontrar estratos cerentados de grava parecidos a roca conglomerada y paquetes duros de grava mezclada con arena.
Arenas (1)	Gruesa: 2 - 0.6 mm. Media: 0.6 - 0.2 mm. Fina: 0.2 - 0.06 mm.	#7 - #25 #25 - #72 #72-#200	Todas las partículas visuales a simple vista, con ligera cohesión cuando se encuentra seca.	Depósitos que varían con la resistencia entre el suelo compacto y cementado. Su estructura puede ser homogénea ó estratificada. Mezclados con limos y arcillas producen paquetes duros.
Limos	Gruesa: 0.6 - 0.2 mm Media: 0.02 - 0.006 mm. Fina: 0.006 - 0.002 mm.	Pesando la malla # 200	Generalmente las partículas son invisibles a simple vista á excepción de los granos de limo cohesivo. Con la prueba de dilatación (2) se puede determinar mucho mejor. El material puede tener alguna plasticidad y puede ser fácilmente pulverizables los terrones secos con la acción de los dedos.	Básicamente no plásticos, con características que pueden ser similares a las arenas si son predominantes éstas. Pueden ser homogéneos y estratificados. La consistencia puede variar desde limos fluidos, limos rígidos hasta piedras de limo.
Arcillas.	Abajo de 0.002 mm. No se puede diferenciar por el tamaño con los Limos. Únicamente son diferenciables por las propiedades físicas de cada uno.	N.A.	La arcilla exhibe fuerte cohesión y plasticidad sin dilatarse. La muestra húmeda se pega en los dedos y tiene una consistencia tersa y untable. En estado seco es difícil de pulverizar, contrayéndose y agrietándose durante el proceso de secado.	RESISTENCIA AL CORTE (3) Muy Suave; Puede apretarse fácilmente con los dedos. 0.17 kg/cm <sup>2</sup> Suave; Fácilmente moldeable. 0.45 kg/cm <sup>2</sup> Firme; Requiere fuerza de presión para moldearla. De 0.45 á 0.90 kg/cm <sup>2</sup> Rígido; No puede ser moldeado y se raya con la uña. De 0.90 á 1.34 kg/cm <sup>2</sup> Duro; Muy resistente, con dificultad de rayarse con la uña. Más de 1.34
Suelos orgánicos.	N.A.	N.A.	Generalmente la identificación es por el color negro ó café. A menudo con presencia de fibras ó material leñoso.	Puede ser firme ó abultada en la naturaleza. Su resistencia puede variar considerablemente.

- (1) Puede existir alguna justificación para incluir un rango de arena extrafina ó limo extra coarsifero en partículas cuyo tamaño esté dentro del rango (0.1 - 0.06 mm.) y (0.06 - 0.04 mm.) respectivamente. Se recomienda que en lo relativo a la identificación de éstos suelos debe de utilizarse la tabla III.E.1 de cualquier manera.
- (2) La dilatación es la propiedad exhibida por la arena como reacción a la vibración de bida a la alta permeabilidad de ésta. Si una muestra húmeda se coloca en las manos y agitando éstas, el agua aparecerá sobre la superficie de la muestra, dando una apariencia lustrosa.
- (3) Definida como el inmediato esfuerzo cortante dado por la aplicación INSITU ó en procedimientos en pruebas de laboratorio.
- (4) A través sólo de exámenes visuales y medidas que deberán ser dadas con respecto al tamaño del grano así como el porcentaje de los diversos tamaños.

TABLA III.E.2.- CLASIFICACION DE SUELOS MEDIANTE PRUEBAS INSITU Y LABORATORIO PARA

TIPO PRINCIPAL DE SUELO	DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS	DENSIDAD VOLUMÉTRICA	ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE LAS FOLICULAS	COMPACTACION INSITU	CONTENIDO DE HUMEDAD	PLASTICIDAD	ESPESOR CORANTE	CONTENIDO DE CAL	CONTENIDO ORGÁNICO
Lentes rodadas	Visual en campo	N.A.	Prueba de laboratorio (en fragmentos)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Gravas	Prueba de laboratorio	N.A.	Prueba de laboratorio	Prueba insitu	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Arenas	Prueba de laboratorio	Prueba de laboratorio en muestras inalteradas	Prueba de laboratorio	Prueba insitu	Prueba de laboratorio	N.A.	N.A.	Prueba de laboratorio	Prueba de laboratorio
		Prueba de laboratorio	Prueba de laboratorio	Prueba insitu	Prueba de laboratorio	N.A.	N.A.	Prueba de laboratorio	Prueba de laboratorio
Limos	Prueba de laboratorio	Prueba de laboratorio en muestras inalteradas	Prueba de laboratorio	Prueba insitu, ó lab. en muestras inalt.	Prueba de laboratorio	Prueba de laboratorio	Prueba de laboratorio	Prueba de laboratorio	Prueba de laboratorio
Arcillas		N.A.	Prueba de laboratorio en muestras inalteradas	N.A.	Prueba insitu ó lab. en muestras inalt.	Prueba en laboratorio	Prueba en laboratorio	Prueba en laboratorio	Prueba en laboratorio
Turbas y suelos orgánicos	Prueba de laboratorio	N.A.	Prueba de laboratorio en muestras inalteradas	N.A.	Prueba insitu	Prueba en laboratorio	Prueba en laboratorio	Prueba en laboratorio	Prueba en laboratorio
		N.A.	Prueba de laboratorio en muestras inalteradas	N.A.	Prueba insitu	Prueba en laboratorio	Prueba en laboratorio	Prueba en laboratorio	Prueba en laboratorio

Nota: N.A. = No aplicable

Las pruebas marcadas en doble cuadro son consideradas prioritarias para establecer características de suelo en propósitos de dragado.

Tabla III. B.3.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SUELOS Y ROCAS PARA PINES DE DRAGADO

Tipo de roca ó suelo	Características de Excavación						Posibilidad de rg clasificación	Posibilidad de transporte en tubería	Promedio observado de densidad volumétrica antes de la excavación.
	Drapa de cucharón	Drapa de conifilones	Drapa de succión	Drapa de portador	Drapa de tolva	Drapa de almaja			
Roca ígnea	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2.0 - 2.8 T/m
Roca sedimentaria	Posible en suelos muy ven	Posible en suelos muy ven pero con cierta dificultad	N.A.	Difícilmente aceptable en suelos suaves	N.A.	Posible en rocas suaves pero con dificultad.	Muy aceptable	Fragmentos grandes que pueden bloquear la tubería	1.9 - 2.5 T/m
Roca metamórfica	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2.0 - 2.8 T/m
*El intemperismo en las rocas modifica la forma y resistencia considerablemente.									
Cantos rodados	Aceptable	Muy bajo, puede ocasionar desperdicio	N.A.	N.A.	N.A.	Con dificultad se desmenuse se utilizan unidades de gran tamaño.	N.A.	N.A.	N.A.
Guijarrón ó Guijarros con grava	Aceptable	Aceptable	Difícil	Difícil	Difícil	Aceptable	Regular	Malo	N.A.
Grava	Fácil	Aceptable	Difícilmente aceptable	Aceptable	Difícil a aceptable	Aceptable	Bueno	Aceptable	1.8 - 2.2 T/m
Grava arenosa	Fácil	Fácil a aceptable	Aceptable	Fácil a aceptable	Fácil a aceptable	Fácil a aceptable	Muy bueno	Aceptable a bueno	2.0 - 2.3 T/m
Arena arena renosa	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Aceptable pero hay pérdidas por desbordamiento.	Fácil	Muy bueno	Bueno	1.7 - 2.3 T/m
Arena fina	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Bueno	Muy Bueno	
Arena extra fina	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Bueno	Muy Bueno	
Arena fino-limosa	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Bueno	Muy Bueno	
Arena fins cementada	Aceptable	Aceptable	N.A.	Fácil a aceptable	Difícil	Difícil	Bueno	Malo a bueno	1.7 - 2.3 T/m
Limos	N.A.	Fácil	Difícil a aceptable	Fácil	Aceptable a fácil con grandes pérdidas por desbordamiento.	Aceptable	Bueno	Muy bueno	1.6 - 2.2 T/m
Arcillas ó Arcillas gujarrones	Aceptable	Difícil a aceptable	N.A.	Difícil a aceptable	N.A.	Difícil a aceptable	Bueno	Sólo es posible después de pulverizado	1.8 - 2.4 T/m
Arcillas aluviales ligerosamente arenosas	N.A.	Aceptable a fácil	N.A.	Fácil	Aceptable	Fácil	Malo	Aceptable	1.2 - 1.8 T/m
Arcillas limosas consolidadas	Aceptable a fácil	Fácil	N.A.	Aceptable a fácil	Difícil a aceptable	Aceptable	Malo a aceptable	Sólo es posible después de pulverizado	1.5 - 2.1 T/m
Turbas	N.A.	Fácil	N.A.	Fácil si no contiguo gas	Aceptable	Fácil	N.A.	Muy bueno	0.9 - 1.7 T/m

Nota: N.A. = No aplicable

La posibilidad de usar un cierto equipo de dragado, depende no solo del tipo de suelo sino también de las condiciones del lugar, tamaño, fuerza de construcción y potencia suministrada del equipo, etc.

La clasificación usada arriba (por ejemplo: malo, aceptable, fácil, bueno y muy bueno es únicamente para mostrar el grado de factibilidad, pero no debe ser relacionado con el rendimiento y menos aún con un indicativo para determinar los costos por unidad de excavación.

a) Romper la Cohesión: Para desprender el suelo deformable y cohesivo, como la arcilla, se requiere por lo general de un equipo cortador. En materiales no cohesivos pueden llegar a desprenderse con la sólo fuerza de succión.

Las propiedades más importantes para romper la cohesión son:

En materiales cohesivos: Angulo de fricción interno; Resistencia al corte; Resistencia a la penetración; Cohesión.

En materiales no cohesivos: Resistencia a la penetración como factor más importante.

b) Excavación del Suelo: El acto de desprender el material coincide directamente con romper su cohesión. El mismo equipo usado para romper se usa a la vez para extraer.

El tamaño del cucharón, canjilón ó tubería depende del tamaño, forma y distribución de los trozos producidos en la rotura de la cohesión del material.

En el caso del sistema hidráulico, la posibilidad de aspirar el suelo depende del método de desprender el material antes de aspirarlo. Entonces las propiedades más importantes a considerar, son:

En suelos cohesivos: La permeabilidad; La forma natural del talud submarino; El peso específico; La viscosidad de la mezcla aspirada.

En el caso de no existir datos confiables de éstas propiedades, el ingeniero puede hacer un pronóstico del caso mediante: La Jistribución granulométrica; Porcentaje del agua; Peso específico y Volúmen de vacíos del material in situ.

En suelos finos es necesario determinar -- también el porcentaje de materia orgánica, ya que con éste se puede determinar si el mate---rial se puede romper con el sólo empleo de un equipo de succión.

c) Transporte del Suelo: Para el transporte hidráulico del suelo desprendido, es importante conocer los cambios que se presentarán -- dentro de la tubería. Para ello debe determi---narse la distribución granulométrica y el peso específico. Todo ello en relación con la velocidad crítica de la mezcla.

Para material cohesivo: La viscosidad; -- Los límites de plasticidad; El peso específico de la mezcla; Porcentaje de agua; Grado de permeabilidad y Porcentaje de materia orgánica, -- para así determinar la posibilidad de forma---ción de guijarros que afecten la velocidad crítica y la resistencia de la tubería.

d) Depósito del Suelo: Para la fase de depositar el suelo en dragas de tolva, deben de

considerarse: La distribución granulométrica; -  
Peso específico y el Porcentaje de hummus, pa-  
ra determinar el proceso de sedimentación. I--  
gualmente el Límite plástico para materiales -  
cohesivos, para la facilidad de descarga en --  
dragas de tolva ó canjilones.

En el caso de la sedimentación natural en  
suelos no cohesivos: La distribución granulo-  
métrica, Peso específico y Porcentaje natural  
de cal.

d) Desgaste: La importancia del desgaste  
depende de la naturaleza del suelo, la distri-  
bución granulométrica, el grado de concentra-  
ción y velocidades de la mezcla.

### 3.3 ESTUDIOS METEOROLOGICOS.

Para el diseño de obras de ingeniería en el mar y en la costa, uno de los requerimientos indispensables, es conocer las características meteorológicas existentes en la zona donde se planea llevar a cabo.

Existe una relación directa entre los elementos que constituyen una obra marítima y la frecuencia de incidencia de estos fenómenos, - se pueden realizar estudios económicos evaluando la magnitud de la obra con su probabilidad de falla.

Con lo anterior, se requiere conocer en el sitio de la obra los fenómenos más importantes que incidan sobre ésta. En nuestro caso en particular se hará énfasis a las características de los vientos dominantes y reinantes, - ya que otros fenómenos oleaje, corrientes y mareas existentes en las costas cercanas a Coatzacoalcos no constituyen un factor importante en el transporte de material y régimen de azolve, puesto que Pajaritos es una zona confinada y protegida, donde existe poca influencia de éstos.

En el capítulo IV se hará un análisis general de los datos obtenidos en la costa, ya que una de las zonas posibles de tiro del material extraído se encuentra localizado en el mar.

3.3.1 Análisis de Vientos.- Todo movimiento de transporte de las masas de aire atmosférico, cualquiera que sea el sentido en que este se verifique, vertical ascendente ó descendente, oblicuo ú horizontal, constituye una corriente aerea ó viento.

Los elementos que definen y caracterizan una corriente aerea, son dos: su dirección ó rumbo y su intensidad ó fuerza. La dirección del viento se determina por medio de la veleta que es un aparato que está formado esencialmente por una barra que en un extremo termina en punta de flecha, en tanto que en el otro -- lleva incrustada una lámina que hace la cola ó timón, formada por dos hojas en ángulo directo que sirve de estabilizador (fig.8).

La fuerza del viento, tanto de presión como de velocidad, se miden por medio del Anemómetro. Básicamente éste aparato se compone de 4 cazoletas hemisféricas que presentan sus -- planos diametrales a la acción de una corriente de aire. Están sostenidas por cuatro brazos horizontales unidos a un eje vertical, el cual gira según la velocidad del viento. (fig.9).

Los vientos que inciden en un lugar determinado deben de ser analizados, ya que éstos -- provocan transportes eólicos, inducen corrien-

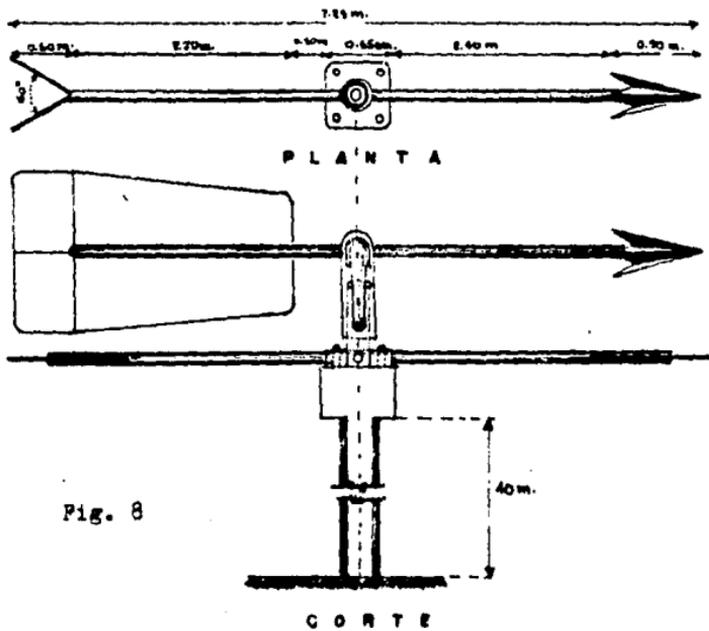


Fig. 8

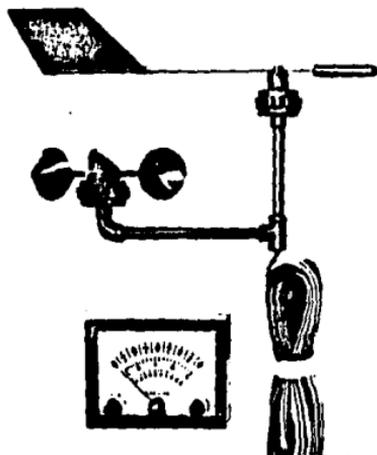


Fig. 9

tes en el oceano y provocan elevaciones anormales del nivel del mar.

La información que a continuación se anexa, fué obtenida de la estación meteorológica de la S.A.R.H. en Coatzacoalcos Ver. y la cual corresponde a observaciones entre los años de 1966 a 1982.

Los valores resumidos se muestran en las tablas III.F y III.G. Se han ordenado los valores de porcentaje medios de ocurrencia anual, por direcciones de incidencia y por rangos de velocidad.

**3.3.2. Resultados.-** De la observación de estas tablas podemos concluir que los vientos dominantes y reinantes provienen de la dirección norte.

Además, en el 64 % del tiempo, los vientos provienen del 1º cuadrante, dando como resultado una dirección aproximada Nor noreste - (NNE).

Con los datos de estas tablas se ha procesado la información a fin de dibujarla en papel probabilístico y obtener para cada una de las direcciones analizadas, la probabilidad de ocurrencia de exceder los valores indicados. - Estos datos se muestran en las figs. 10 y 11.

