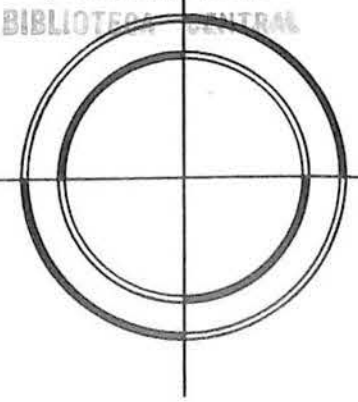
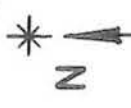


ESTUDIO PARA UN PUERTO DE ALTURA EN LA LAGUNA
DE TRES PALOS, ACAPULCO, GRO.

MEXICO, D. F., NOVIEMBRE DE 1969



SECRETARIA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL



P R O L O G O

La Secretaría de Marina conociendo la urgente necesidad de estudiar una nueva localización para la construcción de un puerto en Acapulco, comisionó con fecha 30 de Enero de 1969 a la Empresa Perforadora Latina, S. A., para que en unión de técnicos, tanto mexicanos como extranjeros, procediera a efectuar un estudio exhaustivo de dichas posibilidades.

El presente informe resume dichos estudios.

La Bahía de Acapulco se reconoce internacionalmente como uno de los lugares más hermosos del mundo y de mayor atractivo turístico; desde el advenimiento de las primeras embarcaciones al Nuevo Mundo en la ruta del Océano Pacífico fué reconocido como un inmejorable puerto natural, en la actualidad puede considerarse que sería el puerto del altiplano con un amplio e interesante hinterland.

Sin embargo, creemos que Acapulco también es un puerto mercante que requiere instalaciones, servicios, muelles que permitan recibir, que los barcos de gran tonelaje recojan la carga nacional y entregue a nuestro país y particularmente a la Ciudad de México, los productos necesarios para nuestro desarrollo.

También es criterio que sustentamos, la necesidad de que la Armada de México, cuente con las necesarias instalaciones para cumplir con la vigilancia de nuestras costas y mares para defender la soberanía nacional, según su encomienda constitucional.

Esas son las principales justificaciones del proyecto que presenta Perforadora Latina, S. A.

C O N T E N I D O

	Pag.
PARTE A: DESCRIPCION DEL PROYECTO Y CONCLUSIONES	
I. <u>Descripción del Proyecto</u>	1
II. <u>Conclusiones de los Estudios Técnicos Realizados</u>	4
III. <u>Costo y Financiamiento</u>	6
PARTE B: ESTUDIOS TECNICOS	
I. <u>Selección del Lugar para el Puerto</u>	7
II. <u>Observaciones, Levantamientos y Exploraciones en la Zona de la Laguna de Tres Palos</u>	9
1. Levantamientos terrestres y aerofotográficos	9
2. Levantamientos hidrotopográficos	10
a). Batimetría del mar	
b). Batimetría de la Laguna	
c). Observaciones de la variación de los niveles del agua en el mar y en la Laguna	
3. Resultados de la investigación de los materiales del subsuelo y de sus propiedades índices y mecánicas	12
a). Muestras superficiales	
b). Pozos de muestreo y sondeos superficiales	
c). Estratigrafía	
d). Propiedades índices y mecánicas	
4. Observaciones de los cambios fisiográficos en las playas	16
III. <u>Geología Física en la Región de la Laguna de Tres Palos</u>	19
a). Conclusiones sobre la formación geológica de la barrera litoral y la Laguna	
b). Proceso litoral actual	
c). Cambios observados en las playas de 1951 a 1968	
d). Conclusiones sobre la estabilidad de las playas	
e). Conclusión sobre la localización de la entrada	
IV. <u>Estudios Hidráulicos de la Laguna de Tres Palos</u>	25
1. Resumen de las características fisiográficas de la Laguna	25
2. Estudios hidráulicos	26
a). Prisma de mareas	
b). Oleaje en la Laguna	
c). Marea ocasionada por el viento	
d). Períodos de oscilación de la Laguna	
3. Conclusiones de los resultados obtenidos	29