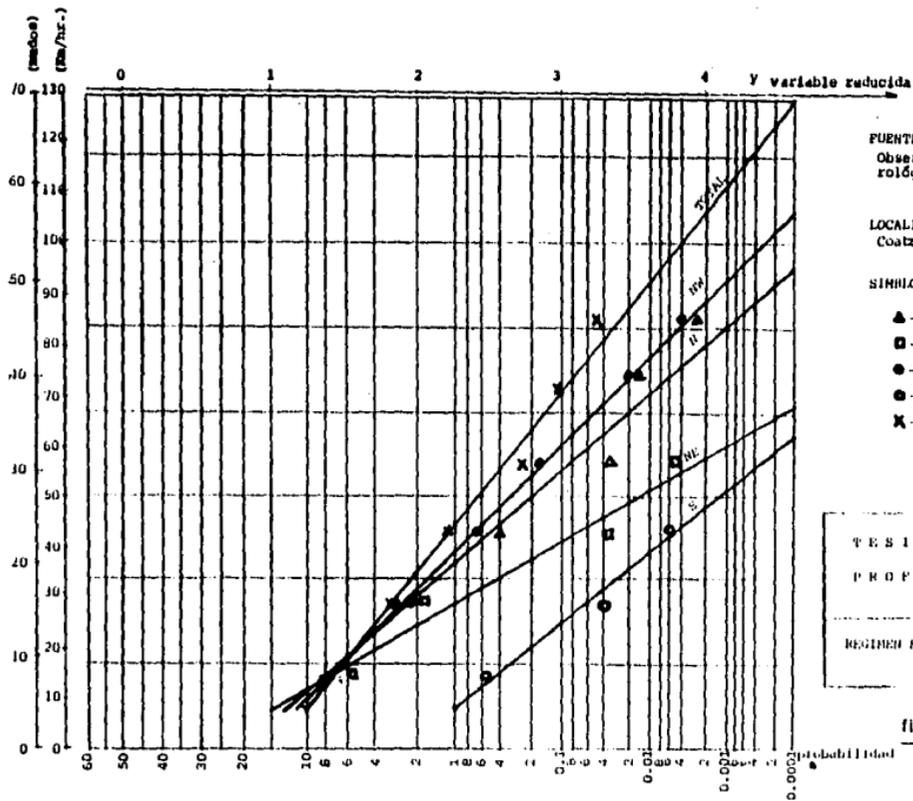
T A B L A III.F

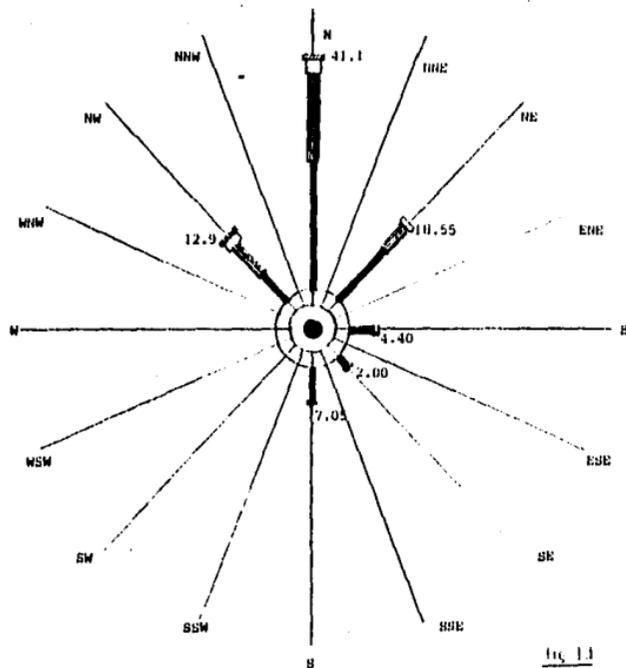
PORCENTAJE MEDIO DE OCURRENCIA DEL VIENTO													calma 8.9%			
Velocid. m/s	0	4	4	8	8	12	12	16	16	20	20	24	24	30	30	
Dirección km/h	0	14.4	14.4	28.8	28.8	43.2	43.2	57.6	57.6	72	72	86.4	86.4	108	>108	Total
N		22.20	16.000	2.300	0.380	0.028	0.006	0.00	0.003	41.10						
NE		12.70	5.100	0.153	0.030	0.006	0.000	0.00	0.00	18.55						
E		3.50	0.900	0.009	0.006	0.003	0.000	0.00	0.00	4.40						
SE		1.80	0.165	0.006	0.006	0.000	0.000	0.00	0.00	2.00						
S		6.55	0.485	0.035	0.006	0.000	0.000	0.00	0.00	7.05						
SW		2.90	0.495	0.025	0.006	0.000	0.000	0.00	0.00	3.40						
W		1.40	0.245	0.060	0.009	0.005	0.000	0.00	0.00	1.70						
NW		5.05	5.700	1.550	0.453	0.080	0.053	0.01	0.033	12.60						
TOTAL		56.50	29.000	4.10	0.90	0.10	0.06	0.01	0.04	90.80						

## T A B L A III.G

## REGIMEN MEDIO ANUAL DEL VIENTO

Velocid. (m/s)	0-14.4	14.4-28.8	28.8-43.2	43.2-57.6	57.6-72	72-86.4	86.4-108	>108
Direccion								
N	40.917	18.717	2.717	0.417	0.037	0.009	0.003	0.003
NE	18.489	5.789	0.189	0.036	0.006	0	0	0
E	4.418	0.918	0.018	0.009	0.003	0	0	0
SE	1.977	0.177	0.012	0.006	0	0	0	0
S	7.076	0.526	0.041	0.006	0	0	0	0
SW	3.426	0.526	0.031	0.006	0	0	0	0
W	1.719	0.319	0.074	0.014	0.005	0	0	0
NW	12.929	7.879	2.179	0.629	0.176	0.096	0.043	0.033
TOTAL	90.951	34.851	5.276	1.123	0.227	0.105	0.046	0.036





**SIMBOLOGIA**

-  De 0 a 14.4
-  De 14.4 a 28.8
-  De 28.8 a 43.2
-  De 43.2 a 57.6

Velocidad del viento en Km/hr.

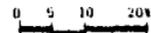
**LOCALIDAD:**

Cotzacoalcos Ver.

**FUENTE:**

Observatorio Meteorológico  
S.A.R.H.

**ESCALA GRAFICA:**



<p>T E S I S</p> <p>P R O F E S I O N A L</p>
<p>POERCIAJE MEDIO DE OCURRENCIA DEL VIENTO</p>

### 3.4 ESTUDIO BATIMETRICO.

Se entiende como levantamiento batimétrico al estudio que se hace en la zona para conocer el estado actual del fondo.

Para lograr un levantamiento batimétrico, se requieren básicamente 2 equipos: un equipo -- que registre la profundidad y otro que la situe en un plano.

Los aparatos para determinar la profundidad pueden ser tan simples ó complicados como lo requiera el trabajo, ya sea, desde el uso -- de un "escandallo" (pedazo de plomo unido a -- una cadena) hasta los aparatos electrónicos -- más sofisticados y precisos que existen actualmente.

El aparato más generalizado en la actualidad es la Ecosonda, que está diseñado para producir y transmitir energía sonora, recibir y -- amplificar el eco, medir el intervalo de tiempo que media entre la transmisión y la recepción y convertir ese tiempo en unidades de medida de profundidad como lo es el metro.

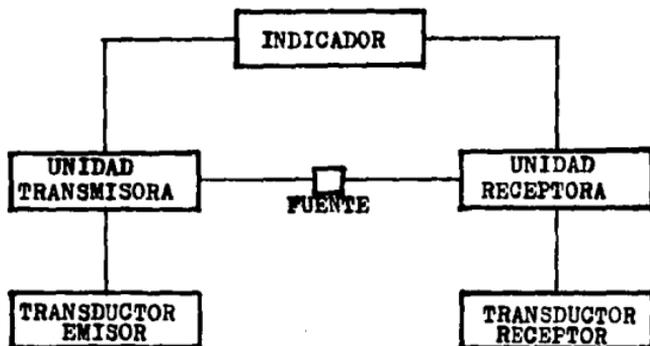
Su funcionamiento se basa en medir la profundidad, computando el intervalo de tiempo requerido por las ondas sonoras para viajar a una velocidad conocida, desde un punto conocido a una cierta superficie, reflejarse en ella y regresar al punto de partida. Se mide el --

tiempo de la transmisión de un sonido y la recepción de su eco, la distancia a la superficie reflectora puede ser computada multiplicando la mitad del intervalo de tiempo por la velocidad del sonido en el agua.

La velocidad de propagación del sonido en el agua se incrementa al aumentar la salinidad, la temperatura y la presión, sin embargo estos son despreciables aun cuando la profundidad es pequeña. Por tanto la velocidad de propagación del sonido en el agua se considera constante e igual a 1425 m./seg.

Los ecosondas constan básicamente de:

- A) Unidad transmisora.
- B) Transductor emisor.
- C) Transductor receptor.
- D) Unidad receptora.
- E) Unidad indicadora.

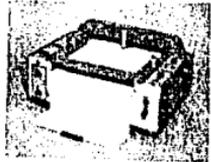




Ecosonda



Indicador de la Trayectoria



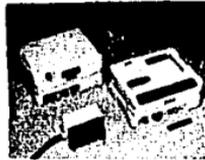
Graficador.



Grabadora de Cinta.



Impresora.



Sondeador de profundidad / Digitalizador.

**3.4.1 Tipos de Registro de Ecosonda.-** Las formas de registro con ecosonda pueden ser:

- a) De Destello.
- b) De Gráfica.
- c) Digital.

a) De Destello: Es el equipo más ligero y portátil. El transductor recibe una señal y la pasa a una carátula circular en la cual se emite un destello, indicando la profundidad en la carátula graduada. Son útiles para reconocimiento y poco usados en trabajos formales ya que carecen de registro permanente.

b) De Gráfica: En éste equipo la señal recibida es registrada en un papel sensible, dando una gráfica continua de la profundidad. Se instala a bordo de una lancha. Mediante un botón manda un impulso a la gráfica, haciendo una marca que coincide con la situación tomada por los topógrafos en tierra(fig.12).

c) Digital: Es el equipo más moderno que existe. Conciste en registrar las profundidades mediante una computadora en forma numérica, evitando la interpretación de la gráfica. Se usa en trabajos oceanográficos (fig.13).



### 3.4.2 Métodos de Ubicación con Ecosonda.-

Existen 2 métodos básicos para situar los diferentes puntos en los que se ha registrado la -- profundidad mediante ecosonda. Estos dependen, para su uso, de la distancia que hay de cada -- punto a tierra:

- a) Topografía Convencional
- b) Utilizando el Sistema Decca.

a) Topografía Convencional: Existen métodos topográficos que dependen del tipo de trabajo que se va a elaborar, son:

1) Marcación ocular con referencia en tierra: Conciste en hacer secciones paralelas a la margen o a la costa. Se usa solo para reconocimiento preliminar:



2) Enfilaciones con Boyas: Cuando no sea -- posible instalar señales en la costa para dirigir la embarcación, se fondean boyas al principio y al final de la línea de sondeo que se -- piensa seguir:

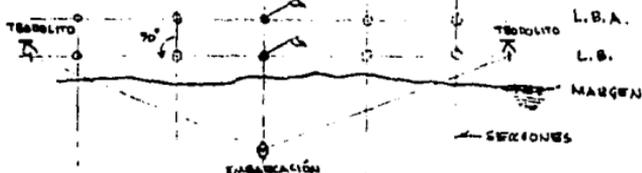


3) Con una enfilación y un aparato: Este --

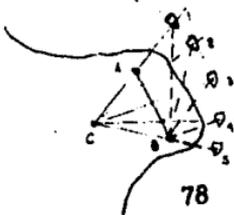
método se logra utilizando un teodolito para to-  
 mar el ángulo entre la lancha donde va instala-  
 da el ecosonda y la línea de base. Se debe pro-  
 curar que la línea de base esté lo suficiente-  
 mente retirado de la sección a sondear para evi-  
 tar lecturas erróneas:



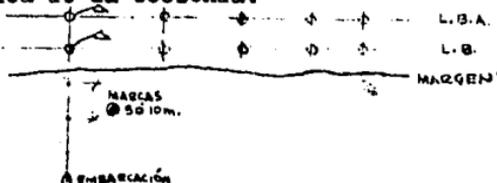
4) Con una enfilacion y 2 aparatos: Al i-  
 gual que el método anterior, éste es usado en -  
 zonas de poca corriente y lugares protegidos. -  
 Se utilizan 2 aparatos ya que cuando se requie-  
 re mayor precisión en los registros no es posi-  
 ble mantener la embarcación perfectamente enfi-  
 lada. Por eso, por medio de una señal, quedará  
 situada la sonda por intersección de los ángu-  
 los con respecto a la línea base:



5) Por enfilaciones radiales desde un pun-  
 to: Este método se usa en las cercanías ó cabos  
 de costas:

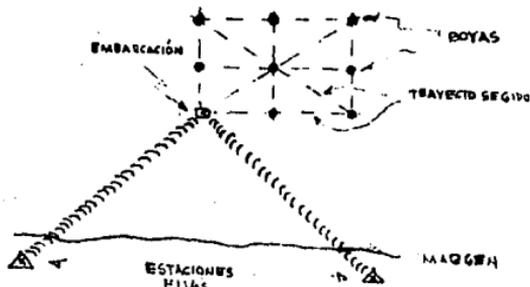


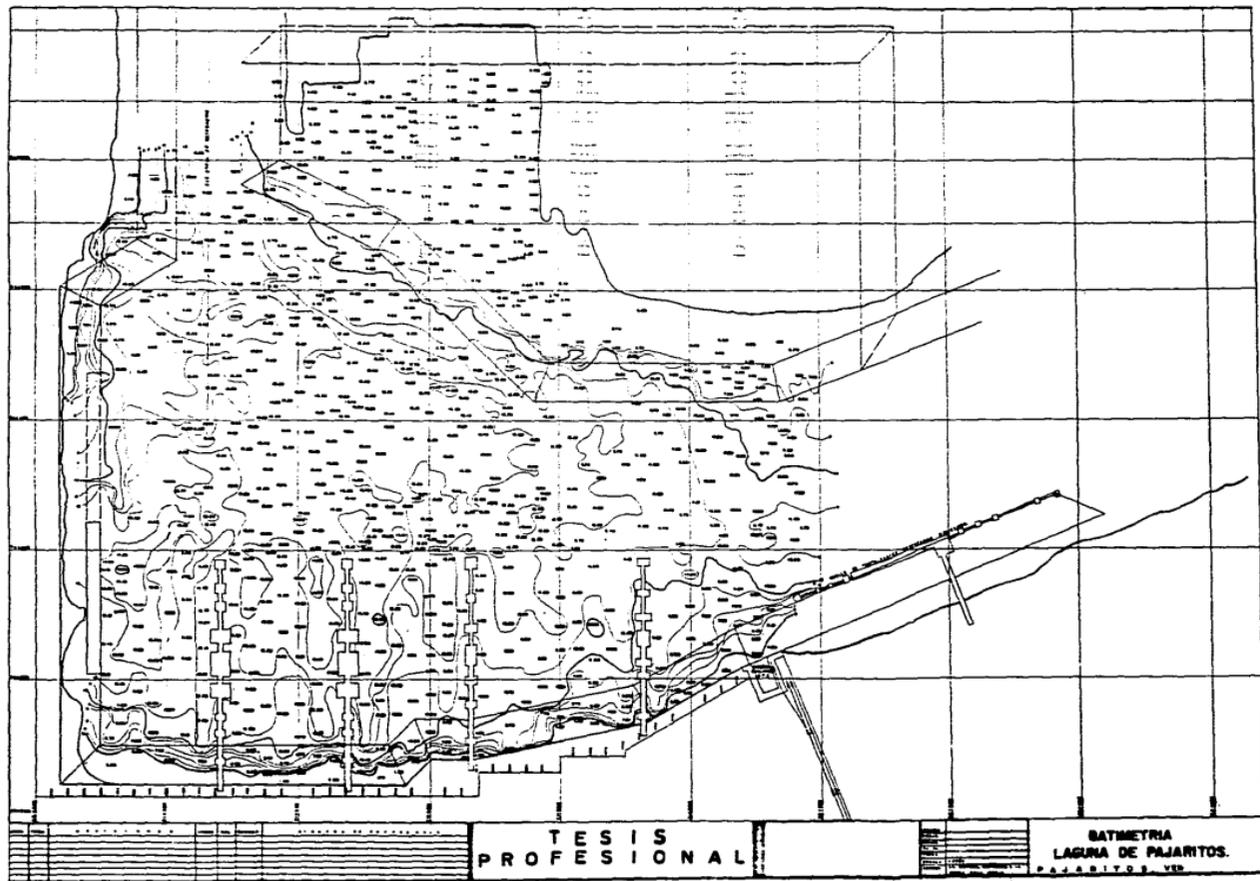
6) Enfilación y carrete: Cuando se trata de áreas pequeñas se usa éste método. Consiste en usar un carrete marcado a cada 5 ó 10m. Este carrete se lleva a bordo de la lancha y el extremo libre se deja en tierra en cada estación, llevando la lancha enfilada cada vez que pase la marca en el cable se envia un impulso a la gráfica de la ecosonda:



b) Utilizando el Sistema Decca: Este sistema se utiliza en trabajos muy alejados a la costa, la mayoría de las veces en trabajos hidrográficos ó para ubicación de estructuras mar adentro pero no siempre se utiliza en trabajos de dragado.

Usa el mismo principio, es decir, se utilizan 2 transmisores situados en tierra, cuya ubicación se tiene perfectamente definida y que emite una señal continua de radio, situando el punto en altamar por medio de intersección:

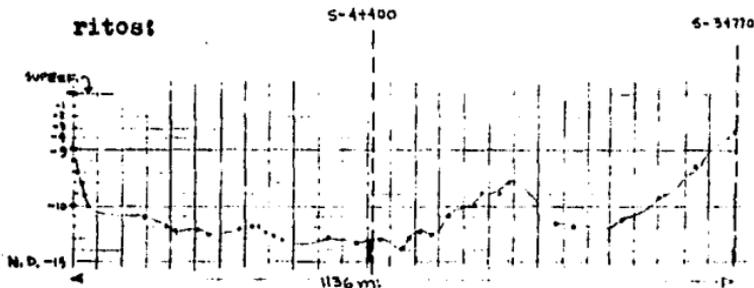




### 3.4.3 Calculo de Volúmenes a Extraer.

Una vez obtenido el plano Batimétrico de la zona se determinarán aproximadamente los volúmenes que deberán dragarse. Se considerará inicialmente el área total que deberá de atacarse, tomando como referencia las coordenadas del plano, se reproducirán un número determinado de configuraciones de la profundidad.

Así pues, consideremos la coordenada E - 1+400 dentro del plano batimétrico de Pajaritos:



Dividiremos ésta en partes iguales y se obtendrá el área por medio de la fórmula sig.:

$$At = \frac{d}{3} [4(h_2 + h_4 + \dots + h_n) + 2(h_1 + h_3 + \dots + h_{n-1}) + (h_1 + h_{n+1})]$$



de la fórmula anterior tenemos:

$$At = \frac{42m}{3} [4(1.7+2.8+6.1+5.2+3.1+4.2+7.4) + 2(2.5+5.0+7.1+3.2+3.0+3.5+10.0) + (1.9+11.9)] - (1.9 \times 8.0)$$

$$At = \frac{42}{3} [4(30.45) + 2(34.30) + 13.8] - 15.2$$

$$At = \underline{2,843.60 \text{ m}^2}$$

obteniendo el área del siguiente perfil y multiplicando la suma de éstas por la distancia media que hay entre coordenadas, podemos obtener un volumen promedio:

$$V_{\text{prom.}} = (A_{x=1+400} + A_{x=10495}) \frac{\text{dist. entre coord.}}{2}$$

$$V_{\text{prom.}} = (2,843.60 + 4,387.75) \frac{25\text{m}}{2}$$

$$\underline{V_{\text{prom.}} = 90,341.87 \text{ m}^3}$$

integrando todos los volúmenes que hay entre -- las coordenadas de limitación del proyecto y -- multiplicando por un coeficiente de abundamiento obtendremos el volumen total a dragar:

PERFILES QUE AMPARAN EL VOLUMEN A DRAGAR EN SU PRIMERA FASE EN COORDENADAS  
 S - 3+594 A S - 4+400 Y DE E - 1+150 A E - 2+100, PAJARITOS, VER.

Coordenadas	Suma de Areas	Dist./2	Parcial	Acumulado
E - 1+150	0.00 + 1,545.00 = 1,545.00	0.00	0.00	0.00
1+175	1,545.00 + 1,991.88 = 3,546.88	12.50	44,211.00	44,211.00
1+200	1,991.88 + 3,452.80 = 5,444.38	12.50	68,054.75	112,265.75
1+225	3,452.50 + 3,392.50 = 6,845.00	12.50	85,562.50	197,828.25
1+250	3,392.50 + 3,437.50 = 6,830.00	12.50	85,375.00	283,203.25
1+275	3,437.50 + 3,846.25 = 7,283.75	12.50	91,046.88	374,250.13
1+300	3,846.25 + 2,808.75 = 6,655.00	12.50	83,187.50	457,437.63
1+325	2,808.75 + 4,110.00 = 6,918.75	12.50	86,484.38	543,922.01
1+350	4,110.00 + 4,170.00 = 8,280.00	12.50	103,500.00	647,422.01
1+375	4,170.00 + 4,393.75 = 8,563.75	12.50	107,046.88	754,468.89
1+400	4,393.75 + 2,843.60 = 7,237.35	12.50	90,466.87	844,935.76
1+425	2,843.60 + 4,383.75 = 7,227.35	12.50	90,341.87	935,277.63
1+450	4,383.75 + 4,597.50 = 8,981.25	12.50	112,265.63	1'047,543.26
1+475	4,597.50 + 4,531.25 = 9,128.75	12.50	114,109.38	1'161,652.61
1+500	4,531.25 + 4,637.50 = 9,168.75	12.50	114,609.38	1'276,261.99
1+525	4,637.50 + 4,593.75 = 9,231.25	12.50	115,390.63	1'391,652.62
1+550	4,593.75 + 4,602.50 = 9,196.25	12.50	114,953.13	1'506,605.75
1+575	4,602.50 + 4,492.50 = 9,095.00	12.50	113,687.50	1'620,293.21
1+600	4,492.50 + 4,476.26 = 8,968.76	12.50	112,109.50	1'732,402.75
1+625	4,476.26 + 3,817.50 = 8,293.76	12.50	103,672.00	1'836,074.71
1+650	3,817.50 + 3,750.00 = 7,567.50	12.50	94,593.75	1'930,066.85
1+675	3,750.00 + 13,398.75 = 17,148.75	12.50	214,359.38	2'145,028.48
1+700	13,398.75 + 13,655.00 = 27,053.75	12.50	338,171.88	2'483,199.76
1+725	13,655.00 + 13,188.13 = 26,843.13	12.50	335,539.13	2'818,738.89
1+750	13,188.13 + 13,685.00 = 26,873.13	12.50	335,914.13	3'154,653.02

E - 1+775	13,685.00	+13,627.50	=27,312.50	12.50	341,406.25	3'496,059.30
1+800	13,627.50	+13,375.00	=27,002.50	12.50	337,531.25	3'833,590.55
1+825	13,375.00	+14,461.25	=27,836.25	12.50	347,953.13	4'181,543.68
1+850	14,461.25	+14,595.00	=29,056.25	12.50	363,293.13	4'544,746.81
1+875	14,595.00	+14,617.50	=29,212.50	12.50	365,156.25	4'909,903.06
1+900	14,617.50	+14,312.50	=28,930.00	12.50	361,625.00	5,271,528.06
1+925	14,312.50	+13,121.25	=27,433.75	12.50	342,921.88	5'614,449.94
1+950	13,121.25	+13,360.00	=26,481.25	12.50	331,015.63	5'945,465.57
1+975	13,360.00	+13,415.63	=26,775.63	12.50	334,695.38	6'280,160.95
2+000	13,415.63	+13,710.00	=27,125.63	12.50	339,070.38	6'619,231.33
2+025	13,710.00	+13,114.13	=26,824.13	12.50	335,301.63	6'954,532.96
2+050	13,114.13	+13,052.50	=26,166.63	12.50	327,082.88	7'281,615.80
2+075	13,052.50	+13,234.38	=26,286.88	12.50	328,586.00	7'610,201.80
2+100	13,234.38	+12,495.00	=25,729.38	12.50	321,617.25	7'931,819.09

VOLUMEN TOTAL	7'931,819.09
+ 20% ABUNDAMIENTO	1'586,363.82
VOLUMEN TOTAL A DRAGAR	9'518,182.91

# **CAPITULO 4**

#### IV ESTUDIO DE LUGAR DE TIRO

Las obras marítimas, como toda obra de ingeniería, afectan la superficie de la tierra, puesto que se asientan en alguna parte de la corteza terrestre. Cuando se estudia un nuevo proyecto dentro del campo de la Ingeniería Marítima es necesario conocer ante todo algo acerca del lugar donde la obra ha de realizarse, además de hacer varias investigaciones preliminares que nos permitan en dado caso determinar si es posible ó no su utilización. Tal es nuestro caso, el cual corresponde a un estudio para localizar el área para recibir el material producido del dragado.

Existen sólo 2 tipos de zonas de tiro que son:

- a) Bajo el Agua
- b) En Tierra

a) Bajo el Agua: Al elegir ésta zona debe de considerarse en un lugar donde el depósito no afecte la navegación ni la ecología de la región.

b) En Tierra: Se buscará que dicha área se encuentre lo más próximo a la zona por dragar lo cual nos permitirá mayor eficiencia en el dragado y una disminución en la longitud de tubería de descarga. Para lograrlo es necesario -

hacer un reconocimiento topográfico, eligiendo la que, de acuerdo al volumen por dragar, esté disponible y sea la más adecuada, además de -- que sea la que menos elevación tenga, para evitar cargas estáticas considerables.

#### 4.1 ESTUDIO DE POSIBLES ZONAS DE TIRO.

A lo largo del cauce del río Coatzacoalcos, se determinaron 5 posibles zonas:

Zona 1: Localizada sobre la margen Este del Río, a una distancia aproximada de 12 km. al sur de Pajaritos. Estos terrenos son de propiedad particular con posibilidades de recibir el material dragado, sin embargo la distancia es muy grande y habría necesidad de establecer un sistema de bombeo, lo cual es costoso y tardado en su ejecución.

Zona 2: Aguas abajo, sobre la margen Oeste del Río a una distancia aproximada de 4 Km al Sureste de Pajaritos, se encuentra localizada la zona 2 donde confluye el río Calzadas. Esta zona es de poca capacidad y requiere de cruzar la tubería por debajo del Río Coatzacoalcos. Puede ser utilizada en futuros dragados de ampliación.

Zona 3: Frente a la zona 2, a una distancia aproximada de 4 km. al Sur de Pajaritos, se encuentra localizada ésta área. Son terre--

nos ejidales. Si, en dado caso, llegase á un a cuerdo con los propietarios para su utiliza--- ción, podría pensarse como una zona probable.

Zona 4: Localizada al Norte de la Laguna de Pajaritos, a una distancia aproximada de 2 km.. Es una zona de dunas y manglares que rodean la Laguna. Puede analizarse con la solución más adecuada.

Zona 5: Es la playa localizada al Este de las Escolleras, frente a la Congregación de Allende. Habrá la necesidad de estudiar el comportamiento de las olas para determinar su posibilidad de uso.

De las 5 zonas anteriormente propuestas (fig. 14), puede concluirse que la zona 4 es la más cercana y relativamente económica, además de que es un área inútil, con lo cual, el producto extraído servirá para el relleno y asentamiento de futuras ampliaciones industriales.

Se analizará brevemente la segunda zona más cercana, que es la franja costera, para -- ver su posibilidad de utilización.



## 4.2 EVALUACION BREVE DE INFORMACION OCEANOGRAFICA.

4.2.1 Mareas.- Recibe el nombre de marea a la oscilación periódica del nivel del mar que resulta de la atracción gravitacional de la luna y el sol actuando sobre la tierra en rotación.

Para su evaluación podemos determinar 2 tipos de niveles básicos:

Pleamar: Es el nivel máximo que ha sido alcanzado por una marea creciente producto del efecto exclusivo de mareas periódicas ó asociado a los efectos de las condiciones meteorológicas prevalecientes.

Bajamar: Este corresponde al nivel alcanzado por una marea bajante, que tambien puede obedecer solamente a las fuerzas de marea periódicas ó tener influencia sobre las mismas los efectos de condiciones meteorológicas.

Pleamar y Bajamar Medias son las alturas promedio de los anteriores tomados durante un período de 19 años. Cuando el tipo de marea diaria es de mayor influencia se le denominan como Pleamar Media Superior ó Bajamar Media Inferior respectivamente.

Los rangos de marea medidos por el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M. en el Puerto de

Coatzacoalcos, son los siguientes:

Tipo de Marea	mixta
Pleamar Máxima Registrada	0.81m
Nivel de Pleamar Media	0.19m
Nivel Medio del Mar	0.00m
Nivel Media Marea	0.04m
Nivel de Bajamar Media	-0.27m
Bajamar Mínima Registrada	-0.77m

Como información complementaria se establecen los siguientes datos:

Huracan con probabilidad de ocurrencia de 100 años.

Nivel de Marea Astronómica	0.76m
Nivel de Marea de Tormenta	<u>1.44m</u>
Nivel de Marea Total	2.20m

Norte máximo con probabilidad de ocurrencia de 100 años.

Nivel de Marea Astronómica	0.76m
Nivel de Marea de Tormenta	<u>1.22m</u>
Nivel de Marea Total	1.98m

Como podemos observar, el fenómeno de marea que se presenta en las inmediaciones de la zona no es muy notable, ya que los rangos de marea son relativamente pequeños y de poca consideración.

4.2.2 Corrientes.- Una corriente está considerada como el movimiento horizontal del agua (velocidad), a diferencia del ascenso ó descenso vertical de la marea (altura). Pueden clasificarse en:

- a) Corrientes de Marea
- b) Corrientes Marítimas

a) Corrientes de Marea: Estas son producidas por las mismas fuerzas que provocan las mareas.

b) Corrientes Marítimas: Constituyen los movimientos de un sistema circulatorio general que no excluye la posibilidad de corrientes ascendentes y descendentes.

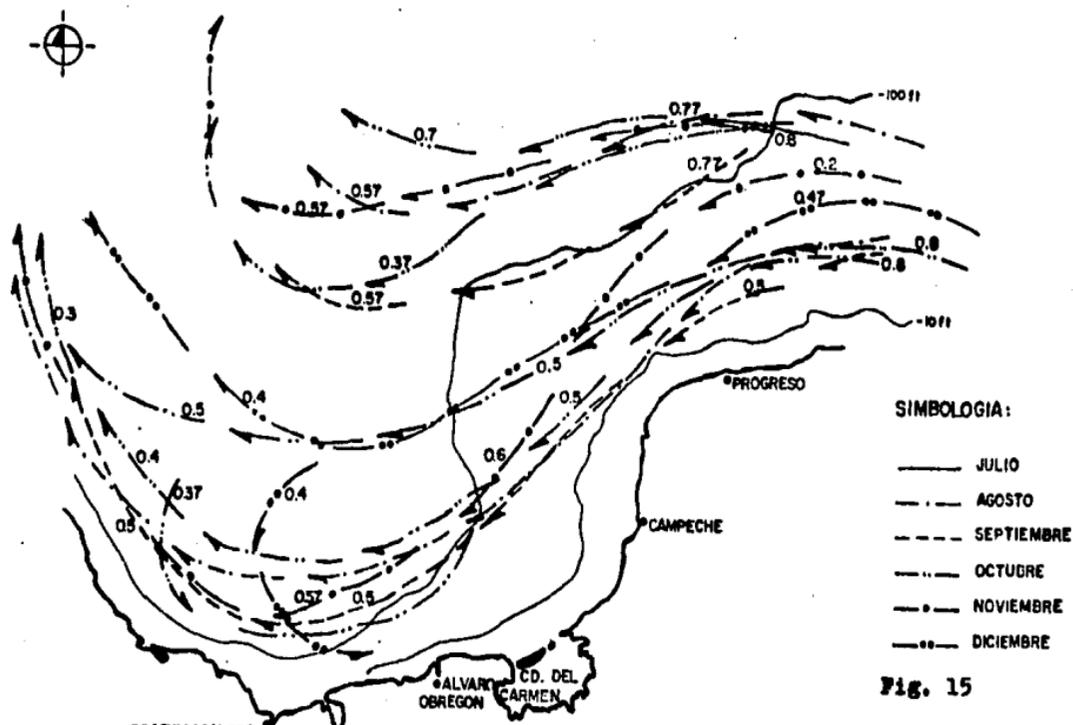
Existen además corrientes temporarias que varían con las condiciones meteorológicas.

Entre los instrumentos empleados en la observación de corrientes existen muchos modelos en el mercado en los cuales el observador puede contar básicamente con un número determinado de datos que, al ser registrados en formatos especiales, pueden obtener los planos de ubicación de corrientes correspondientes de cada zona.

La información disponible en el área circundante a Coatzacoalcos está basada en los "Pilot charts" que son las cartas que poseen datos con cierto valor estadístico pues las cartas oficiales se encuentran aún en proceso de medi-

ción. En las figs. 15 y 16 muestran éstas co---  
rrientes oceánicas, sus valores medios y sus di-  
recciones.

En términos generales, de la observación -  
de éstas corrientes se puede concluir que su --  
magnitud no excede de 0.7 de nudo y los senti--  
dos se alteran de Este a Oeste en los primeros  
meses del año, sin embargo, conviene aclarar --  
que éstas corresponden a corrientes oceánicas -  
que permiten sólo tener una idea de los movi---  
mientos generales de las masas de agua.

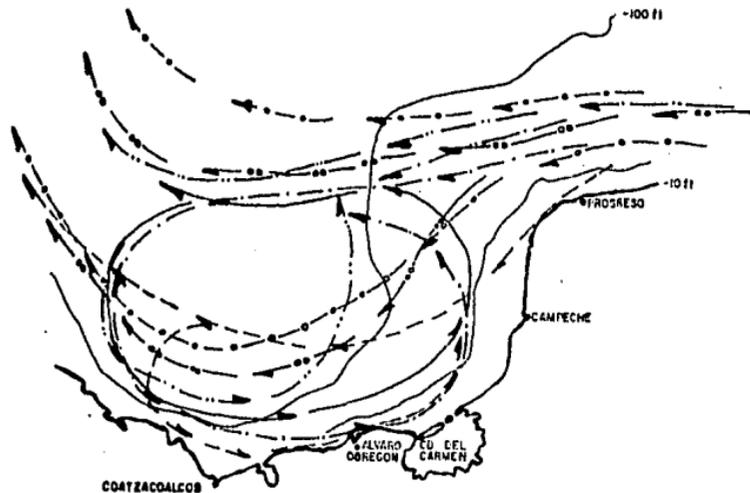


- SIMBOLOGIA:**
- JULIO
  - . - AGOSTO
  - - - SEPTIEMBRE
  - . . . OCTUBRE
  - • - NOVIEMBRE
  - • • - DICIEMBRE

**Fig. 15**

**NOTA:**  
Velocidad en m/s.

**TESIS  
PROFESIONAL**



TESIS  
PROFESIONAL.

SIMBOLOGIA:

- 0.4 ——— ENERO
- 0.4 - - - FEBRERO
- 0.3 ——— MARZO
- 0.5 - - - ABRIL
- 0.5 —•— MAYO
- 0.3 —••— JUNIO

Fig. 16

NOTA: Velocidad en nudos.

4.2.3 Oleaje.- Es el movimiento ondulatorio del mar, producido por un golpe ó racha de viento, ó por una brisa que sopla con constancia en una misma dirección.

El movimiento esencial de la ola es alternativamente ascendente y descendente, y --- constituye una oscilación de las partículas de la superficie, siendo su avance horizontal solamente notable en las cercanías de la costa.

Las características de las olas son :

a) Altura: Distancia vertical entre la parte más alta de la cresta y la más baja de la concavidad.

b) Amplitud: Que es la mitad de la altura.

c) Longitud de Onda: Que es la distancia entre las crestas de 2 olas sucesivas.

d) Velocidad: Distancia que recorre la ola en una unidad de tiempo.

e) Período: Tiempo transcurrido entre el paso de dos olas sucesivas por un punto determinado.

f) Potencia de las Olas: Que es proporcional a su longitud de onda y al cuadrado de la altura.

Para la medición del oleaje se utilizan instrumentos de registro montados a bordo de u

na embarcación que indican constantemente la altura del agua por encima de una superficie de referencia calculada independientemente de la posición del barco. Este procedimiento da las mediciones con un 10 % de precisión.

Cerca del litoral se utilizan aparatos -- que, sumergidos, miden el oleaje por variación de presión, alcanzandose así una precisión del 1 %.

Para la protección de las construcciones costeras frente a la acción de las olas se emplean bloques tetrapodos de concreto ciclópeo.

Los resultados provenientes de analizar -- observaciones estadísticas realizadas por bancos oceanográficos en el área de Coatzacoalcos, combinandolas con predicciones confiables en -- base a los vientos observados, se muestran en la siguiente gráfica (fig.16a), donde se resumen los valores de porcentaje medio de ocurrencia por rangos de altura y por direcciones de incidencia en forma anual.

De lo anterior podemos mencionar que cerca del 79% inciden oleajes entre el Norte y el Este y el restante en el Noreste y Oeste.

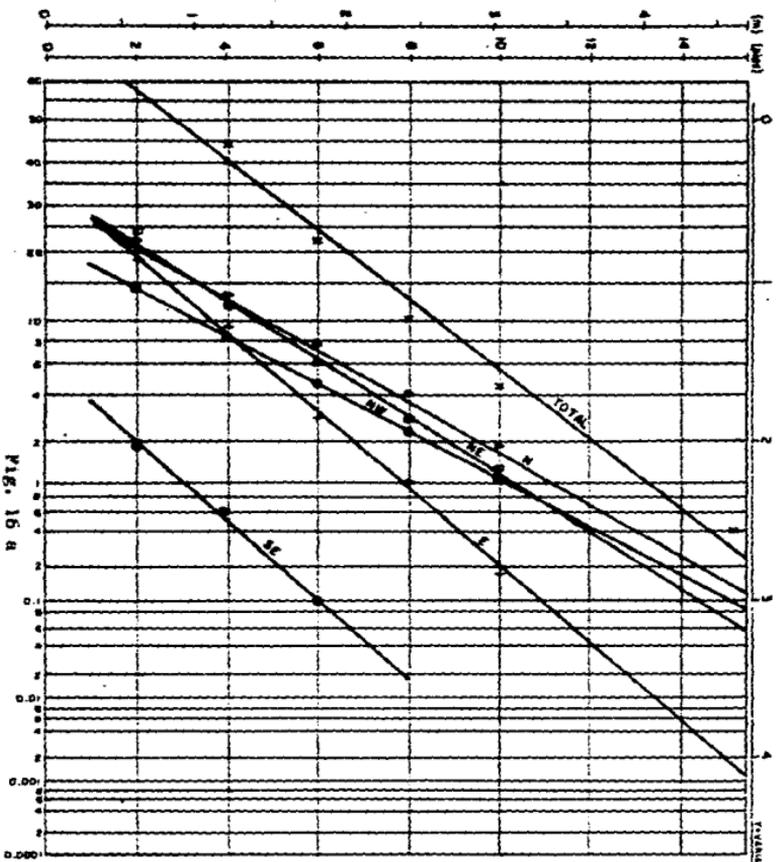


FIG. 16 B

ESTACION BIENAL  
 FUENTE:  
 A. H. GLENN  
  
 LOCALIDAD:  
 16° 17' N  
 96° 35' W  
 COMIZACOLCOS  
  
 SIMBOLOGIA:  
 4 — N  
 0 — NE  
 8 — NW  
 0 — SE  
 + — E  
 X — TOTAL  
  
 TESIS  
 PROFESIONAL  
  
 REGIMEN MEDIO ANUAL  
 DEL OLEAJE.

#### 4.2.4 Análisis Simplificado de Refracción.

La refracción de las olas es un proceso por medio del cual la dirección de una ola en movimiento cambia en aguas reducidas por la presencia de las curvas batimétricas. La parte de la onda que se desplaza en aguas poco profundas se mueve con menor velocidad que aquella que se encuentra en aguas profundas, originando que el frente se flexione, de tal manera que tiende a tomar el alineamiento de la batimetría existente. Conforme la velocidad disminuye, el fondo comienza a afectar el movimiento de las partículas del agua, induciéndoles un efecto de fricción que provoca una reducción en la velocidad de las mismas y por ende en la velocidad de propagación.

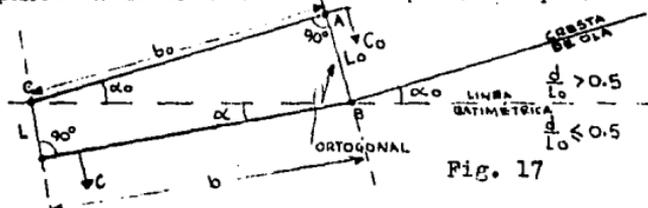
La importancia de la refracción del oleaje estriba en el hecho de que un posible cambio de patrón en el oleaje podría causar un efecto de concentración de arena mayor que en otras zonas lo que ocasionaría un cambio en la configuración en la costa.

El principio de la refracción está basado en la Ley de Snell, que plantea lo siguiente:

Una ola que viaja hacia la costa formando un determinado ángulo de incidencia con la línea de playa tendrá una parte de su cresta en a

aguas más profundas que la otra, resultando con ello diferentes velocidades, lo cual originará que la ola se doble, así como también la ortogonal.

En la fig. 17 se puede notar que existe un punto en la cresta de la ola que se desplaza en



aguas profundas con una velocidad  $C_0$  desde el punto A al B en un tiempo T una distancia  $L_0$ , otro punto en la cresta viajará del punto C al D la distancia L en el mismo tiempo T. CD es menor que AB debido a que  $C_d < C_0$ . Como la hipotenusa de éstos triángulos rectángulos es la misma, ésto es, BC:

$$\frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \alpha_0} = \frac{L}{L_0} = \frac{C}{C_0} = \tan h \frac{2\pi d}{L} \quad \text{Ec. (1)}$$

La ecuación anterior proporciona el cambio angular de la dirección de la ola debido a su paso por aguas bajas.