V.	<u>Viento y Oleaje</u>	30
	1. Vientos	30
	a). Vientos locales	
	b). Huracanes y tormentas tropicales	
	c). Vientos en alta mar frente a la costa	
	2. Oleaje	33
	a). Oleajes extraordinarios	
	b). Oleajes observados en alta mar frente a la costa	
	3. Observaciones de oleaje frente a la barrera litoral, sección D	36
VI.	<u>Arrastre Litoral</u>	40
	1. Estudio de la refracción del oleaje	40
	2. Cálculo del arrastre litoral	40
	3. Conclusiones	41
VII.	<u>Canal de Acceso</u>	45
	1. Funcionamiento	45
	2. Navegación	48
	3. Protecciones	48
VIII.	<u>Escolleras</u>	51
	1. Localización	51
	2. Orientación del canal de entrada y escolleras	51
	3. Geometría de las escolleras de protección	52
	4. Diseño de las escolleras	53
	5. Efectos en las playas adyacentes	55
IX.	<u>Dimensionamiento del Puerto</u>	56
	1. Localización	56
	2. Tamaño del área portuaria	56
	3. Areas de instalaciones y facilidades portuarias	57
	4. Areas de flotación	57
	5. Planeación del puerto	60
	6. Facilidades para la navegación e instalaciones portuarias	60
	a). Facilidades e instalaciones portuarias	
	b). Facilidades para la navegación	
X.	<u>Puente para el cruce de la Carretera con el Canal</u>	62
XI.	<u>Secuencia de Construcción</u>	64
XII.	<u>Estimación de Cantidades de Obra</u>	66
	APENDICE A	67
	BIBLIOGRAFIA	68

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla No.</u>		<u>Pag.</u>
1- IV	Rangos y prismas de mareas	28
1- V	Resultados de la investigación de las características de oleajes extraordinarios	35
2- V	Períodos y alturas de olas rompientes más altas observadas en las playas de la barrera	37
3- V	Resumen de las características de los oleajes extraordinarios	39
1- VI	Resultados del cálculo del arrastre litoral	42
1- VII	Areas y velocidades de la corriente en el canal de acceso	47
2- VII	Profundidades del canal y calados admisibles	49
1- IX	Características principales del puerto interior	59
1- X	Puente. Principales cantidades de obra	63

LISTA DE LAMINAS

PARTE A: DESCRIPCION DEL PROYECTO Y CONCLUSIONES

- 1- A Localización del Anteproyecto
- 2- A Planta general del Anteproyecto del Puerto

PARTE B: ESTUDIOS TECNICOS

- 1- B Bahía de Acapulco. Icacos (Fotografías)
- 2- B Levantamientos y exploraciones de campo
- 3- B Equipos para muestreo (Fotografías)
- 4- B Estratigrafía y propiedades representativas de los materiales del subsuelo
- 5- B Aspectos de las playas (Fotografías)
- 6- B Secciones de control para la observación de cambios en las playas
- 7- B Configuración fisiográfica general
- 8- B Aspectos fisiográficos actuales (Fotografías)
- 9- B Playas y oleajes (Fotografías aéreas)
- 10- B Punta Rocosa y Playa Revolcadero (Fotografías)
- 11- B Características de la Laguna de Tres Palos
- 12- B Orillas en la Laguna de Tres Palos (Fotografías)
- 13- B Vientos y Oleajes
- 14- B Observaciones del oleaje (Fotografías)
- 15- B Refracción del oleaje. Arrastre litoral
- 16- B Canal de acceso al puerto interior
- 17- B Escolleras. Forma y orientación
- 18- B Escolleras. Croquis de secciones
- 19- B Puerto interior. Etapas y dimensiones generales
- 20- B Puente para cruce del canal de acceso
- 21- B Secuencia general de construcción
- 22- B Cantidades de obra, costos y recuperaciones

ORGANIZACIONES Y PERSONAS QUE INTERVINIERON EN LA REALIZACION DE LOS ESTUDIOS

PERFORADORA LATINA, S. A. Promoción y coordinación general.

AEROCARTOGRAFIA DE MEXICO, S. A. Esta compañía realizó los trabajos de fotografía aérea.

INGS. GEOLOGOS HEINZ LESSER JONES Y ULRICH HUNGSBERG. De nacionalidad mexicana. Consultores de la Secretaría de Recursos Hidráulicos quienes realizaron estudios geológicos y de hidrología, siendo el primero Profesor de la Universidad Nacional Autónoma de México.

ING. LUIS LIMÓN. Maestro en Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Con experiencia en trabajos de sedimentología, quien efectuó los análisis de muestras relacionados con estudios de acarreo y sedimentación.

INGS. MANUEL DEL MORAL Y MANUEL DEL MORAL, Jr. Con experiencia en trabajos de topografía, quienes realizaron los trabajos de campo de su especialidad, reportados en este Informe.

ING. RAFAEL SANCHEZ JUAREZ. Jefe de valuadores del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S. A. Especialista en avalúos en general, quien efectuó avalúo de terrenos relacionado con este estudio.

DR. LEONARDO ZEEVAERT. De nacionalidad mexicana. Ingeniero Civil. Doctor en Ingeniería. Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Con 30 años de experiencia en Ingeniería Civil, estudios de Ingeniería de Costas en diversos lugares de la República Mexicana; investigador de Fisiografía, Mecánica de Suelos, Cimentaciones, Estructuras Civiles e Ingeniería Sísmica, actuó como Ingeniero Consultor en la elaboración de todos los estudios relacionados con este Informe, con la colaboración del Ingeniero Arturo Bello, Ingeniero Civil, con 5 años de experiencia en Ingeniería de Costas.