Como una primera aproximación al problema supondremos que las líneas batimétricas frente a la zona de estudio conservan cierto paralelismo, además las direcciones de oleaje por anali-

zar son:

Angulo entre la ortogonal y la perpend. a la línea de playa.  
Dirección de Incidencia.

N	$\alpha_0 = 7.0^\circ$
NW	$\alpha_0 = 36.5^\circ$
W	$\alpha_0 = 83.5^\circ$
NE	$\alpha_0 = 40.5^\circ$
E	$\alpha_0 = 96.5^\circ$

Profundidad = 3 m.

Período de oleaje = 6 seg.

Con los datos anteriores se realizarán los cálculos del coeficiente de refracción ( $K_r$ ) y el coeficiente de fondo ( $K_s$ ):

$$L_0 = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1.56 T^2 = 1.56(6)^2 = \boxed{56.16 \text{ m.}}$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{3}{56.16} = \boxed{0.0533}$$

de las tablas del Shore Protection Manual V.III para  $d/L_0 = 0.05$ :

$$K_s = \boxed{1.013} \quad \frac{C}{C_0} = \frac{L}{L_0} = \boxed{0.5449}$$

De la Ec. (1)

$$\frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \alpha_0} = \frac{C}{C_0} \quad \therefore \text{sen } \alpha = \frac{C}{C_0} \text{sen } \alpha_0 = 0.05449 \text{sen } \alpha_0$$

$$\therefore \alpha = \text{sen}^{-1}(0.5449 \text{sen } \alpha_0)$$

$$K_r = \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}$$

Dirección	$\alpha_0$	$\alpha$	Kr	Kr x Ks
N	7.0°	3.8°	0.997	1.010
NW	36.5°	18.9°	0.922	0.934
W	83.5°	32.8°	0.367	0.372
NE	40.5°	20.7°	0.902	0.913
E	96.5°	32.8°	-0.367	-0.372

Para determinar la altura de ola (H) utilizaremos la fórmula:

$$H = H_0 \cdot K_r \cdot K_s$$

Para la profundidad = -3 m.:

Ho(ft.)	Ho(m)	N	NW	W	NE	E
$\frac{0+1.9}{2} = 0.95$	0.29	0.29	0.27	0.11	0.26	-0.11
2.95	0.90	0.91	0.84	0.33	0.82	-0.33
4.95	1.51	1.53	1.41	0.56	1.38	-0.56
6.95	2.12	2.14	1.98	0.79	1.94	-0.79
8.95	2.73	2.76	2.55	1.02	2.48	-1.02
12.50	3.81	3.85	3.56	1.42	3.48	-1.42
15.00	4.57	4.62	4.27	1.70	4.17	-1.70

Si utilizamos la expresión siguiente encontraremos los acarrees litorales promedio anuales:

$$Q = (3'589,000 \cdot H_b^{2.5} \cdot \text{sen } 2\alpha) \cdot \%$$

donde:  $H_b$  es la altura de ola en la proximidad de la rompiente;  $\alpha$  el ángulo de incidencia en la proximidad de la rompiente, y % el porcentaje medio de ocurrencia.

$$H_b = K_r \cdot H_0$$

Ho	N		NW		W		NE		E	
	$\alpha=3.8^\circ$ Kr=0.997		$\alpha=18.9^\circ$ Kr=0.922		$\alpha=32.8^\circ$ Kr=0.367		$\alpha=20.7^\circ$ Kr=0.902		$\alpha=32.8^\circ$ Kr=0.367	
	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q
0.29	3.70	789.5	2.30	1870.3	0.3	36.2	4.70	3903.8	5.50	664.3
0.90	9.90	35840.1	6.00	82785.2	0.0	0.0	11.00	155022.6	10.10	20698.3
1.51	5.90	77879.4	3.70	186139.9	0.0	0.0	6.20	318588.6	5.50	41097.1
2.12	3.20	98654.7	2.20	258498.3	0.0	0.0	3.20	384048.2	2.40	41884.9
2.73	1.90	110227.1	1.30	287438.8	0.0	0.0	1.70	383929.7	0.80	26272.6
3.81	1.50	200231.2	1.00	508754.0	0.0	0.0	1.20	623576.6	0.20	15112.9
4.57	0.20	42067.7	0.10	80165.2	0.0	0.0	0.10	81881.7	0.00	0.0
<b>TOTAL</b>	565,689.7		1,405,651.7		36.2		1,950,951.2		145,730.1	

4.2.5 Conclusiones.- Los resultados obtenidos indican que la zona en estudio presenta condiciones de azolve conforme se aproxima a las escolleras y cierta tendencia de mayor acarreo en la zona Noreste.

El hecho de introducir en el área activa de la playa grandes volúmenes al día, produciría un fuerte aporte, lo que sin duda cambiaría el alineamiento de la línea de playa Oeste, reduciendo la capacidad de retención de la escollera Este del Puerto, lo que originaría la posibilidad de azolve del propio canal de entrada.

Si el aporte de material dragado corresponde a los finos (arcilla y limos), es posible que se mantengan en suspensión por las velocidades de corrientes, sin embargo podrían crear algún problema ecológico al afectar la densidad y transparencia del agua.

Por lo tanto no es conveniente el tiro directo a la playa sin la previa construcción de espigones en batería que lo confinen.

#### 4.3 TRABAJOS NECESARIOS DURANTE EL PROCESO DE DESCARGA.

Por otro lado, en la zona de descarga deben de hacerse algunas obras de acondicionamiento para recibir el material en el área de descarga.

4.3.1 Métodos de Estabilización de Rellenos.- En algunas ocasiones se da el caso que con el material extraído muchos poblados riberños ó costeros se benefician pues los terrenos aledaños que antes no tenían ningún uso, - incluso zonas pantanosas que propiciaban enfermedades, se mejoraban notablemente al elevarse su cota, quedando fertilizados y listos para ser utilizados en la agricultura, ó para la -- creación de zonas industriales sobre los terrenos rellenos que rendiría grandes beneficios económicos y ofertas de trabajo a corto plazo.

No obstante no siempre se tiene material adecuado. La arcilla, a pesar de ser un magnífico cementante en combinación con materiales gruesos, no es conveniente cuando se presenta sola, debido a que éste material no se consolida fácilmente y el drenado ó evaporación del agua requiere de mucho tiempo, lo que repercute en pérdidas por la inactividad de los terrenos.

Es por ésto que se comenzaron a desarro--llar técnicas de estabilización de suelos, los cuales permiten utilizar los terrenos en menos tiempo. Estos métodos son:

a) **Métodos Mecánicos**

b) **Métodos Químicos**

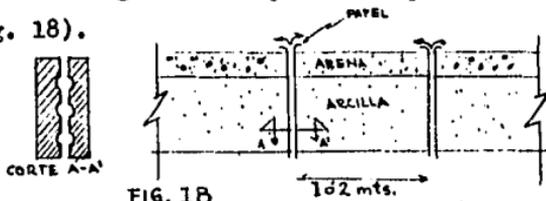
a) **Métodos Mecánicos:** Dentro de los méto--dos mecánicos existen 3 tipos:

1) **Precarga Simple:** Consiste en tender una capa de arena sobre el relleno arcilloso, --la que con su peso comprimirá éste haciendo --que expulse el agua. La rapidez de estabiliza--ción dependerá del espesor del relleno, el pe--so del alguna sobrecarga y las facilidades que el terreno brinde para drenar el agua.

2) **Con Pilotes de Arena:** Este es una modi--ficación al anterior pero además incluye el --hincado de pilotes de arena gruesa, la cual a--la acción de la precarga de la arena previamen--te tendida, el agua subirá por capilaridad a --la superficie a través de los pilotes.

3) **Con Papel:** Este es el más económico y eficiente. Consiste en clavar tiras de papel --al agua que contiene la arcilla. Además se usa una sobrecarga formada por una capa de arena.

(fig. 18).



b) Métodos Químicos: Estos están aún en proceso de investigación. Concisten en hincar barras de carbonato de calcio, que al contacto con el agua y la arcilla provocan una reacción química que acelera la evaporación del agua.

El área donde se depositará el material debe de estar libre de plantas, árboles y arbustos para evitar filtraciones ó futuros asentamientos diferenciales.

Para confinar el material, evitar que la mezcla se regrese a la zona de dragado ó inundada de las zonas pobladas ó de cultivo se construyen bordos al rededor de la zona de tiro. Estos bordos ó tarquinas (fig. 19) son construidos con material arcilloso tomado de bancos de préstamo si el material del lugar no reúne las condiciones necesarias ó si la zona está parcial ó totalmente inundada.

En las tarquinas deben de construirse una compuerta para permitir la salida del agua antes de desbordarse una vez que se han depositado los sólidos. Se colocan en las partes más distantes del punto de descarga con el fin de aumentar la longitud de recorrido de la mezola, lo cual permite que el agua pierda velocidad,

propiciando la decantación del material.

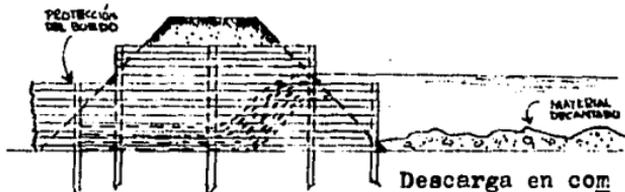
Se requiere además de maquinaria terres-  
tre para elaborar diversos trabajos simultanea-  
mente. Por ejemplo, el uso de tractores, retro  
excavadoras y camiones de volteo para trabajos  
de despalme, extracción, carga, acarreo y des-  
carga; motoconformadoras para elaborar terra-  
plenes, conformar el material y caminos de ac-  
ceso; compactadoras para trabajos de compacta-  
ción en bordos y caminos de acceso; gruas para  
el cargado y acarreo de tubería y equipo menor  
como soldadoras, cortadoras y bombas pequeñas  
de agua.

Materiales tales como soldaduras, juntas,  
refuerzos de placa, bridas, tornillería, empa-  
ques, tubería, etc. deben ser considerados tam-  
bién en la integración de precios.



Descarga con Tubería

Fig. 19



Descarga en com-  
puerta.

# **CAPITULO 5**

## V E J E C U C I O N D E L A O B R A .

### 5.1 TIPOS DE DRAGAS Y SUS COMPONENTES.

Podemos definir a una draga como una embarcación con dispositivos especialmente acondicionados para extraer materiales y así profundizar las áreas de navegación en puertos y canales ó en la utilización para la industria, la mainería ó la construcción.

Se clasifican en 2 tipos, que son:

**Dragas Mecánicas**

**Dragas Hidráulicas**

5.1.1 Dragas Mecánicas.- Fueron las primeras dragas que se usaron en la profundización de los puertos, sin embargo, actualmente siguen siendo instituíbles para trabajos muy específicos. De éste se utilizan 3 tipos que se pueden considerar como básicas:

- a) Dragas de Almeja
- b) Dragas de Cucharón
- c) Dragas de Rosario ó de Canjilones

a) Dragas de Almeja: Este tipo de draga es adecuada para la extracción de materiales cohesivos, no disgregables y suaves. Aconsejable también para profundidades mayores de 10 m., debido a que su poder de penetración es el de su propio peso, y muy convenientes en áreas --

muy restringidas como muelles, malecones, etc.

b) Dragas de Cucharón; Este tipo de draga es muy adecuada en materiales duros ó muy compactos, como rocas, debido a que su principal ventaja radica en la fuerza que puede ejercer el cucharón sobre el suelo a dragar, además -- son actualmente construidas con la suficiente capacidad como para poder extraer de un sólo - tajo volúmenes hasta de 7 m<sup>3</sup> en terreno duro y 20 m<sup>3</sup> en terreno suave.

c). Draga de Rosario ó de Canjilones: Esta es más eficiente que las anteriores, ya que su ciclo de trabajo es más continuo y puede utilizarse en cualquier tipo de material. Se les emplea muy particularmente en la producción de - grava y arena así como en la recuperación de - diversos materiales y metales preciados como - el estaño y el oro. Son desmontables y de fá-- cil transporte, cuya capacidad varían de 200 a 500 lbs. cada canjilón (fig. 20).

Cada una de éstas dragas tienen sus ventajas, sin embargo tienen mayores inconvenientes, por ejemplo, el alto costo de mantenimiento -- que requieren por su mayor peso por unidad de potencia de excavación y mayor número de pie-- zas expuestas al desgaste, además requieren u-



na tripulación más numerosa para su operación.

Pero el inconveniente principal es que só lo pueden realizar una parte del ciclo de trabajo, es decir, únicamente la extracción del - suelo, pues el transporte-excepto cuando la -- descarga se hace a los lados del canal-tiene - que hacerse por medio de chalanes-tolva(fig.21) que posteriormente son remolcados hacia la zona de tiro en mar abierto.

5.1.2 Dragas Hidráulicas.- Las dragas hidráulicas, por el contrario, pueden realizar - ámbas fases de dragado. Estas se diferencian - de las mecánicas básicamente porque utilizan - el agua en la que flotan para aumentar la eficiencia de dragado. El material se mezcla con el agua y se bombea como si fuera un sólo fluido, descargando en el lugar deseado, lo que hace de éstas más eficientes y productivas.

Existen 4 tipos de dragas de función hidráulica que son:

- a) Dragas de Tolva
- b) Dragas Estacionarias.
- c) Dragas Fijas.
- d) Dragas Mixtas

a) Dragas de Tolva: El manejo y diseño de éste tipo de dragas es similar al de un barco. Poseen como elemento principal, al igual que -

todas las dragas hidráulicas, la bomba de succión, el cual extrae el material del fondo a través de una tubería que en su extremo inferior posee una rastra ó cabeza, posteriormente es descargado en su propia tolva por medio de una serie de tuberías de distribución. Una vez llenado la draga navega hasta el lugar de tiro vaciando las compuertas del fondo (fig. 22).

Existen dragas de tolva con capacidades que varían de los 300 a los 8000 m<sup>3</sup>, y los tiempos requeridos para el cargado de ésta, de los 30 a los 70 min. respectivamente. Muy corto el tiempo comparado con su capacidad.

Debido a sus características y métodos de operación, éste tipo de dragas tienen las siguientes ventajas:

1° Es la más adecuada, económica y segura para trabajos en áreas expuestas ó en mar abierto, ya que la rastra puede llegar a amortiguar variaciones de marea de hasta 10 m.

2° Su traslado es rápido y de bajo costo a otros puertos ó lugares de operación con sus propias máquinas.

3° Resulta adecuado su empleo en lugares de intenso tráfico marítimo, ya que su operación no interfiere en la navegación.

4° Adecuadas también en trabajos de mantenimiento donde los problemas de azolve son continuos, como bocanas, puertos fluviales, etc.

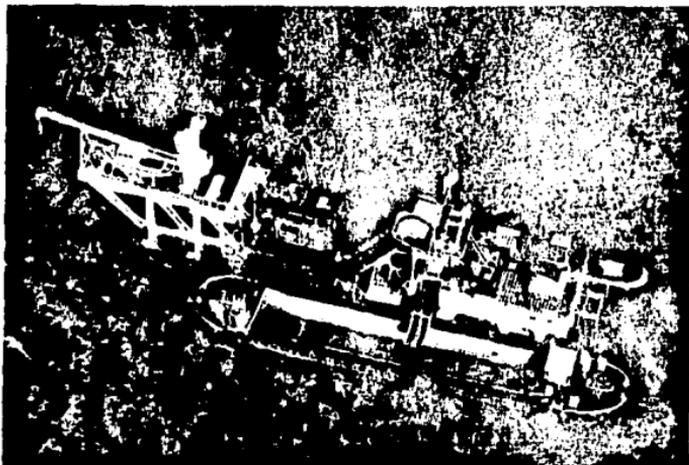


Fig. 21

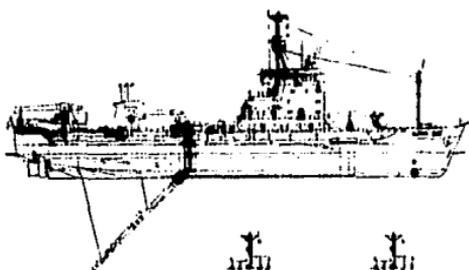
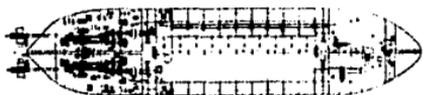


Fig. 22



Sus desventajas son:

1° Tienen la limitación de no dragar en las proximidades de los muelles ó canales, --- pues la profundidad del área es deficiente para que pueda maniobrar.

2° Al igual que las dragas mecánicas, su operación es discontinua, por lo que no es muy aconsejable cuando se requieran grandes producciones en un tiempo limitado.

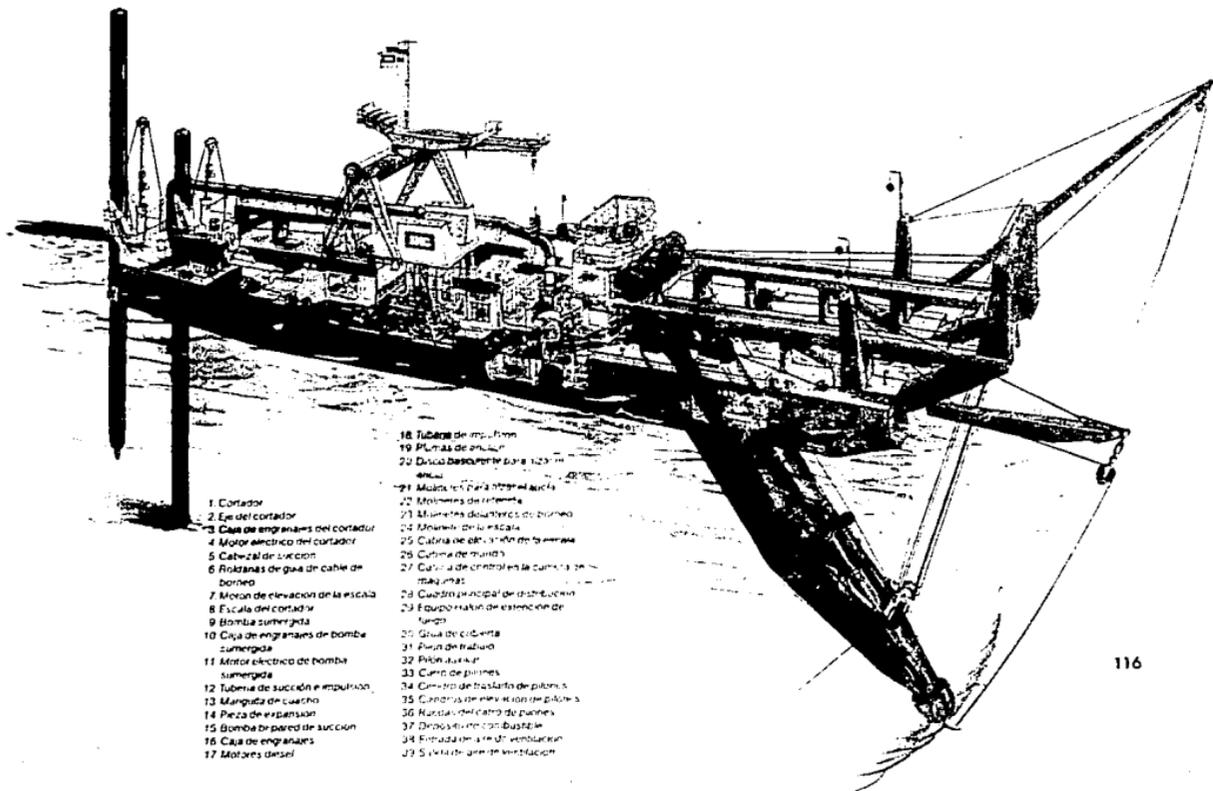
b) Dragas Estacionarias: Son las de mayor eficiencia de todos los equipos hidráulicos. - Su producción es continua y no necesita moverse del lugar de trabajo para descargar, ya que envía el material directamente a la zona de depósito por medio de una tubería.