DR. MORROUGH P. O'BRIEN. De nacionalidad estadounidense. Doctor en Ingeniería. Ex-Rector y Profesor Emérito de la Universidad de California en Berkeley, quien se hizo famoso al establecer en 1931 la Ley de los Esteros y ha trabajado continuamente desde entonces en problemas asociados a la Ingeniería de Costas. Colaborador como Ingeniero Consultor durante el desarrollo de estos estudios.

DR. JOE W. JOHNSON. De nacionalidad estadounidense. Profesor con residencia en la Universidad de California en Berkeley. De prestigio internacional. De reconocida experiencia en Ingeniería de Costas, con especial dedicación a trabajos de investigación en arrastre litoral de sedimentos. Consultor en esta fase de los estudios.

H. A. SCHADE. De nacionalidad estadounidense. Profesor de la Universidad

de California en Berkeley. Arquitecto Naval de fama internacional. Consultor sobre estadística de las características geométricas de las embarcaciones. MARINE ADVISERS, INC. Firma estadounidense de reputación en estudios de olas en mares profundos. Se encargó de la investigación de las características de climas de oleaje observados en los Cuadrantes de Marsden, frente a Acapulco. Esta firma ha hecho estudios en la Costa del Pacífico de los Estados Unidos, en las Islas Hawaii y en otros mares.

P A R T E " A "

- I. DESCRIPCION DEL PROYECTO
- II. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS
- III. COSTO Y FINANCIAMIENTO

I.- DESCRIPCION DEL PROYECTO

El desarrollo turístico que ha venido incrementándose en forma extraordinaria en los últimos años en las Bahías de Acapulco y Puerto Marqués, ha hecho que los terrenos adyacentes al mar y aquellos que disfrutan de la vista de estas dos bahías inigualables, adquieran valores de importante consideración. El tráfico marítimo ha ido aumentando considerablemente y la Bahía de Acapulco no cuenta con un puerto de altura capaz de dar servicio adecuado a los barcos que llegan a ella.

Se consideró, entre muchas cosas, la posibilidad de aprovechar la bahía actual o la de Puerto Marqués para establecer el puerto de altura, pero se llegó a la conclusión de que su crecimiento futuro estaría limitado además de traer consigo el deterioro de las playas naturales que atraen al turismo a la localidad, ya que la corriente litoral de las bahías, por su dirección, no saca los desperdicios que los buques y vientos fuertes empujan hacia las playas; por otro lado, las instalaciones portuarias ocuparían terrenos muy valiosos a la orilla del mar, que preferentemente deben destinarse a fines turísticos, buscando la centralización de los servicios de la Marina Mercante, Petróleos Mexicanos, Secretaría de Marina (Base Naval) y la flota pesquera, para lo cual, en la actualidad, no existe espacio horizontal suficiente que permita establecer en forma adecuada un puerto de altura en la Bahía de Acapulco. (Ver lámina 1- A).

Los estudios efectuados y que se reportan en este Informe, permiten llegar a la conclusión de que la localización geográfica más conveniente es la Laguna de Tres Palos, situada al Sureste de la Bahía de Acapulco. El puerto en dicha Laguna podrá desarrollarse a medida que se incremente el tráfico marítimo y por consecuencia, la necesidad portuaria; además se ganarían terrenos a la Laguna con los dragados que en ella se hagan y prácticamente no habrá ninguna limitación de espacio horizontal para situar las instalaciones y crecimiento del futuro puerto. La localización del puerto de altura con características internacionales en la Laguna de Tres Palos fué estudiada en forma cuidadosa como se informa en la Parte B de los estudios técnicos, concluyéndose que la ribera Norte de la Laguna, del lado del Valle de la Sabana, es el lugar más conveniente para el establecimiento del puerto; como se observa en la lámina 1- A, éste quedará ligado al Valle, donde a la vez podrá desarrollarse en el futuro, una gran ciudad portuaria e industrial.

La entrada al puerto se localiza en la posición que muestra la lámina 1- A por ser la más conveniente en los aspectos técnico y económico, hecho que se justifica con los estudios reportados en la parte B de este Informe. El canal se localiza a través de la barrera litoral de arena y en la dirección aproximada del viento dominante; la entrada del lado del océano queda protegida eficientemente con un sistema especial de escolleras de piedra y elementos de concreto prefabricados, éstos formarán la coraza

de protección contra el oleaje que se presenta en la zona, permitiendo una navegación adecuada dentro del canal hasta alcanzar el puerto interior. El puerto interior tendrá entre otras ventajas, la de ser un puerto bien abrigado, protegido del oleaje y no se producirá agitación en el interior. Además la localización de la ribera Noroeste de la Laguna de Tres Palos ha resultado la más favorable técnica y geográficamente, ya que está ligada por dos carreteras a la Bahía de Acapulco y a la Ciudad de México, al aeropuerto internacional de Acapulco y al Sureste de la República Mexicana. Capítulo I Parte B.