Se pueden dividir en 3 clases:

b.1) Dragas de Succión Simple

b.2) Dragas de Succión con Cortador

b.1) Dragas de Succión Simple: Son las más sencillas. Consta principalmente de la bomba de dragado que aspira la mezcla de agua y material excavado mediante una tubería con boca de succión colocada en la escala, que es la estructura metálica frontal que se arría hasta el fondo del lecho. Su uso se limita sólo a la excavación de materiales aluviales suaves.



1. Contador
2. Eje del cortador
3. Caja de engranajes del contador
4. Motor eléctrico del contador
5. Cabezal de succión
6. Rotanas de gas de cable de borneo
7. Mecan de elevación de la escalá
8. Escala del contador
9. Bomba sumergida
10. Caja de engranajes de bomba sumergida
11. Motor eléctrico de bomba sumergida
12. Tubera de succión e impulsión
13. Mangata de caucho
14. Pieza de expansión
15. Bomba de pared de succión
16. Caja de engranajes
17. Motores diesel

18. Tubera de impulsión
19. Pluma de impulsión
20. Disco basculante para la succión
21. Muelle para el cable de borneo
22. Motores de refuerzo
23. Muelle de ballestas de borneo
24. Muelle de la escalá
25. Cadena de elevación de la escala
26. Cadena de muelle
27. Control de control en la cámara de máquinas
28. Cuadro principal de distribución
29. Equipo de elevación de extensión de fondo
30. Guía de corriente
31. Pilon de trabajo
32. Pilon auxiliar
33. Canto de puentes
34. Centro de basculación de pilones
35. Centros de elevación de pilones
36. Nervios del canto de puentes
37. Dirección de control
38. Bomba de agua de ventilación
39. Sistema de ventilación

b.2) Dragas de succión con Cortador: Son las dragas más versátiles y constituyen las unidades de excavación más usadas en los trabajos marinos. Su función es similar al de la draga de succión simple, con la diferencia de que está equipada con un cabezal rotatorio provisto de cuchillas que están dispuestas en la boca de succión. Estas cuchillas aflojan el material para después ser aspirado y descargado por la bomba.

Son utilizadas generalmente en zonas de calma, pues su uso en mar abierto es peligroso, comparativamente con las dragas de tolva, la escala no está diseñada para amortiguar las variaciones de marea.

Atacan eficientemente cualquier tipo de material de aluvión, así como depósitos compactos de arcilla. Cuando se presentan algunos tipos de basalto ó caliza, se usan dragas de mayor potencia en el cortador sin necesidad del uso de explosivos.

Otra de las variantes que existen de éste tipo en el mercado es la llamada rueda de succión, diseñada a fines de 1978 por la IHC HOLLAND. La finalidad era combinar la potencia de una draga de cangilones con la eficiencia de una de succión. El resultado es una maquina que trabaja con gran rendimiento en suelos ta-

les como arcilla guijarrosa y arena muy compactada en estratos más gruesos de suelo debido a al gran diametro que posee la rueda cortadora.

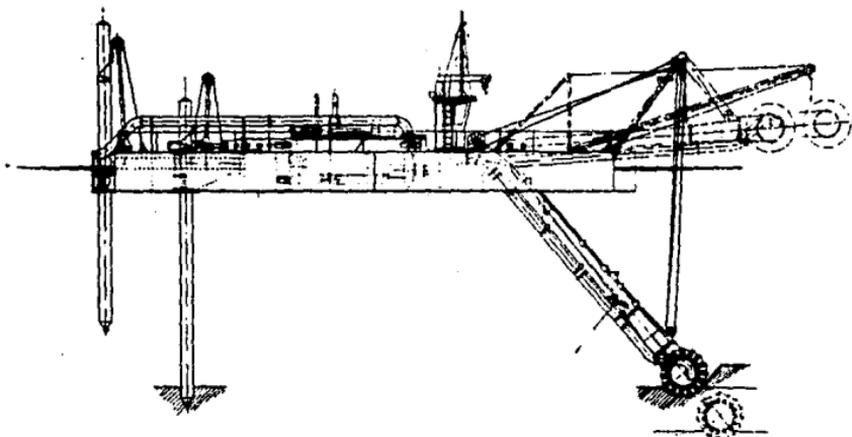
Desventajas:

1º Debido a su mayor peso en comparación con las dragas de cortador, obliga a una potencia de flotación y una instalación de izaje en la escala mas grande.

2º El efecto útil de la operación en el corte es deficiente, ya que por las características geométricas de la rueda, la excavación no es uniforme (figs. 23 y 24).

c) Dragas Fijas: Carecen totalmente de movimiento. Constan de una estructura fija situada convenientemente para no obstaculizar el tráfico marítimo. Se utilizan en puertos relativamente expuestos donde existe acarreo de azolve continuo, su localización debe de ser estudiada para que pueda trabajar con el mayor rendimiento posible.

d) Dragas Mixtas: Son una combinación de dragas estacionarias y autopropulsadas. Son las más versátiles y costosas de las dragas hidráulicas pues manejan grandes volúmenes simultáneamente.



**Datos principales de las dragas de succión de rueda IHC Beaver Rueda**

IHC Beaver Rueda	760*	1500*	2900*	4000*
Potencia de la rueda dragadora (kW)	75	170	320	550
Potencia de la bomba de succión (kW)	370	810	1470	2060
Diámetro del tubo de succión (mm)	400	550	650	800
Profundidad de dragado (m)	10	14	16	16

\* El número del tipo expresa la potencia total en CV

Fig. 23

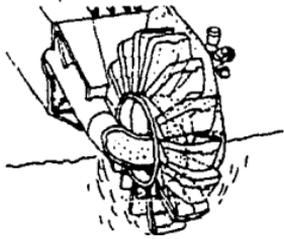
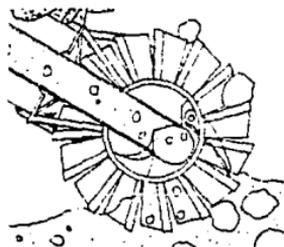


Fig. 24

Para analizar más a fondo las dragas hidráulicas veamos las partes más importantes --conque constan éstas, que son: la bomba de dragado y la cabeza de succión.

5.1.2.1 La Bomba de Dragado.- Esta pieza, por decirlo de alguna manera, es el alma de -- las dragas hidráulicas y su construcción y funcionamiento determinan la economía y efectividad de éstas.

La construcción de las bombas de dragado, es el resultado de continuos estudios y experimentos en laboratorio que determinan las dimensiones más convenientes para permitir el paso de los sólidos, evitar el desgaste excesivo y proporcionarle resistencia suficiente en todas sus partes. Todo bajo las leyes de la hidráulica.

El tipo común en las dragas hidráulicas de bomba son las centrífugas. Constan básicamente de una parte giratoria que mueve al fluido por efecto de su fuerza centrífuga. A la -- parte giratoria se le llama impulsor, que está en contacto con la cantidad de agua necesaria que pasa por la cámara de bombeo con el fin de darle velocidad para su movimiento.

Las partes más importantes de una bomba -  
son:

- a) El Impelente
- b) El Envolverte
- c) El Eje Impulsor
- d) Tapas Laterales.

a) El Impelente: Consta de 2 placas de acero al manganeso circulares, unidas paralelamente por 3 ó 5 álabes que se extienden hasta la periferia, pero no hacia el centro, pues es torban al paso de las piedras ú otros sólidos. Teóricamente a mayor número de aspas da mejor guía al material succionado, pero al igual que lo anterior, se restringe el paso de los sólidos a la bomba. Sobre todo en el centro del impelente donde convergen las aspas, además de - que aumentan las pérdidas por fricción.

b) El Envolverte: Esta es la pieza más -- costosa de la bomba, no sólo por ser la más vo luminosa y pesada, sino también debido a la -- gran cantidad de maquinado para hacerla resistente, robusta y duradera al desgaste.

c) Tapas de la Bomba: Se encuentran localizados en los costados del envolverte, son de fundición ó de acero especial. Generalmente es tán divididas en sentido diametral, formando una pieza superior y otra inferior para así facilitar su desmontaje.

d) Eje Impulsor: Está construido en acero y por un extremo va roscado para poderlo acoplar al impelente y por otro una brida de acoplamiento al motor impulsor.

Dentro del mercado de las bombas de draga do existe una gran variedad que van desde los diámetros de 150 mm. (6") hasta 1200 mm (47"), capacidades de 56 lps (365 gpm) hasta 2270 lps (36000 gpm) y presiones de 1 a 10 atm. ( 1 a 10.3 Kg/cm<sup>2</sup>) respectivamente.

A continuación se muestran las características para diferentes dimensiones de bombas de dragado:

### IHC Standard Dredgepumps

Suction inlet dia. mm	HIGH PRESSURE Max. pressure 5.5-7 bar when pumping water			MEDIUM PRESSURE Max. pressure 3.5-5.5 bar when pumping water			LOW PRESSURE Max. pressure 2.5-3.5 bar when pumping water		
	Pump type Dia. (mm) - Depth (cm) - Blade (cm)	Number of blades		Pump type Dia. (mm) - Depth (cm) - Blade (cm)	Number of blades		Pump type Dia. (mm) - Depth (cm) - Blade (cm)	Number of blades	
150	50 - 7.5 - 15	3							
200	62 - 10 - 20	3		50 - 10 - 20	3				
250	75 - 15 - 25	3		62 - 12.5 - 25	3				
300	90 - 17.5 - 30	3	5	75 - 15 - 30	3				
350	110 - 20 - 35	3	5	90 - 17.5 - 35	3	5	75 - 25 - 35	3	
400				110 - 20 - 40	3	5			
400	125 - 22.5 - 40	3	5				90 - 30 - 40	3	
450	125 - 22.5 - 45	3	5	125 - 22.5 - 45	3	5	90 - 30 - 45	3	
500	137.5 - 25 - 50	3	5	125 - 27.5 - 50	3	5	105 - 32.5 - 50	3	5
550	150 - 27.5 - 55	3	5	125 - 27.5 - 55	3	5	105 - 32.5 - 55	3	5
600	162.5 - 30 - 60	3	5	137.5 - 30 - 60	3	5	125 - 35 - 60	3	5
650	175 - 32.5 - 65	3	5	150 - 32.5 - 65	3	5	125 - 37.5 - 65	3	5
700	190 - 35 - 70	3	5	162.5 - 35 - 70	3	5	137.5 - 40 - 70	3	5
750	205 - 37.5 - 75	3	5	175 - 37.5 - 75	3	5	150 - 42.5 - 75	3	5
800	220 - 40 - 80	3	5	190 - 40 - 80	3	5	162.5 - 50 - 80	3	5
850	235 - 42.5 - 85	3	5	205 - 42.5 - 85	3	5	175 - 52.5 - 85	3	5
900	250 - 45 - 90	3	5	220 - 45 - 90	3	5	190 - 55 - 90	3	5
950				235 - 47.5 - 95	3	5			
1000				250 - 50 - 100	3	5	205 - 60 - 100	3	5
1100							220 - 65 - 110	3	5
1200							280 - 65 - 120	3	5

# AMSCO DREDGE PUMPS

## TYPICAL CAPACITY-OUTPUT CHART Output with Various Percentages of Solids (Aggregates assumed to weigh 100 lbs. per cubic foot)

### DIMENSIONS

#### 6 INCH - FORM 24

Over-all Length..... 5 feet, 3 inches  
Width..... 3 feet, 5 1/2 inches  
Height..... 3 feet, 5 1/2 inches  
Approximate Shipping Weight (not including drive details and/or coupling)..... 3,579 pounds

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
986	28	35	39	52	52	70
1240	37	50	55	74	73	98
1500	44	58	87	90	89	120

#### 8 INCH - FORM J2

Over-all Length..... 7 feet, 1 1/2 inches  
Width..... 4 feet, 2 inches  
Height..... 4 feet, 10 inches  
Approximate Shipping Weight (not including drive details and/or coupling)..... 6,735 pounds

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
1570	48	62	70	94	93	125
2200	65	88	98	132	130	175
2870	77	104	119	181	188	214

#### 10 INCH - FORMS 32 AND 34

Over-all Length..... 7 feet, 4 inches  
Width..... 4 feet, 6 inches  
Height..... 5 feet, 2 1/2 inches  
Approximate Shipping Weight (not including drive details and/or coupling)..... 8,198 pounds

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
2480	70	94	108	147	145	198
3430	102	137	162	208	203	274
4180	123	166	188	260	248	332

#### 12 INCH - FORMS 36, 40 AND 43

Over-all Length..... 8 feet, 1 inch  
Width..... 5 feet, 9 inches  
Height..... 6 feet, 3 inches  
Approximate Shipping Weight (not including drive details and/or coupling)..... 14,740 pounds

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
4290	128	170	189	266	282	340
6000	148	198	219	299	292	395
8000	178	240	288	360	356	480

#### 14 INCH - FORM 40

Over-all Length..... 8 feet, 1 inch  
Width..... 5 feet, 9 inches  
Height..... 6 feet, 3 inches  
Approximate Shipping Weight (not including drive details and/or coupling)..... 14,860 pounds

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
5180	153	207	228	310	308	413
6900	178	241	267	361	358	481
7180	212	287	318	430	425	576

#### 16 INCH - FORMS 46, 44 AND 50

Over-all Length..... 8 feet, 10 1/2 inches  
Width..... 6 feet, 2 inches  
Height..... 6 feet, 8 1/2 inches  
Approximate Shipping Weight (not including drive details and/or coupling)..... 19,000 pounds

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
7380	218	291	322	436	430	581
7970	238	318	364	480	470	638
8790	288	388	430	580	575	776

#### 18 INCH - FORM 54

Over-all Length..... 10 feet, 8 inches  
Width..... 7 feet, 1 inch  
Height..... 8 feet  
Approximate Shipping Weight (not including drive details and/or coupling)..... 25,100 pounds

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
9890	261	363	392	530	522	706
10,290	304	411	458	617	610	823
13,000	388	521	580	786	781	1045

**TYPICAL CAPACITY-OUTPUT CHART**  
Output with Various Percentages of Solids  
(Aggregates assumed to weigh 100 lbs per cubic foot)

**DIMENSIONS**

**20 INCH — FORMS 44, 48 AND 57**  
Over-all Length.....10 feet, 10 1/2 inches  
Width.....7 feet, 7 inches  
Height.....8 feet, 7 1/2 inches

Approximate Shipping Weight (not including drive details—driven sheave and/or coupling).....33,200 pounds

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
11,800	350	474	525	710	700	950
12,800	380	513	570	770	780	1050
15,800	460	620	690	930	920	1240

**22 INCH**

The wetted ends for these pumps are regular production items. However, the complete pump units are usually custom designed. Data on over-all length, width and height of unit plus approximate weights will vary with the installation.

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
14,250	423	573	635	860	845	1142
17,750	526	713	790	1070	1061	1411
23,800	700	947	1050	1420	1400	18

**24 INCH**

The wetted ends for these pumps are regular production items. However, the complete pump units are usually custom designed. Data on over-all length, width and height of unit plus approximate weights will vary with the installation.

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
17,000	505	682	757	1025	1010	1365
21,250	630	854	945	1280	1260	1706
28,250	836	1135	1255	1700	1678	2270

**27 INCH**

The wetted ends for these pumps are regular production items. However, the complete pump units are usually custom designed. Data on over-all length, width and height of unit plus approximate weights will vary with the installation.

Capacity GPM	10%		15%		20%	
	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr	Yds/hr	Tons/hr
21,900	638	862	957	1295	1276	1725
27,900	800	1082	1200	1625	1600	2170
36,900	1069	1445	1600	2170	2130	2890

Larger sizes available on application.

**Amsco Determination of Left and Right Hand Pumps**

Amsco Dredge Pumps are available as left or right hand units with a variety of discharge positions. When standing facing the suction side of the pump, determine the direction of revolution of the shaft. If the shaft revolves clockwise, the pump is left hand. If the shaft revolves counterclockwise, the pump is right hand.

**LEFT HAND**  
Bottom Discharge

**RIGHT HAND**  
Bottom Discharge



*All clockwise rotation pumps are left hand*



L. H.  
Bottom Discharge



L. H.  
Upturn Discharge



L. H.  
Top Discharge



L. H.  
Top Horizontal Discharge



R. H.  
Bottom Discharge



R. H.  
Upturn Discharge



R. H.  
Top Discharge



R. H.  
Top Horizontal Discharge

Para aumentar la eficiencia y poder dragar a mayores profundidades, se utilizan bombas sumergibles acopladas, ya sea en la escala de una draga estacionaria ó en la tubería de succión de una draga de tolva.

Comprende una bomba centrífuga herméticamente sellada y acoplada por medio de una brida a un moter eléctrico adecuado a la capacidad de la bomba ( fig. 25 ).

Además de las anteriores, éstas bombas poseen las siguientes ventajas.

1º Proceso de succión más suave y evita las vibraciones.

2º Mayor eficiencia en mezclas más densas.

3º Combina un máximo de rendimiento con un mínimo de peso.

4º Su mantenimiento es accesible y económico.

Otro método para aumentar la eficiencia en el proceso de dragado es el uso de los Jet Pumps. Conciste en inyectar agua a presión, por medio de una bomba centrífuga de a bordo, directamente sobre la cabeza cortadora ó la rastra de succión con el fin de aflojar el material y ser extraído fácilmente (fig.26)

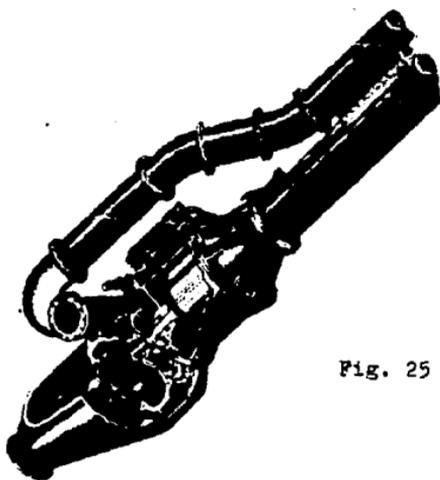


Fig. 25

### Integral suction systems

Suction pipe diameter mm	Pump type
350	75-25-35
400	90-30-40
450	90-30-45
500	105-32,5-53
550	105-32,5-55
600	125-35-60
650	125-37,5-65
700	137,5-40-70
750	150-42,5-75
800	162,5-50-80
850	175-52,5-85
900	190-55-90
1000	205-60-100

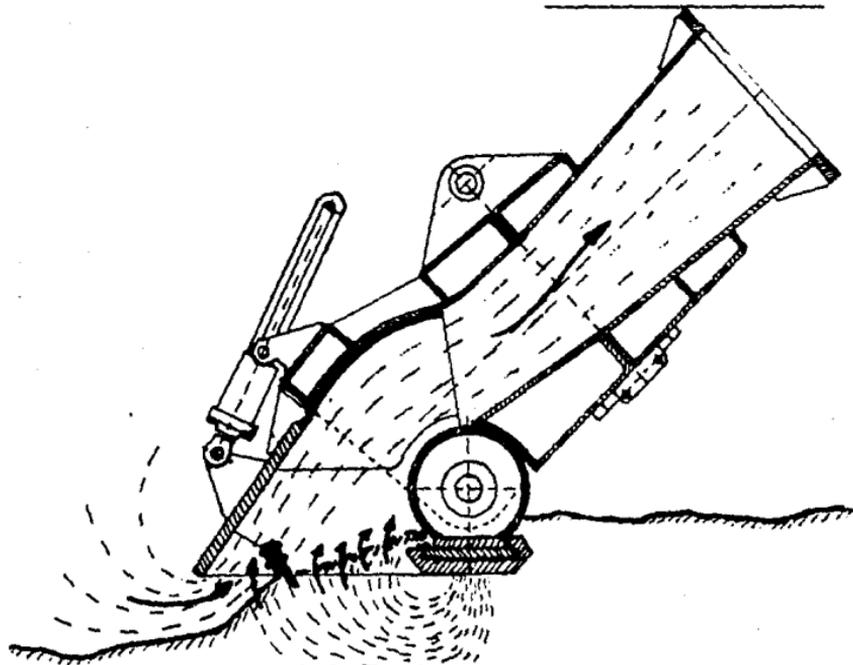
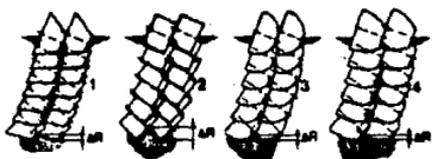


Fig. 26

5.1.2.2 La Cabeza de Succión.- Dentro del proceso de extracción siempre ha existido el problema de la tierra que ha sido cortada pero que no se incorpora a la corriente de la bomba y que por lo tanto se queda en el fondo.