La carretera al aeropuerto tendrá que atravesar el canal de entrada, para lo cual se ha proyectado un puente, lámina 20- B. La Laguna al quedar conectada con el mar tendrá vida marina, ya que actualmente sólo tiene una pobre fauna lacustre, su fondo está constituido por fango, generador de vida orgánica rudimentaria, principalmente algas tóxicas en suspensión. La localización que muestra la lámina 1- A para el puerto de Tres Palos, así como la entrada protegida por las escolleras y el canal de acceso, se ha justificado por medio de estudios técnicos detallados que se reportan en la Parte B, estudios que proporcionaron el material necesario para establecer la localización óptima y realización segura del proyecto.

El canal de entrada a través de las barreras del litoral se ha orientado con un azimut astronómico de 245° para facilitar la navegación según el viento dominante y el oleaje.

El ancho y capacidad del canal fueron determinados de acuerdo con el prisma de mareas de la Laguna y ésto para mantener el canal en buenas condiciones de navegación y funcionamiento hidráulico, dejando al mínimo los gastos de conservación. Se observa también en la lámina 1- A que el puerto en el interior de la Laguna ha sido orientado con la dirección aproximada del viento dominante con objeto de facilitar el atracado y fondeo de las embarcaciones. También se ha localizado, en la parte más profunda de la Laguna, con objeto de hacer más económicos los dragados que formarán la rada del puerto. Los materiales que se obtengan como producto de los dragados, tanto del canal de acceso como los de la rada, serán utilizados para efectuar rellenos y ganar terrenos a la Laguna sobre los cuales se podrán hacer de inmediato las instalaciones portuarias.

Por lo que se refiere a las escolleras que protegen el canal de entrada, se aprecia que la escollera Sureste será prácticamente un rompeolas contra los oleajes fuertes que provienen de los mares del Sur. La entrada esviada y el canal de acceso replegado hacia la escollera Sureste ofrece una protección efectiva contra los oleajes del Sur y Sureste, o sean las marejadas y tormentas tropicales que se desplazan en esta dirección, los cuales producen oleajes de consideración (ver Capítulo V de la Parte B sobre Viento y Oleaje).

Es de señalarse que la posición de entrada del canal se ha localizado lo más cerca posible de la Península de Punta Roca en atención a los resultados de los estudios de geología física y arrastre litoral (Parte B Capítulos III y IV). Esta localización permite obtener un buen funcionamiento para la entrada. Parte del material de los dra-

gados que se efectúen en el canal de acceso será depositado en la zona de playa, entre Punta Rocosa y la escollera Noroeste, con objeto de fomentar la configuración que adoptará la playa entre estos dos puntos (lámina 2- A) una vez que las escolleras sean construídas. Parte del dragado del canal se verterá también en la playa al Sureste de las escolleras donde se prevé una pequeña erosión debido al arrastre litoral que tiene dirección Sureste. El resto de los materiales dragados se utilizará en ganar terrenos a la Laguna. Es de observarse también que la localización de las escolleras de protección para la entrada se ha situado a manera de evitar que los aportes de sedimentos del Río Papagayo durante las fuertes avenidas, tengan influencia sobre dicha entrada. Esto se puede notar si se observan las curvas batimétricas en donde a partir de la sección G hacia el Río Papagayo (lámina 1- A) se forma una plataforma continental alimentada por los sedimentos que aporta dicho río a la costa, durante sus avenidas; por otra parte, nótese también que el puerto interior se ha localizado en la Laguna de tal manera, que deja una sección libre para dar salida a las avenidas del Río de la Sabana que se concentrarán sobre la Laguna al aumentar el gradiente hidráulico del río cuando quede establecida la conexión del mar por el canal de acceso al puerto. Sin embargo, en el futuro, cuando el desarrollo del Valle de la Sabana lo justifique, se tendrá la necesidad de construir un canal de avenidas que encauzará la corriente del Río de la Sabana a la esquina Oeste de la Laguna para que las avenidas no causen daños a las instalaciones situadas en la zona del delta del río.

Los dragados en el canal de acceso y en el puerto interior se efectuarán a una profundidad de 28 pies. La primera etapa de desarrollo que es común a las etapas posteriores da un área de flotación de 1.230,000 m² de dársena, con una longitud de malecón de 1600 ml y 2300 ml de muelles; la segunda etapa 2.000,000 m² de área de flotación, 33 pies de calado, 2050 ml de longitud de malecón y 2750 ml de muelles; la tercera y cuarta etapas 3.890,000 m² de área de flotación, 3100 ml de longitud de malecón, 3800 ml de muelles, siendo la tercera etapa como la segunda, de 33 pies de calado y la cuarta etapa de 40 pies.

Al terminar la cuarta etapa del proyecto se contará con un puerto de altura que permitirá la entrada a barcos con calados hasta de 40 pies, siendo únicamente necesario prolongar las escolleras hasta una profundidad de 15 m (lámina 2- A). Los muelles se extenderán a lo largo de la Laguna de Tres Palos, Capítulos IX, XI y XII de la Parte B. Podrá observarse que se ha tenido en consideración que el puerto tendrá que desarrollarse por sí solo y a medida que se vaya justificando su crecimiento, lo más urgente será el traslado de las instalaciones que existen en la Bahía de Acapulco, de la Secretaría de Marina (Icacos), las de Petróleos Mexicanos y darle la primera fase al puerto para poder satisfacer el tráfico marítimo actual.

II.- CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS

1.- La Laguna de Tres Palos se puede utilizar como puerto interior de altura, cortando un canal de navegación a través de la barrera litoral que separa la Laguna del océano y protegiendo la entrada del lado del mar con un diseño especial de escolleras. Capítulos del I al XII de la Parte B.

2.- Los estudios de geología y fisiografía y arrastre litoral, Capítulos III y IV, indican que la localización de la entrada a la Laguna de Tres Palos debe de ser lo más cercana posible a la Península Rocosa, debido a que el arrastre litoral anual en esa región resulta de poca importancia; así también, a esa distancia, la influencia de los sedimentos del Río Papagayo no provocarán problemas especiales de sedimentación a la entrada del canal.

3.- Los estudios de viento y oleaje que se reportan en el Capítulo V sirvieron de base para determinar la orientación de las escolleras y el canal de entrada con azimut astronómico de 245° .

4.- De los estudios de geología física, Capítulo III y de los de arrastre litoral ejecutados con el clima de oleaje que se reportan en el Capítulo V, se concluye que el arrastre litoral anual tiene dirección Sureste y que la magnitud con que éste se presenta no implica problema de especial consideración en las escolleras localizadas en la sección D, como se muestra en las láminas 1- A y 2- A.

El arrastre litoral ha sido estudiado ampliamente en los Capítulos III y VI y de las observaciones de los Capítulos II y IV se llega a la conclusión de que la erosión y acrecentamiento que muestran las playas de la barrera litoral son estacionales y provocados principalmente por las corrientes de resaca; sin embargo, se llega a la conclusión de que con objeto de que la playa comprendida entre las secciones A y D al Noroeste de la entrada se estabilice en forma natural, será necesario verter en ella un volumen considerable de metros cúbicos de arena de la que se obtenga de las excavaciones del canal de acceso.

5.- La correcta localización del puerto dentro de la Laguna hará que ésta funcione en condiciones ideales; los oleajes, oscilaciones y vientos reportados no producirán molestias de importancia a las embarcaciones que estén atracadas o fondeadas en el puerto interior de Tres Palos.

De los estudios que se reportan en los Capítulos IV, VII y IX, se concluye que el funcionamiento del puerto será satisfactorio una vez que sea conectada la Laguna con el mar.

6.- De los estudios hidráulicos de la Laguna y del canal de acceso, Capítulos IV y VII, se pudo llegar a la conclusión de que el prisma de mareas por sí solo mantendrá libre de sedimentos o azolvamientos el canal y que su mantenimiento será mínimo.

7.- Los estudios de dimensionamiento del puerto, Capítulo IX, y Secuencia de Cons-

trucción Capítulo XI, determina que la parte donde se ha localizado el puerto es la más conveniente bajo los puntos de vista técnico y económico, así también que su crecimiento puede ser prácticamente ilimitado pudiéndose elegir libremente los lugares para las instalaciones portuarias del Gobierno y sector privado, lámina 2- A.

8.- De los Capítulos XI y XII se concluye que las construcciones del puerto de Tres Palos se pueden realizar en etapas consecutivas totalmente aprovechables, en el desarrollo integral del puerto.

9.- Al construirse el puerto de Tres Palos se ganarán terrenos a la Laguna; además se podrán liberar los valiosos terrenos que actualmente ocupan el muelle fiscal, la planta naval de Icacos y las instalaciones de Petróleos Mexicanos.

III.- COSTO Y FINANCIAMIENTO

1.- Para conocer de una manera general la factibilidad de ejecución de la obra, se ha hecho una concentración del antepresupuesto, así como de las probables recuperaciones por la venta de los terrenos que ocupan las actuales instalaciones y los que en el futuro pudieran ganarse a la Laguna (ver lámina 22- B).

2.- Se encomendó al señor Ing. Rafael Sánchez Juárez la realización de los avalúos correspondientes, concluyéndose que la etapa No. 1 que registra un costo total de 571.3 millones de pesos en su ejecución, tendría una inversión real de 178.1 millones de pesos, correspondiendo la diferencia a la recuperación por la venta de los terrenos. La etapa No. 2, con costo aproximado de 666.7 millones de pesos, tomando en consideración la parte recuperable por la venta de los terrenos, tendría una inversión real de 265.0 millones de pesos; la etapa No. 3, con costo inicial aproximado de 801.3 millones de pesos, tendría como valor de inversión 385.5 millones de pesos y finalmente la etapa No. 4, con costo de 1,147.3 millones de pesos, tendría una inversión de 684.9 millones de pesos, tomando en consideración, como en los casos anteriores, la recuperación derivada de la venta de los terrenos que ocupan las actuales instalaciones y los que se ganarían a la Laguna.