Aunque éste desperdicio puede ser muchas veces ocasionado por corrientes marinas ó errores técnicos, el principal problema radica en el diseño del cortador. Su forma constituye uno de los factores que determinan una buena producción.

Debido a continuos estudios de laboratorio se ha logrado determinar su diseño (fig. 27)



Perfil de succión (SR) diferentes formas de cortadores

1. Forma de trapecio
2. Forma cilíndrica
3. Forma esférica
4. Forma del cortador MC

Fig. 27

que varía entre la forma trapezoidal y esférica, lo cual ofrece la ventaja de que los cuchillos

ataquen en una superficie más grande, de manera que el mantenimiento sea más reducido. Esto significa que el tiempo de permanencia sea más largo. Además la fuerza de corte en el remate del cortador es mayor puesto que ahí el diámetro es menor.

En torno a ésta forma se desarrollaron 2 tipos principales:

- 1) Cortador para suelo blando
- 2) Cortador para suelo resistente

1) Cortador para suelo blando: Incluyen - las cuchillas lisas ó escopelas (figs. 28 y 29)

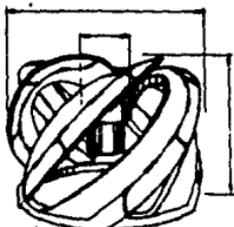


Fig.28 .



Fig.29

2) Cortador para suelo resistente: Son equipadas con dientes intercambiables (fig. 30).



Fig.30

Las cualidades del - corte dependen en gran - parte de la posición de - los cuchillos. Numerosas pruebas demostraron que - el valor de la fuerza del corte disminuye a medida que el ángulo de corte se reduce (f.30y31).



Cilindro del cortador con tres hojas cortando a la vez  
1. Probabilidad del corte  
2. Orzuto

Fig.30



1. Angulo de corte  
2. Angulo de la cula  
3. Angulo de libre curva  
4. Velocidad circumferencial  
5. Velocidad de avance  
6. Tangente al orzuto.

Fig.31

Tabla 1

## Cortadores para tierra blanda

diámetro de la tubería de succión min. max. mm	tipo	d <sub>máx.</sub> mm	altitud mm	cantidad de brazos	cantidad de cuchillos
250-300	IHC 830-50	1010	640	5	5 x 2
300-350	IHC 955-50	1180	740	5	5 x 2
350-400	IHC 1080-65	1310	840	5	5 x 2
400-450	IHC 1205-90	1460	940	5	5 x 2
450-500	IHC 1330-120	1600	1020	5	5 x 2
500-550	IHC 1455-170	1770	1130	5	5 x 2
500-600	IHC 1580-205	1920	1230	5	5 x 2
550-650	IHC 1700-265	2060	1320	5	5 x 2
600-700	IHC 1830-320	2220	1420	6	6 x 3
650-750	IHC 1950-385	2370	1510	6	6 x 3
700-800	IHC 2085-470	2530	1620	6	6 x 3
750-850	IHC 2200-550	2650	1710	6	6 x 3
750-900	IHC 2300-660	2830	1810	6	6 x 3
800-950	IHC 2450-760	2970	1900	6	6 x 3
850-1000	IHC 2515-880	3030	1990	6	6 x 3
900-1050	IHC 2705-1020	3280	2100	6	6 x 3
950-1100	IHC 2830-1170	3430	2200	6	6 x 3

Tabla 2

## Cortadores para tierra dura

diámetro de la tubería de succión min. máx. mm	tipo	d <sub>máx.</sub> mm	altitud mm	cantidad de brazos	cantidad de dientes	dimensión de los dientes
-300	IHC 830 P-50	1280	700	5	5 x 7	9
300-350	IHC 955 P-50	1400	700	5	5 x 7	9
-400	IHC 1080 P-95	1530	910	5	5 x 7	9
400-450	IHC 1205 P-95	1770	910	5	5 x 7	9
-500	IHC 1330 P-180	1830	1130	5	5 x 7	9
500-550	IHC 1455 P-180	1950	1130	5	5 x 7	9
-550	IHC 1580 P-265	1950	1230	5	5 x 7	10
550-600	IHC 1580 P-265	2080	1230	5	5 x 7	10
550-650	IHC 1700 P-265	2200	1230	5	5 x 7	10
-650	IHC 1700 P-370	2350	1440	5	5 x 7	10
650-700	IHC 1830 P-370	2480	1440	5	5 x 7	10
650-750	IHC 1950 P-370	2600	1440	5	5 x 7	10
-750	IHC 1950 P-550	2650	1650	5	5 x 7	10
750-800	IHC 2085 P-550	2790	1650	5	5 x 7	10
750-850	IHC 2222 P-550	2930	1650	5	5 x 7	10
-800	IHC 2085 P-880	2790	1770	6	6 x 7	12
800-850	IHC 2222 P-880	2930	1770	6	6 x 7	12
800-900	IHC 2330 P-880	3040	1770	6	6 x 7	12
-800	IHC 2085 P-1180	3040	1820	6	6 x 7	12
800-850	IHC 2222 P-1180	3040	1820	6	6 x 7	12
800-900	IHC 2330 P-1180	3040	1820	6	6 x 7	12
-800	IHC 2085 P-1470	3060	1840	6	6 x 7	12
800-850	IHC 2222 P-1470	3060	1840	6	6 x 7	12
800-900	IHC 2330 P-1470	3060	1840	6	6 x 7	12
-900	IHC 2085 P-1840	3070	2150	6	6 x 7	
800-850	IHC 2222 P-1840	3070	2150	6	6 x 7	
800-900	IHC 2330 P-1840	3070	2150	6	6 x 7	
-800	IHC 2085 P-2200	3080	2200	6	6 x 7	
800-850	IHC 2222 P-2200	3080	2200	6	6 x 7	
800-900	IHC 2330 P-2200	3080	2200	6	6 x 7	

Por otra parte, las dragas autopropulsadas utilizan en la succión cabezas en forma de rastrillo que, con la ayuda de Jet Cutters, -- cortan el material y lo succionan. Estas, en comparación con el cortador, no atacan el material de frente sino arrastrando el cabezal a lo largo de la sección de dragado (figs. 32).

El rango de tamaños varían de 40 cm.(16") hasta 120 cm.(47") de diámetro.

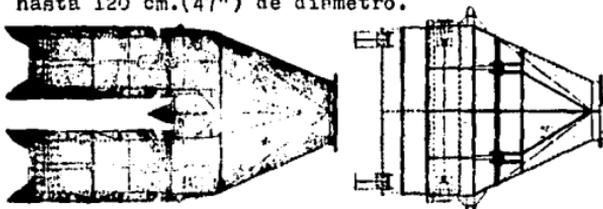


Fig. 32.a

Fig. 32.b

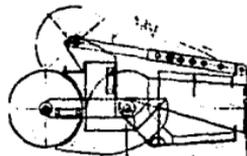
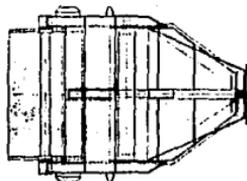
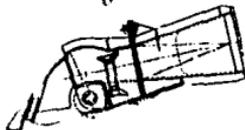


Fig. 32.c

5.1.3 Otros Tipos.- Existen otro tipo de dragas más sofisticadas para trabajos específicos, en lugares inaccesibles; por ejemplo, en zonas pantanosas, lagunas pequeñas ó esteros, canales de desagüe, etc. Funcionan con los 2 principios, ya sea mecánicos ó hidráulicos ó simultaneos a la vez (figs. 33).

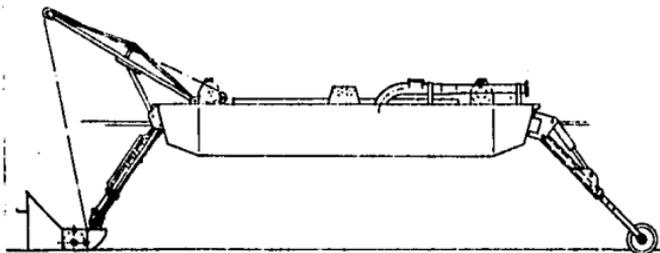


Fig.33.a

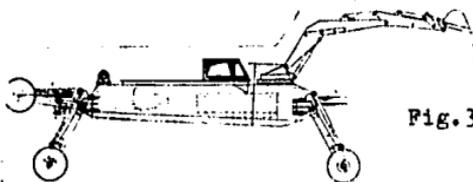


Fig.33.b

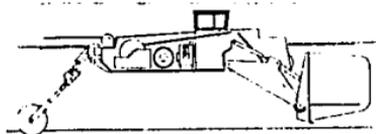


Fig. 33.c

## 5.2 CONSIDERACIONES GENERALES.

5.2.1 Justificaciones.- Un dragado es justificable y puede ser solicitado cuando se persigue alguno de los siguientes fines:

1º Conseguir ó aumentar las profundidades de operación de los puertos, antepuertos, canales de navegación, dársenas de maniobra ó fondeaderos.

2º Sanear terrenos pantanosos, permitiendo el libre flujo de aguas estancadas al abrir canales ó drenes.

3º Eliminar suelos de mala calidad, bien sea rellenandolos ó sustituyendolos por otros adecuados, en función del tipo de obras que se piensa realizar en ellos.

4º Cuando es necesario el nivel de ciertas áreas de terrenos, rellenandolos.

Por otro lado deben de tomarse en consideración el grado de importancia que tenga la obra; los volúmenes a dragar y el tiempo requerido para hacerlo, para así determinar el equipo que deberá usarse.

5.2.2 Ventajas.- Las ventajas que puede proporcionar el aumento de tirante en un puerto, son:

1º Conseguir que los navíos que frecuen--

tan el puerto, puedan entrar ó salir a plena - carga, sin tener necesidad de esperar las ma--reas para maniobrar.

2º Se evitan, al aumentar las profundida--des en canales de navegación y dársenas de ma--niobra, los accidentes que puedan ocasionar a--verías a los buques, lograndose fomentar nue--vos tráficos, al proporcionar a los mismos ma--yor seguridad dentro del puerto.

Para tener una idea de la importancia que tiene el aumento de profundidad en un puerto, basta decir que en los buques mercantes, 30 cm. de incremento de calado en las proximidades de la línea de máxima carga, equivale a aproxima--damente 1000 tons. de carga útil.

El prestigio de un puerto, por su seguri--dad y facilidades de maniobra, depende de su - calado, por lo que son preferidos los puertos con mayor profundidad, pues éstos permiten a - los navieros tomar cargamentos a cupo completo, con bajos costos de operación y primas de segu--ro mínimas, gastos que al final se reflejan en el precio de la tonelada transportada.

5.2.3 Tipos de Dragado.-- Los dragados pue--den ser:

- a) De Construcción
- b) De Conservación

a) Dragados de Construcción: Se realizan cuando es necesario abrir un nuevo puerto ó de ampliar los ya existentes.

b) Dragados de Conservación: Tienen por objeto mantener la profundidad de los canales, neutralizando la aportación de azolves provocada por las corrientes ó por la acción natural de las olas. Los dragados de conservación pueden ser de 2 tipos:

b.1) Ocasionales

b.2) Continuos

b.1) Ocasionales: Estos se llevan a cabo en períodos más ó menos cortos, con el fin de limpiar depósitos acumulados en una temporada larga.

b.2) Continuos: Se llevan a cabo de modo ininterrumpido ó en períodos muy frecuentes -- con el fin de extraer grandes cantidades de azolve que se depositan y mantener así constante el tirante.

### 5.3. CRITERIO DE ELECCION DE LA DRAGA.

Dentro de la gran variedad de dragas que existen en el mercado internacional, es necesario conocer aquellas que por su funcionamiento sea la más eficiente. Para el caso de Pajaritos, donde se propone dragar alrededor de 9.5 millones de  $m^3$  en su primera fase, por lo que se requiere una draga potente y eficaz para abatir los tiempos y costos de operación.

Tomando en cuenta las condiciones geológicas; el tipo de dragado que se va hacer y la ubicación de la zona, comparativamente con las sugerencias hechas por el MTI (Tabla V.C) se llegó a la conclusión que las dragas estacionarias de succión con cortador son las más apropiadas para ésta obra.

5.3.1 Elección del Tamaño Requerido. - La serie de operaciones que se sigue para la desicción inicial del equipo de bombeo que se requiere y que finaliza con su adquisición, se divide en los siguientes pasos:

1º. El ingeniero deberá determinar los requerimientos ó condiciones bajo las cuales operará el sistema:

a) Propiedades físicas y químicas del --- fluido: Como son: viscosidad, densidad, corrosión, estabilidad química, etc. bajo la in----

TABLA V.C.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS DRAGAS

CONDICION PRINCIPAL	SUBCONDICION	DRAGA DE TOLVA			DRAGA DE ALMEJA		DRAGA DE CANJILONES	DRAGA DE SUCCION		DRAGA DE SUCCION CON CORTADOR	
		Dragado	Descarga	Bombeo en tierra	Dragado y Descarga regular	Dragado y Descarga Grande	Dragado, Cargado y Desc.	Dragado y Carga	Bombeo a tierra	Dragado y Carga	Bombeo a tierra
I.Estado del mar	1.1 Marea de 0-0,5m	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno
	1.2 Marea de 0,5-1.0m	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Regular	Regular	Bueno	Aceptable
	1.3 Marea de 1.0-2.0m	Bueno	Bueno	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
	1.4 Corriente moderada	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	1.5 Corriente fuerte	Bueno	Bueno	Aceptable	Regular	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Regular	Aceptable	Regular
II.Tiempo	2.1 Niebla	Bueno	Bueno	Bueno	Regular	Regular	Regular	Regular	Bueno	Regular	Bueno
	2.2 Hielo	Aceptable	Aceptable	Bueno	Regular	Regular	Regular	Regular	Bueno	Regular	Bueno
	2.3 Tormenta	Aceptable	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
III.Condiciones de operación	3.1 Sobre la playa	Muy bueno	Muy bueno	N.A.	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno	Muy bueno
	3.2 Fuera de playa	Bueno	Bueno	N.A.	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
	3.3 Cercas de líneas de barcos	Muy bueno	N.A.	N.A.	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
	3.4 Trabajos en puertos	Regular	N.A.	N.A.	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Regular	Regular	Regular	Regular
	3.5 Tendido de tubería										
	3.5.1 Sobre la playa	Aceptable	N.A.	N.A.	Bueno	Muy bueno	Bueno	Regular	Regular	Regular	Regular
	3.5.2 Fuera de playa	Bueno	N.A.	N.A.	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
IV.Condiciones geológicas	4.1 Rocas										
	4.1.1 Igneas	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	4.1.2 Sedimentarias	N.A.	N.A.	N.A.	Regular	Acep.-Reg.	Acep.-Reg.	N.A.	N.A.	Regular	Acep.-Reg.
	4.1.3 Metamórficas	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	4.2 Suelo										
	4.2.1 Boleos	N.A.	N.A.	N.A.	Regular	Acep.-Reg.	Regular	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	4.2.2 Guijarros	Regular	Bueno	Regular	Aceptable	Bueno-Acep	Bueno	Regular	Regular	Regular	Regular
	4.2.3 Grava	Acep.-Reg.	Muy bueno	Regular	Aceptable	Bueno-Acep	Muy bueno	Acep.-Reg.	Acep.-Reg.	Aceptable	Aceptable
	4.2.4 Grava arenosa	Bueno-Acep.	Muy bueno	Regular	Aceptable	Bueno-Acep	Bueno-Acep.	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
	4.2.5 Arena fina-media	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
	4.2.6 Arena fina	Bueno-Acep.	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
	4.2.7 Arena fina arcillosa	Bueno-Acep.	Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
	4.2.8 Arena cementada	Bueno	Bueno	Aceptable	Regular	Acep.-Reg	Muy bueno	N.A.	N.A.	Bueno-Acep.	Bueno-Acep.
4.2.9 Limo	Bueno-Acep.	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Regular	Muy bueno	
4.2.10 Grava consolidada	Bueno	Regular	Regular	Acep.-Reg.	Acep.-Reg.	Bueno-Acep.	N.A.	N.A.	Acep.-Reg.	Acep.-Reg.	
4.2.11 Arcilla limosa suave	Bueno-Acep.	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Regular	Muy bueno	Regular	Muy bueno	
4.2.12 Arcilla limosa compacta	Aceptable	Acep.-Reg.	Bueno-Acep.	Acep.-Reg.	Acep.-Reg.	Bueno	N.A.	N.A.	Bueno-Acep.	Bueno-Acep.	
4.2.13 Pantano	Aceptable	Regular	Regular	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	N.A.	N.A.	N.A.	Bueno	

\* Posible mejoramiento de la eficiencia si son utilizadas las dragas autopropulsadas en lugar de chalanes-tolva.

\*\* Mejoramiento en el rendimiento si se utiliza tubería sumergida.  
N.A. = No aceptable.

fluencia de parámetros, tales como: temperatura, presión, tiempo, etc. Además de condiciones externas bajo las cuales operará la máquina.

b) Curvas de carga del sistema: Se debe -- de tener un concepto claro del sistema donde -- se espera que opere el equipo de bombeo, el -- cual debe de incluir la distribución del equipo, así como diagramas de distribución e ins-- trumentación de tubería u otro tipo de diagrama apropiado que muestre las diversas trayecto-- rias de flujo, sus dimensiones y longitudes -- preliminares, la altura de los componentes del sistema, incluyendo piezas especiales, etc. -- las cuales establecerán las pérdidas de carga.

A continuación el ingeniero debe fijar la trayectoria y gastos del flujo, las presiones y temperaturas para diversas condiciones de -- funcionamiento. Después procederá a determinar los calibres y longitudes de los conductores. Con ésta información se producen las curvas de carga del sistema que son función del flujo y las pérdidas hidráulicas. Esta se compara con las curvas de carga disponible y el punto de -- intersección corresponderá al punto de funcionamiento de flujo de la bomba.

c) Formas alternas de operación.- Deben -- de considerarse las diversas normas de un sistema, como el saber si es continua ó intermi-- tente la operación, si es constante ó variable

el flujo de carga y si existe marcada diferencia entre el flujo requerido y la carga para diferentes trayectorias, para así determinar si es necesario una ó más bombas y su capacidad.

d) Desgaste: Este es un factor que siempre está presente en los equipos. Ningún material que maneje fluidos está libre de desgaste. Por lo tanto se debe aquilatar la magnitud del desgaste a lo largo de la vida de la máquina, para así determinar el tipo de material de las partes intercambiables que más sufren del desgaste.

e) Futuros cambios en el sistema: Es necesario saber si existirán futuros cambios en el sistema para poder proyectar el equipo de bombeo y que trabaje satisfactoriamente sin necesidad de modificar las características originales de la bomba, como son el aumentar ó reducir la succión ó la descarga, y el recorte de álabes.

2º. El siguiente paso es el seleccionar el tipo de bomba y su unidad motriz. Básicamente se espera que una bomba cumpla con su función de bombear una capacidad dada en un tiempo determinado y vencer las cargas totales im-

puestas por el sistema mientras proporciona la capacidad requerida. Es por eso que deben de conocerse las características principales de las bombas por medio de sus curvas de trabajo y así determinar el comportamiento de la bomba a diferentes condiciones.