3.- Se tomó en consideración que la obra se ejecutará en un término de 18 a 22 meses a partir de la fecha en que la Secretaría de Marina gire las órdenes correspondientes; por tal motivo, los terrenos que actualmente ocupan los muelles en la Bahía de Acapulco, los de la Base Naval de Icacos y los de Petróleos Mexicanos, se desocuparían hasta en tanto estuviera en uso el nuevo puerto en la Laguna de Tres Palos.

4.- Se propone que de inmediato el Gobierno Federal entregue en fideicomiso las referidas propiedades al Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S. A. para que, con base al fideicomiso pueda financiar directamente u obtener financiamientos, para la rápida ejecución del proyecto, en la inteligencia de que una vez realizado éste, el propio Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S. A. por cuenta del Gobierno Federal, pondría en venta los terrenos en los términos y condiciones que el propio Gobierno Federal le impusiera.

5.- Los valores consignados en el avalúo practicado por el señor Ing. Rafael Sánchez Juárez son bastante conservadores, por lo que el Gobierno Federal al vender los terrenos, tendrá una plus valía muy importante que compensará ampliamente los intereses del financiamiento durante el período de inversión y hasta en tanto el puerto esté en servicio.



P A R T E " B "

- I. SELECCION DEL LUGAR PARA EL PUERTO
- II. OBSERVACIONES, LEVANTAMIENTOS Y EXPLORACIONES EN LA ZONA DE LA LAGUNA DE TRES PALOS
- III. GEOLOGIA FISICA EN LA REGION DE LA LAGUNA DE TRES PALOS
- IV. ESTUDIOS HIDRAULICOS DE LA LAGUNA DE TRES PALOS
- V. VIENTO Y OLEAJE
- VI. ARRASTRE LITORAL
- VII. CANAL DE ACCESO
- VIII. ESCOLLERAS
- IX. DIMENSIONAMIENTO DEL PUERTO
- X. PUENTE PARA EL CRUCE DE LA CARRETERA CON EL CANAL
- XI. SECUENCIA DE CONSTRUCCION
- XII. ESTIMACION DE CANTIDADES DE OBRA

CAPITULO I — SELECCION DEL LUGAR PARA EL PUERTO

Se estableció que el puerto habría de diseñarse para satisfacer como mínimo las necesidades de navegación de altura de las embarcaciones que actualmente buscan facilidades portuarias en la Bahía de Acapulco; en la actualidad dichas facilidades se reducen a un muelle de aproximadamente 200 mts de longitud en Icacos, fotografía 2, lámina 1- B. De las instalaciones existentes hacen uso las embarcaciones de Petróleos Mexicanos y de la Secretaría de Marina, fotografías 3 y 4, lámina 1- B. Al centro de la población de Acapulco se cuenta con un muelle fiscal de 250 mts de longitud aproximadamente; en éste se dan facilidades portuarias a buques de carga y pasajeros. Así también, debe mencionarse que la bahía se usa como fondeadero de la navegación de altura, observándose en ocasiones un número considerable de buques anclados en ella. Otros muelles marginales de poca envergadura existen en la Bahía de Acapulco, y dan servicio principalmente a las embarcaciones de cabotaje y pesqueras.

Se estableció también que debería preverse la expansión futura del puerto en forma gradual hasta poder convertir éste en un puerto de primera importancia dentro de la República Mexicana, y además, con características internacionales, lo cual requiere gran amplitud en la superficie disponible para el puerto, las facilidades portuarias e instalaciones anexas.

De primera importancia para la economía del proyecto, y como parte de los estudios que se hicieron para justificar el establecimiento del puerto, fué la selección geográfica de localización, que en el caso particular de Acapulco resulta fácil de efectuar de acuerdo con las consideraciones que a continuación se exponen.

En la zona cercana a Acapulco existen dos lagunas marginales de dimensiones considerables, la Laguna de Coyuca situada al Noroeste de la Bahía de Acapulco, que ocupa un área de 32 Kms², y la Laguna de Tres Palos situada al Sureste de dicha Bahía, ocupando una superficie de 60 Kms² aproximadamente.

Estas dos lagunas marginales ofrecen la posibilidad de situar el puerto en alguna de ellas, por la conveniencia de aprovechar la protección natural que en las mismas puede encontrarse, y por su cercanía a la Ciudad de Acapulco. La figura 1 de la lámina 1- B, muestra la posición de dichas lagunas en relación con las Bahías de Acapulco y de Puerto Marqués.

Las comunicaciones terrestres entre la Ciudad de Acapulco y la Laguna de Coyuca se reducen a una carretera angosta, con un tramo sinuoso de aproximadamente 10 Kms de longitud, que pasa a través del contrafuerte montañoso situado entre la bahía y esta laguna.

Por otro lado, la Laguna de Tres Palos situada al Sureste de la Bahía de Acapulco ofrece comunicaciones terrestres de mayor importancia, ya que queda prácticamente ligada a la Carretera México- Acapulco, la cual pasa por la población de Las

Cruces y se une ahí a la carretera que conduce hacia Pinotepa Nacional, Oax. y al Sur este de la República Mexicana.

Sobre la barrera litoral que separa a esta Laguna del océano, se encuentra la carretera al Aeropuerto Internacional que liga con la Ciudad de Acapulco a través del contrafuerte montañoso Sureste que, sin embargo, es una carretera amplia con un tramo sinuoso de aproximadamente 6 Kms de longitud y por lo tanto, más corta en su parte montañosa que la que conduce de Acapulco a la Laguna de Coyuca.

Lo anterior bastaría para decidirse por la situación del puerto en la Laguna de Tres Palos, sin embargo, otras ventajas de esta Laguna, y principalmente de la barrera litoral son que en ésta se encuentran ya construcciones de importancia, como son: el Aero puerto Internacional, campos de golf y hoteles de importancia, y otras obras también importantes cuya ejecución se planea en un futuro próximo. La ribera Noroeste de la Laguna colinda con el Valle del Río de la Sabana y aunque en la actualidad su desarrollo se puede considerar como nulo, tiene la gran ventaja de ser una región cercana a las comunicaciones terrestres actuales, y de grandes posibilidades para un desarrollo futuro.

Otra consideración importante a favor de la Laguna de Tres Palos es el viento dominante que arrastra todo el desecho flotante hacia el Sureste y así los desperdicios del puerto instalado en la Laguna de Tres Palos que saldrán al mar no afectarán en lo más mínimo a las Bahías de Acapulco y Puerto Marqués, y serán transportados hacia el Sureste.

Así también, el volumen considerablemente mayor del prisma de mareas que se generará en la Laguna de Tres Palos permitirá establecer en ésta un canal de acceso de mayor amplitud que en la Laguna de Coyuca, ofreciendo posibilidades más amplias para el establecimiento de un puerto.

Por lo anterior, desde el punto de vista geográfico, la zona indicada para localizar el puerto es la ribera Noroeste de la Laguna de Tres Palos, que además cuenta con posibilidades prácticamente ilimitadas de expansión para las obras anexas, y para la formación de la futura ciudad portuaria, que necesariamente se desarrollará a la par del puerto.

Habiéndose elegido la orilla Noroeste de la Laguna de Tres Palos como la conveniente para la localización del puerto, los estudios técnicos consistentes en la obtención de datos, informes y cálculos se encaminaron a justificar y precisar la localización antes mencionada, teniendo en cuenta los problemas relacionados con el establecimiento del puerto de altura en la Laguna de Tres Palos, el cual así concebido tiene un canal de acceso cortado a través de la barrera litoral que separa a esta Laguna del océano. Este canal permitirá la navegación de altura con amplitud y seguridad, y se situó por condiciones económicas, tan cerca del puerto interior como las condiciones técnicas lo permiten y de modo que sean afectadas al mínimo posible las zonas donde se encuentran en la actualidad construcciones de importancia, Capítulos III y IV.

CAPITULO II — OBSERVACIONES, LEVANTAMIENTOS Y EXPLORACIONES EN LA ZONA DE LA LAGUNA DE TRES PALOS

En este capítulo se reportan los resultados de los diferentes trabajos relacionados con observaciones en el campo, principalmente de los fenómenos de oleajes y cambios en la configuración de las playas, los levantamientos topográficos e hidrotopográficos y las exploraciones efectuadas para conocer los materiales del subsuelo y poder determinar la estratigrafía de la zona donde se establecerá el puerto de altura. Estos trabajos fueron enfocados a obtener la información necesaria para poder justificar la elaboración del anteproyecto para el puerto de altura en la Laguna de Tres Palos. Constituyen la primera fase del estudio y determinan el camino a seguir para realizar la segunda fase que corresponde al diseño definitivo de las obras que constituirán dicho puerto.

1. Levantamientos terrestres y aerofotográficos

La fisiografía de la zona en estudio pudo conocerse con la ayuda de dos mosaicos fotográficos, uno formado de un vuelo escala 1: 30,000 realizado en Octubre de 1951 por la compañía Aerofoto, S. A. y el otro con escala 1: 20,000 de un vuelo realizado en Enero de 1968 por la compañía Aerocartografía de México, S. A. En el mosaico reciente se observan los desarrollos más importantes que se han realizado hasta esa fecha en la región de la Laguna de Tres Palos, como son: el aeropuerto internacional de la Ciudad de Acapulco, el Fraccionamiento Copacabana, hoteles, campos de golf y otras construcciones, así como la localización actual de la carretera Acapulco- Aeropuerto- Pinotepa Nacional. También se contó con fotografías de contacto 1: 5,000 de la barrera litoral que separa la Laguna de Tres Palos del océano, y con fotografías tomadas desde una avioneta, las cuales muestran rasgos fisiográficos importantes de la región en estudio.