3° Se redactan las condiciones necesarias para definir el equipo que se requiere.

Una vez terminada esta fase, se está listo para dar los pasos que conduzcan a la compra ó renta del equipo, en dado caso. Estos pasos incluyen la presentación de las especificaciones para las ofertas ó negociaciones, la evaluación de las ofertas, el análisis de las condiciones de compra, la selección del proveedor y el suministro de todos los datos que se necesitan para hacer un pedido.

### 5.3.2 Cálculo Hidráulico del Sistema.--

Consideremos inicialmente el gasto mínimo requerido como:

$$Q_{\min \text{ req.}} = \frac{\text{Volúmen de material a extraer}}{\text{Tiempo efectivo de trabajo.}}$$

$$\text{Tefect.} = \frac{\text{Tiempo de trabajo} \times \text{Días efec.} \times \text{Hrs.efec.}}{\text{trabajo} \times \text{trabajo} \times \text{trabajo}} \\ \text{especificaciones del fabricante.}$$

$$\text{Tefec.} = 20 \text{ meses}(25 \text{ días/mes})(13\text{Hr/día}) \\ = 9000 \text{ Hrs efect. trabajo}$$

$$Q_{\text{req}} = 9'518,182.91/9000 \hat{=} \underline{1058 \text{ m}^3/\text{hr.}}$$

Si la cantidad de sólidos es razonablemente un 15 % por la distancia que debe recorrer el material. Podemos estimar que tenemos una densidad específica de 1.15 y que será necesario excavar un volúmen de agua  $\frac{1}{15\%} = 6.7$  veces mayor que el de sólidos por excavar:

$$Q_{\text{total}} = 1058 \times 6.7 = 7089 \text{ m}^3/\text{hr.} = \\ = \underline{1.96 \text{ m}^3/\text{seg.}}$$

Comparado con la carga total dinámica -- que deberá vencer:

$$H_t. = H \text{ presión} + H \text{ fricción} + H \text{ estática}$$

Para el diámetro de tubería consideremos un calibre de 24":

$$V = \frac{Q}{A_{24''}} = \frac{1.96 \text{ m}^3/\text{seg.}}{0.29 \text{ m}^2} = \underline{6.75 \text{ m/seg.}}$$

Por la experiencia de los fabricantes, és

ta velocidad es muy alta, ya que podría producir vibración. Aumentemos el diámetro a 28":

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1.96}{0.397} = \underline{4.93 \text{ m/seg.}} \quad \checkmark \text{ O.K.}$$

Para calcular las pérdidas de fricción en la tubería, consideremos los accesorios requeridos a lo largo de la red:

- + Tubería flotante:
  - . Longitud máxima = 750 m.
  - . No. tubos de 50" =  $750/50(0.3048)$   
= 49 piezas
  - . No. juntas esféricas = No.tubos - 1  
= 48 piezas.
- + Tubería terrestre:
  - . Longitud máxima = 2875 m.
  - . Accesorios para cambios de dirección
    - . 1 válvula de compuerta
    - . 1 vifurcación en Y
    - . 3 codos de 45°
    - . 1 codo de 90°
- + Tubería sobre draga:
  - . Longitud máxima sobre eslora = 36m
  - . Longitud máxima sobre la escala de succión = 15 m.
  - . Accesorios requeridos en la draga:
    - . 4 codos de 90°
    - . 1 codo de 45°
    - . 1 válvula de chapaleta (check).

Por la fórmula empírica de Darcy y Weisbach:

$$H_f \text{ en tub. recta} = \frac{fL}{D} \frac{V^2}{2g}$$

donde:

f = Factor de fricción en tubería de acero =  
0.016 (pag.183, Manual de Hidráulica, King)

L = Longitud total ó equivalente en tubería --  
recta.

D = Diámetro interior de tubería

V = Velocidad de la mezcla

g = Aceleración de la gravedad

$$\therefore H_f \text{ tub. recta} = \frac{0.016(750+2875+36+15)}{0.7112} \frac{(4.93)^2}{2(9.81)}$$
$$= \underline{74.43 \text{ m.}}$$

La pérdida de carga originada por cambios de dirección, ya sea horizontal ó vertical, se puede obtener aplicando la fórmula:

$$H_f = C \sqrt{\frac{\Delta}{90}} \frac{V^2}{2g}$$

donde:

$\Delta$  = Angulo de deflexión en grados.

C = Coeficiente, cuyo valor comunmente es 0.25  
(pag.159, Hidráulica, Trueba).

$$H_f \text{ juntas esf.} = 0.25 \sqrt{\frac{17.5^\circ}{90}} \frac{(4.93)^2}{2(9.81)} =$$
$$= 0.136 \text{ m.} \times 48 \text{ pzas.} =$$
$$= \underline{6.55 \text{ m.}}$$

en la vifurcación en Y;

$$H_f \text{ vifurc. Y} = 0.25 \sqrt{\frac{22.5^\circ}{90}} \frac{(4.93)^2}{2(9.81)} = \underline{0.16 \text{ m}}$$

en los demás accesorios:

Codos de 45°:

Long. equiv. = 22ft. = 6.71m. (4pzas.) = 26.84m.

Codos de 90°:

Long. equiv. = 30ft. = 9.14m. (5pzas.) = 45.70m.

Válvula de compuerta:

Long. equiv. = 3.2ft. = 0.98m. (1pza.) = 0.98m.

Válvula de chapaleta:

Long. equiv. = 30ft. = 9.14m. (1pza.) = 9.14m.

(pag. 60, Hydraulic Handbook, Fairbanks Morse Pump Division) 82.66m.

$$H_f \text{ accs.} = \frac{fL}{D} \frac{V^2}{2g} = \frac{0.016(82.66)}{0.7112} \frac{(4.93)^2}{2(9.81)} = 2.30 \text{ m.}$$

$$\therefore H_{\text{fricción total}} = 74.43 + 6.55 + 0.16 + 2.30 = \underline{\underline{83.44 \text{ m.}}}$$

Para determinar las cargas de presión, -- consideremos que la máquina trabajará a una -- presión baja de 3.5 bar (1.02 kg/cm<sup>2</sup> / bar) = 3.57 kg./cm<sup>2</sup>. (ver tabla de bombas):

$$H_{\text{presión}} = \frac{10}{\gamma} (P_{\text{desc.}} - P_{\text{succ.}}) = \frac{10}{1.15} (3.57 - 0) = \underline{\underline{31.04 \text{ m.}}}$$

En el área de descarga tendremos una elevación de +1 m.. La altura de las tarquinas la definiremos como:

$$\text{Altura tarquinas} = \frac{\text{Volúmen de descarga}}{\text{Area de zona de tiro}}$$

$$\text{Altura tarq.} = \frac{9'513,182.91 \text{ m}^3}{2'494,531.25 \text{ m}^2} = \underline{3.82 \text{ m.}}$$

la carga estática máxima será:

$$H \text{ estática} = 1.00 + 3.82 = \underline{4.82 \text{ m.}}$$

Por lo tanto, la carga total dinámica será:

$$H \text{ total} = 83.44 + 31.04 + 4.82 = \underline{119.30 \text{ m.}}$$

es decir:



Para elaborar la curva de carga del sistema, haremos la carga total dinámica en función del gasto:

$$H_t = H_{\text{presión}} + H_{\text{estática}} + H_{\text{fricción}}$$

$$- H_t = H_p + z + (H_f \text{ tub.} + H_f \text{ junt.} + H_f \text{ "Y"} + H_f \text{ accs.})$$

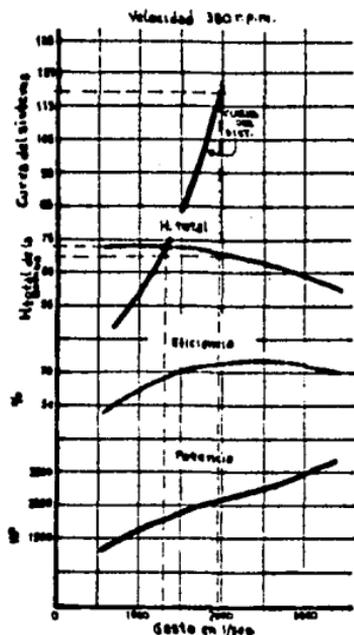
$$H_t = 31.04 + 4.82 + \left( \frac{8fL Q^2}{\pi^2 g D^5} + \frac{0.88Q^2}{\pi^2 g D^4} + \frac{Q^2}{\pi^2 g D^4} + \frac{8fL Q^2}{\pi^2 g D^5} \right)$$

sustituyendo valores:

$$H_t = 35.86 + 21.853 Q^2$$

donde Q es la variable del gasto en m<sup>3</sup>/seg.

Graficando la ecuación y sobreponiéndola a las curvas de trabajo de un tamaño de draga propuesto, operando a velocidad máxima, obtenemos:



En la gráfica notamos que para el gasto mínimo requerido de  $1.96 \text{ m}^3/\text{seg} = 1960 \text{ lt/seg}$ . la bomba llega a descargar cerca de los 70 m., por lo que no cumple con la carga de 120 m. - Por lo tanto se requerirá de una draga más grande con 2 bombas conectadas en serie, es decir, la salida de la bomba de succión inicial está conectada directamente a la succión de la succión de la siguiente bomba.

El principio físico para la combinación en serie es que se sumen las alturas dinámicas de cada bomba para el mismo caudal y obtener la curva característica de la combinación. No necesitan ser idénticas ya que sólo deben

suministrar el mismo caudal, podrían tener diferentes velocidades, aunque normalmente ambas están movidas por el mismo motor.

La potencia de la combinación es la suma de la potencia de las dos bombas en el punto de funcionamiento correspondiente al mismo caudal en ambas. El rendimiento del conjunto es:

$$\eta = \frac{\gamma_m (Q_{a1} + Q_{a2}) (H_{D1} + H_{D2})}{76.11 \text{ Pot. } P_1 + P_2}$$

donde:

$\gamma_m$  = Peso específico de la mezcla en  $\text{kg}/\text{m}^3$

Q = Suma de los gastos en el punto de funcionamiento del conjunto, en  $\text{m}^3/\text{seg.}$

H = Suma de cargas en el punto de funcionamiento del conjunto, en mts.

76.11 = Factor de conversión de HP á  $\text{kg.m}/\text{seg.}$

P = Potencia de la combinación en serie, dado en HP.

Las especificaciones de las bombas que trabajarán en serie, son:

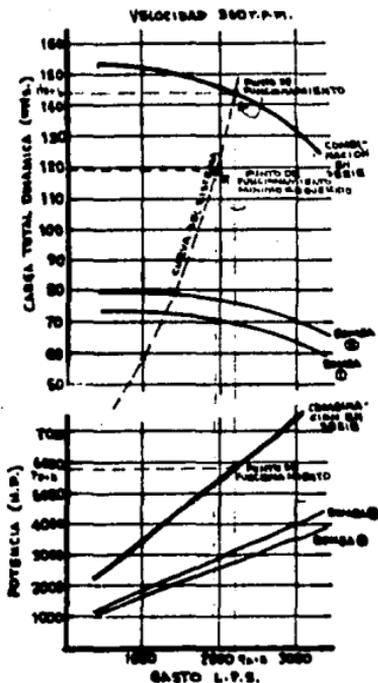
Bomba No. 1:

- + Diámetro de succión = 800 mm  $\approx$  32"
- + Tipo baja presión, que trabaja de 2.5 á 3.5  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- + Velocidad de operación = 360 r.p.m.
- + No. de álabes = 5

Bomba No. 2:

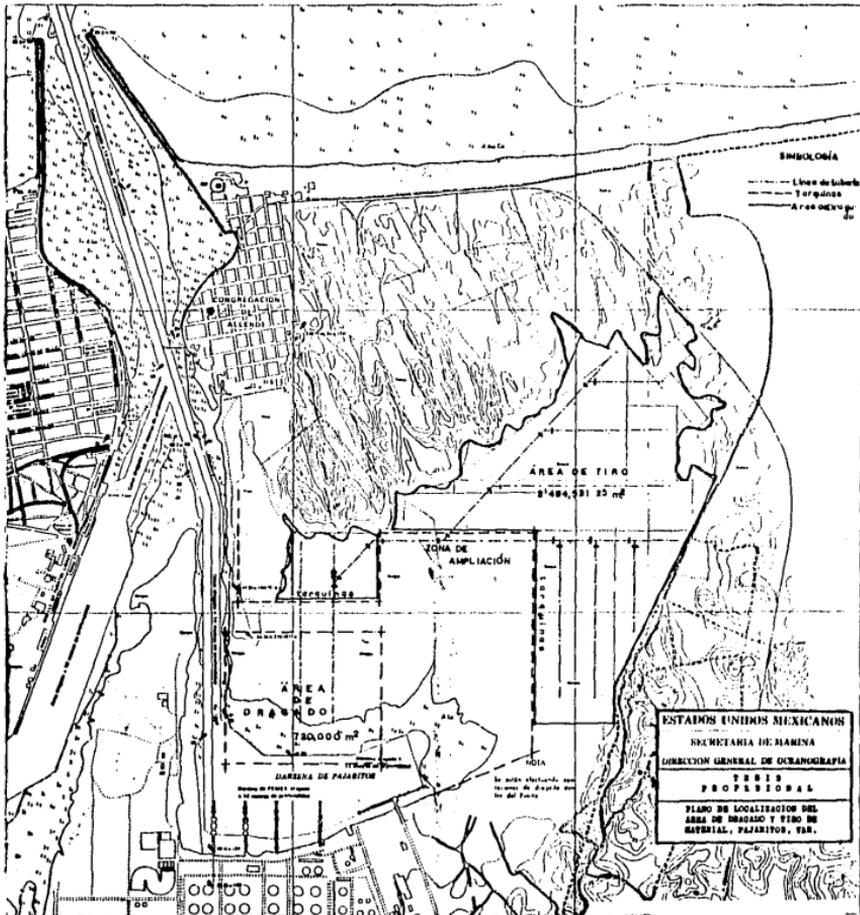
- + Diámetro de succión = 850 mm.  $\approx$  34"
- + Tipo baja presión, trabajando de 2.5 á 3.5 kg/cm<sup>2</sup>
- + Velocidad de operación = 360 r.p.m.
- + No. de álabes = 5

La gráfica del conjunto, comparada con la curva de trabajo del sistema, es:



La eficiencia del sistema será:

$$\eta = \frac{1150(2200/1000)(144)}{76.11(5800)} = 0.825 = \underline{\underline{82.5\%}}$$



#### 5.4 OPERACION DE DRAGADO.

Finalmente una vez que han quedado determinada las condiciones generales de la zona, - el sitio adecuado para depositar el material - dragado y la draga que se va a utilizar, se darán inicio a los trabajos, considerando previamente los métodos de operación y algunas recomendaciones, además de mencionar algunos métodos de control de obra que son necesarios para el correcto funcionamiento de los trabajos durante su ejecución.

5.4.1 Ciclo de Operación. - Antes de comenzar los trabajos y disponer la ubicación adecuada de la draga, es necesario definir con anticipación, los límites de las áreas de dragado en bocanas, canales de acceso, dársenas, bajos, etc.. A menos de que el trabajo sea tan pequeño que pueda hacerse de una sola vez, se dividirán en secciones que faciliten la inspección y recepción final, organizandolo de tal modo que no interfiera en la navegación.

Las áreas por dragar serán trazadas de acuerdo con el ancho de los cortes que dará el equipo utilizado, los cuales ordinariamente -- varían de 10 á 12 m. en dragas de canchales y de 30 á 60 m. en dragas de tubería.

Los límites del área son ubicados con bo-  
yas en el agua, y con estadales en la superfi-  
cie.

Así mismo se definirán las profundidades  
requeridas en cada zona a dragar y los taludes  
correspondientes para evitar derrumbes. Además  
de todos los trabajos necesarios y complementa-  
rios como la colocación de tubería flotante y  
de tierra, remover previamente grandes estor-  
bos como raíces, troncos, rocas de tamaño mode-  
rado para evitar interrupciones durante el pro-  
ceso.

Una vez situada la draga en el lugar ade-  
cuado, se controla la posición de la escala --  
con relación a los anclotes de los traveses, -  
que son los cables con que se abanicen las dra-  
gas estacionarias. Con la draga en posición, -  
la línea de descarga conectada y los traveses  
convenientemente dispuestos para abanicar y --  
las máquinas en funcionamiento, se dá comienzo  
al dragado.

El primer corte se hace penetrar el cor-  
tador unos cuantos centímetros, pues de lo con-  
trario, la parte inferior de ésta arrastrará -  
por el fondo, sometiendo los cables de los tra

yeses a un esfuerzo considerable. Este primer corte será aproximadamente la mitad del diámetro del cortador ( La experiencia de muchos fabricantes indica que los mejores resultados son obtenidos cuando los cortes no exceden de 2 m.). En aguas profundas éste puede ser menor.

Para el segundo corte, corresponderá una profundidad 2 veces el diámetro del cortador, y el tercero aún mayor hasta llegar a la profundidad requerida del canal. En muchas ocasiones es necesario abrir un cajón e ir formando un talúd de ataque, bajando la escala hasta la profundidad de proyecto (fig.34).

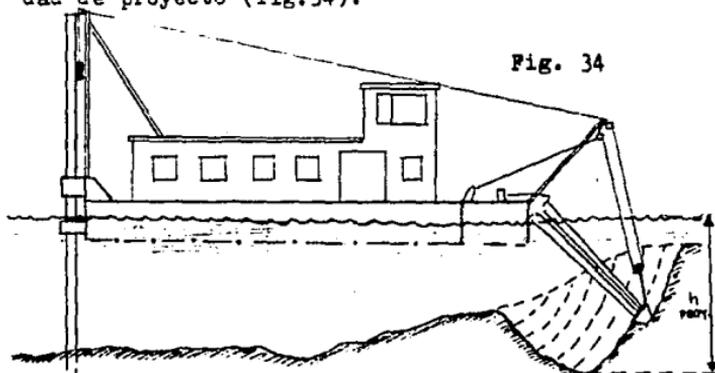


Fig. 34

El cortador gira comunmente a la izquierda mirandolo desde la proa de la draga, por tanto, el corte se hará de babor á estribor, contrario al movimiento de la draga (fig.35).

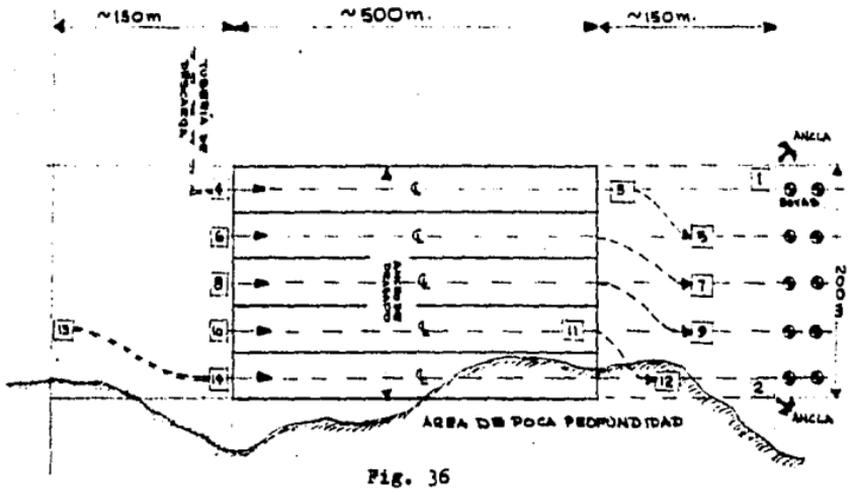
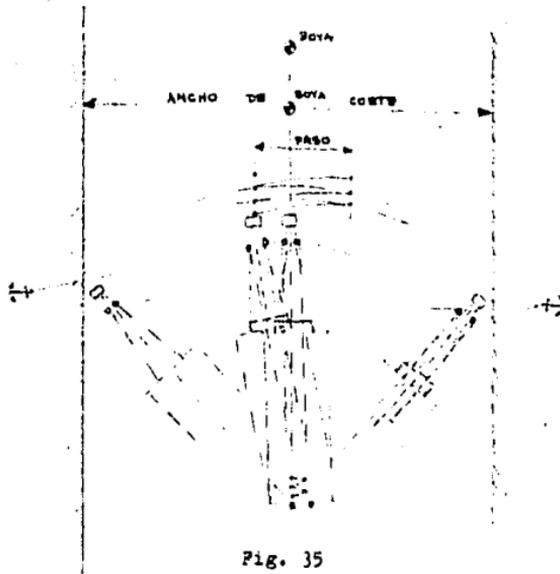
En cortes poco profundos, el avance de la draga puede llegar a ser de hasta 280 mts./hr.

Terminando el corte a la profundidad requerida y siendo necesario avanzar la draga un paso, se gira ésta hacia la banda del zanco de trabajo y se fondea el de avance, izando el de trabajo; se bornea hacia la banda del zanco de avance y se fondea el de trabajo, levantando - el de avance, completando así la etapa del paso.

Los ángulos de cada abanicada varían de acuerdo a la separación existente entre zancos y el avance no debe ser mayor que la longitud del cortador. Si el material, por el contrario, sea fanzoso, el paso a dar puede ser un 20% mayor.

Cuando el límite del corte en el área a dragar es logrado, la escala de succión es izada y ubicada en la posición 5 (fig.36) que es el centro del eje del corte, moviendo la draga con su propia propulsión hasta la posición 6 - al centro del eje. La draga procede de nuevo usando los traveses, tomando otra vez en cuenta la profundidad a dragar, el tipo de material - que se va a presentar, etc..

Terminando el límite de corte el procedimiento es repetido una y otra vez a otros cortes hasta que la superficie total es dragada.



En las figs. 37 y 38, nos muestran 2 tipos - de colocación de la tubería de descarga. Cuando la draga ha avanzado lo suficiente, de modo que la tubería no permite que ésta continúe -- con su trabajo adecuadamente, se agregan más - tramos de tubos soportados por pontones ó su- mergidos, si estorban a la navegación. Por el contrario, cuando la tubería se encuentra muy pegada a la draga, se puede cortar y conectar a alguna línea lejana, evitando así que esté - golpeando el casco ó los pontones flotadores - de la draga al momento de girar, además de evi- tar tramos y cargas de fricción innecesarios.

Mientras tanto, la tubería en tierra debe recorrerse frecuentemente a medida que las á-- reas bajas vayan siendo llenadas y distribui-- das por el equipo terrestre, a medida que la - draga avance en el corte.

Cuando el nivel del terreno que va a dra- garse sobresale de la superficie del agua, con- viene que se excave con la maquinaria terres-- tre y lanzarse el material hacia el agua, ya - que si la draga ataca el frente directamente, éste corre el riesgo de desplomarse sobre la - escala ó al cortador, pudiéndose dañar.

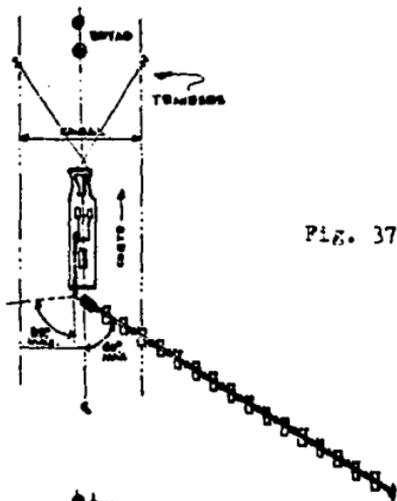


Fig. 37

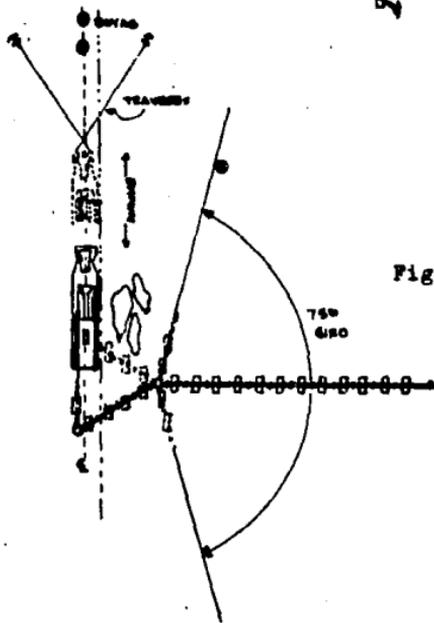


Fig. 38

5.4.2. Control de Volúmenes, - Básicamente, la eficiencia de operación de una draga, dependerá del número de horas de trabajo y el volumen de material extraído. Este último es posible controlarlo con el vacuómetro, aparato que permite registrar en una carta los vacíos que se producen en la bomba que efectúa el dragado (fig.39). Cuando el nivel de vacío se mantiene al máximo sin llegar a sobrecargar la succión, se estará consiguiendo una operación ideal. -- Por el contrario, si no se tiene un continuo control, es posible que sólo se extraiga agua.

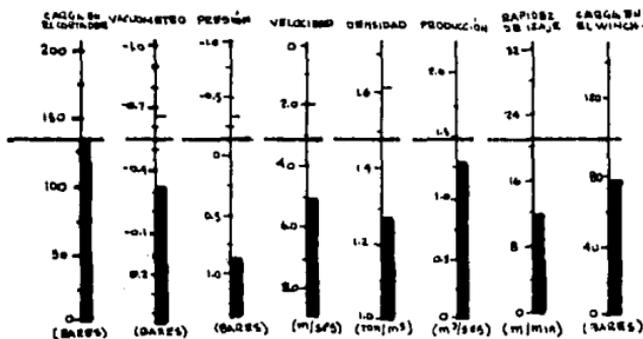


Fig. 39

Existen algunos métodos de control de volúmenes durante el proceso de dragado:

1° Con la ayuda de un Ecosonda, efectuando sondeos inmediatamente después del corte, -teniendo así el nuevo fondo. El volúmen extraído se obtendrá por la diferencia del volúmen en el plano inicial de esa sección con el volúmen de la nueva profundidad, multiplicandose por un factor de abundamiento.

2° Por la diferencia de áreas del terreno sin rellenar y el terreno ya rellenado, multiplicandose por el grosor de la capa, se puede obtener el volúmen extraído.

3° Otro procedimiento es medir la velocidad de descarga durante un cierto tiempo, por medio de una escuadra (fig.40), el cual, depen



Fig. 40

diendo del grado de concentración de la mezcla y el diámetro interior de la tubería de descarga, es posible deducir el volúmen de concentración de sólidos en determinado tiempo.

Los equipos más modernos están equipados con instrumentos medidores y registradores que pueden indicar con mayor precisión, eficacia y economía la producción obtenida.

Estos instrumentos proporcionan instantaneamente, y en forma continua (fig. 39):

- a) El peso específico ó la concentración de la mezcla.
- b) La producción en  $m^3/hr.$
- c) La cantidad de material sólido expresado en Tons./hr.
- d) La velocidad efectiva de salida en m/s.

Estos índices son obtenidos en el transcurso de cada turno y se promedian al final de éste, conjuntamente con los continuos sondeos -- que delimitan la zona, compilandose para lograr un reporte gráfico de control de trabajo, (figs.41).

Manejando constantemente éstos datos, podemos tener un control apropiado durante el -- tiempo que tarda la obra, además de detectar y prevenir posibles variaciones que puedan disminuir el rendimiento originalmente programado -- de la draga y que puedan redituvar en pérdidas económicas.

# PETROLEOS MEXICANOS

SUBDIRECCION DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS  
RESIDENCIA DE CONSTRUCCION TERMINALES Y OBRAS MARITIMAS  
REPORTE DIARIO DE AVANCE DE DRAGADO

**COORDENADAS**  
E. 27 15.51  
N. 12 47.72

FECHA 14 DE Agosto DE 1967 A 15 DE Agosto DE 1967 NOMBRE DRAGA VALANDEREN XIX

OBRA DRAGADO CAJALCILCO

LUGAR CAJALCILCO, VER.

CONTRATO

No. DE REPORTE	TURNOS DE DRAGADO		TIEMPOS PARADOS DRAGA													NOTAS		
	DE	HA	DE	HA	A	TIEMPO	NA	MTD	AT	CP	LF	LT	LS	UC	M		MT	LL
VELOCIDAD DEL VIENTO (Mts/seg)																		
DIRECCION																		
ALTURA DE OLAJE (mts)																		
CORRIENTE (mts/seg)																		
VACIO	0.3	0.3																
PRECION BOMBA ESCALA (kg)	8.0	8.5																
PRECION BOMBA No. 1 (kg)	6.3	6.5																
PRECION BOMBA No. 2 (kg)	11.0	10.0																
PROFUNDIDAD DE DRAGADO (mts)	-15	-15																
ESPESOR DEL CORTE (mts)	125	125																
VELOCIDAD (mts/seg)	4.5	4.5																
DENSIDAD (Ton/m <sup>3</sup> )																		
TIPO DE SUELO	arena con algas (Q2)																	
RPM BOMBA ESCALA	272	278																
RPM BOMBA No. 1	500	500																
RPM BOMBA No. 2	500	500																
RPM CORTADOR	20	20																
CAMBIO DE DIENTES	3	15																

ALIMENTACION: MTD = MANOBRAS INTERIOR DRAGA; A.I. = ANCLA DE TRAVES; C.P. = CAMBIO DE POSICION; L.F. = LINEA FLDTANTE; L.T. = LINEA TERRESTRE; L.S. = LINEA SUBMARINA; B.C. = BASURA EN EL CORTADOR O BOMBA; M. = MAQUINAS; M.T. = MAL TIEMPO (VIENTO); L.L. = LAVADO DE LINEA

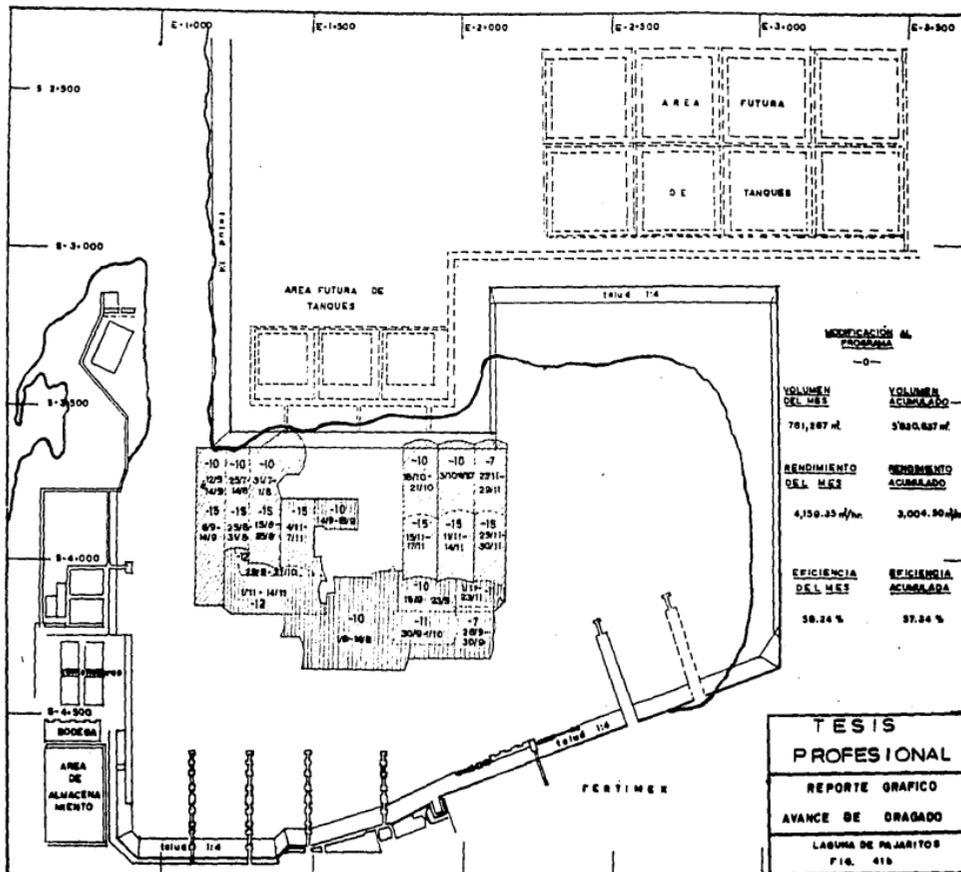
	TERRESTRE	FLOTANTE	SUMERGIDA
DIAMETRO	900	900	
LARGO		872	
No. ROTULAS		5	
MANUBRIA FLEX			

TIPO granada  
CORTADOR con punta

AVANCE EN 24 Hr	41.92 mts
Hr. EFECTIVAS	11.15 Hr
Hr. MUERTAS	6.25 Hr
AVANCE	21.02 mts
VOLUMEN	11,928.00 m <sup>3</sup>
RENDIMIENTO	1156.84 m <sup>3</sup> /Hr
EFICIENCIA	71.28 %

NOTAS Y FIRMAS
AVANCE = 21.92 mts
PROD = 11,928.00 m <sup>3</sup>
RENDA = 1,156.84 m <sup>3</sup> /h

	IMPULSION	No. DE ALABES
BOMBA ESCALA	272	7
BOMBA No. 1	500	5
BOMBA No. 2	500	5



#### 5.4.3 Memoria Fotográfica.



Viŝta aerea de la desembocadura del Río Coatzacoalcos al Golfo de México. A la derecha - puede observarse el canal de navegación para la entrada a la Laguna de Pajaritos.



Vista aérea del muelle hacia el Noroeste, al fondo puede verse el canal de acceso de la Laguna y el Río Coatzacoalcos.



En la visita al sitio del estudio se tomaron las fotografías a las zonas probables de tiro. Esta es la Zona No. 1

Zona No. 2  
tomada al Oeste



Zona No. 3  
tomada al Oeste.



Zona No. 4  
tomada al Noreg  
te.





Zona No. 5 tomada al Este



Viata aerea al inicio de las obras, donde se puede apreciar la conformación de los bordos y drenes en la zona Oeste de tiro.



Aspecto general de la laguna durante los tr  
bajos de dragado en su primera fase.



Otro aspecto donde se puede apreciar los bor  
dos para retención de material en la zona de  
descarga.



Vista aerea donde se puede apreciar los cam  
inos de acceso dentro del área de tiro.



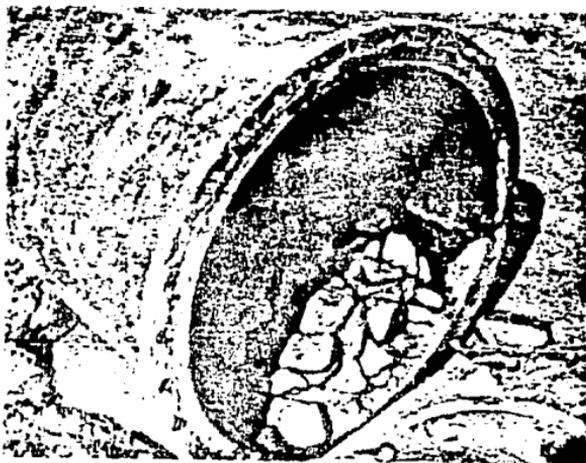
Vista aerea del dragado



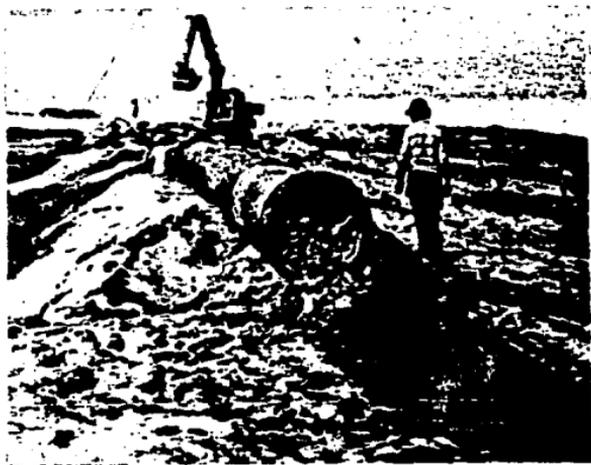
Vista aerea donde se puede apreciar la distribución del material extraído en la zona de tiro.



Draga en operación, donde se observa la distribución de la tubería flotante.



En ésta fotografía se observa la forma que tomó la arcilla plástica al momento de ser transportada y por su peso se depositaba en el fondo de la tubería, ocasionando el taponamiento.



Otro aspecto de la tubería taponada.

# **CAPITULO 6**

## VI. CONCLUSIÓN GENERAL.

México, país privilegiado por su enorme litoral al mar, presenta actualmente una gran expansión en sus obras marítimas y portuarias, incorporando las actividades comerciales, industriales y agropecuarias con sistemas de enlace entre sí, como alternativa básica de desconcentración.

Como consecuencia, se ha presentado la urgencia de disponer de recursos humanos especializados que permitan enfrentar las exigencias actuales.

Es por ésto que en el campo de la Ingeniería de Dragado, el ingeniero encargado debe estudiar con mayor precisión las condiciones más importantes de la zona; aspectos tales como son los Geológicos, Hidrológicos y Topográficos, para así determinar con mayor economía los elementos necesarios para poder ejecutar los trabajos.

Por otro lado, es necesario tener información de tipo técnico más completo de la maquinaria disponible y así analizar todas las alternativas posibles de varios fabricantes que nos lleven al equipo óptimo a utilizar.

Como comentario personal, quisiera expresar la inquietud que tuve al entrar en el campo del dragado, con la finalidad de conseguir una forma accesible y sencilla de mostrar la gama de aspectos técnicos que deben de tomarse en consideración para un proyecto de éste tipo, sin embargo, en la práctica, puedo mencionar que son poco usuales pero necesarios, pues un proyecto de ésta magnitud conlleva a que el contratista obtenga información de mayor precisión y confiabilidad, ya que los errores ú omisiones durante el transcurso de los trabajos repercutirían en fuertes erogaciones que en nuestros días se meditarían con más interés, debido a que no son fácilmente amortizables.

Aunado ésto a la actual fluctuación de nuestro Peso frente al Dólar, la renta de equipo de dragado es ya prohibitiva, debido a que los rentistas extranjeros fijan las contrataciones a un año como mínimo. Por lo tanto, dado la continúa necesidad de ejecutar éste tipo de trabajos, es necesario el apoyo gubernamental, dando al contratista facilidades de contratación a moderados periodos de tiempo y con paridad preferencial, sin la necesidad de caer en elevados impuestos.

# **BIBLIOGRAFIA**

## B I B L I O G R A F I A

- + Especificaciones para el  
Dragado en la Laguna de  
Pajaritos, Ver. \_ \_ \_ \_ \_ Proyecto M-151-77  
-18 PEMEX.
- + Apuntes Sobre Dragado \_ \_ \_ Ing. Mario R. de  
la Gala.
- + Reportes Nos. 103, 106 y  
114 de "Ports & Dredging" \_ IHC HOLLAND
- + Maquinaria para la Cons-  
trucción \_ \_ \_ \_ \_ David A. Day
- + Manual de Dragado \_ \_ \_ \_ \_ Mario Lavalle Ar-  
gudín.
- + Centrifugal Dredge Pumps \_ \_ IHC HOLLAND
- + Coastal & Deep Ocean Dred-  
ging \_ \_ \_ \_ \_ John B. Herbich
- + Mecánica de Fluidos \_ \_ \_ \_ Franck M. White
- + Apuntes de Dragado \_ \_ \_ \_ Ing. Julio Pintder  
Vega.
- + Apuntes de Dragado \_ \_ \_ \_ Ing. Fernando H.  
de Labra
- + Compendio de Hidrografía \_ \_ S.M.N. 1974
- + Manual de Bombas \_ \_ \_ \_ \_ Igor Karassick