Con objeto de precisar la escala de los mosaicos fotográficos y contar con referencias de localización para las mediciones y levantamientos que fueron efectuados y que se describen en los siguientes párrafos de este capítulo, fué necesario establecer una poligonal de referencia la cual se localizó a lo largo de la carretera que cruza la barrera arenosa, y mediante la construcción de bancos de referencia a lo largo de la línea de playa a la altura de la primera línea de dunas. Se corrió una nivelación cerrada a lo largo de todos y cada uno de los bancos establecidos con objeto de tener puntos fijos de referencia de nivel a lo largo de la zona en estudio. La orientación de la poligonal fué obtenida por medio del azimut astronómico de uno de sus lados, y de la misma manera en uno de los tramos de la carretera que cruzan la zona, el cual se usó como referencia en los mosaicos fotográficos. La extensión de la poligonal levantada y la localización de los bancos de referencia se muestran en la lámina 2- B. La configuración aproximada de la línea de playa fué determinada con referencia a la poligonal de apoyo. La configuración de los ríos, la Laguna de Tres Palos y la costa en las Bahías de Puerto Marqués y de Acapulco,

se determinó correlacionando la poligonal de apoyo con los mosaicos fotográficos.

Debido a las inevitables variaciones en escala que se presentan en los mosaicos fotográficos, cabe mencionar que la posición relativa de las líneas de costa y configuraciones tomadas de dichos mosaicos tienen limitaciones de precisión que, sin embargo, para los fines del presente estudio pueden aceptarse como satisfactorias. Para estudiar con más detalle las características fisiográficas de la zona de interés, se utilizaron las fotografías de contacto a escala 1: 5000 tomadas en Abril 22 de 1969. La escala de este vuelo permite apreciar todos los detalles de configuración, tanto de la línea de playa como de crestas de playas antiguas y las desembocaduras de los Ríos Papagayo y Sabana. El estudio de estas fotografías fué de gran utilidad para conocer los efectos del oleaje sobre la playa, en relación con los estudios de geología física reportados en el Capítulo III.

2. Levantamientos hidrotopográficos

La información previa a la realización de este estudio sobre levantamientos hidrotopográficos se redujo a cartas náuticas de tipo general a una escala muy pequeña, una de ellas publicada por la U. S. Naval Oceanographic Office basada en levantamientos efectuados entre 1879 y 1883 con adiciones de otras fuentes, hasta 1961, Carta No. 932, y otra publicada por la Comisión Intersecretarial Coordinadora del Levantamiento de la Carta Geográfica de la República Mexicana, ambas muestran la hidrotopografía general de la costa de Guerrero. Sin embargo, al ser ampliadas estas cartas a la escala de trabajo conveniente, y verificadas mediante el levantamiento de una sección de la plataforma continental frente a la barrera litoral, se hallaron diferencias de magnitud considerable, mismas que obligaron a planear la realización de los trabajos hidrotopográficos que se describen a continuación.

a). Batimetría del mar

La hidrotopografía de la plataforma costera situada entre la Península de Punta Roca al Noroeste de la barrera litoral y la desembocadura del Río Papagayo al Sureste, fué levantada con eco-sonda desde las proximidades de la línea de costa hasta profundidades del orden de 75 mts. El levantamiento se efectuó en Abril de 1969 mediante el registro continuo de las profundidades de la plataforma continental a lo largo de 26 secciones recorridas, 20 normales a la línea de playa y 6 paralelas a ella. La localización de las secciones se efectuó mediante la medición de dos ángulos referidos a dos líneas apoyadas en los bancos de la poligonal de referencia de localización. Los ángulos fueron medidos en forma simultánea. Las posiciones se verificaron desde la lancha mediante la medición con sextante de dos ángulos medidos sobre tres puntos fijos de la costa, tales como edificios situados en la barrera arenosa y puntos notables de las formaciones montañosas adyacentes. La configuración obtenida de la batimetría se muestra en la lámina 2- B en donde se indican las líneas batimétricas para profundidades a intervalos de 5 mts hasta los 75 mts de profundidad

que fué la máxima registrada en el levantamiento de 1969. Para mayores profundidades se estudiaron las cartas náuticas antes mencionadas, y mediante una correlación tanto de localización como de configuración se pudo establecer la batimetría de la plataforma continental para profundidades hasta de 500 mts, lámina 2- B.

b). Batimetría de la Laguna

El levantamiento hidrotopográfico de la Laguna se realizó mediante el registro continuo de la profundidad con eco-sonda, en un total de 31 secciones que cubren la extensión total de la Laguna. La localización de todas y cada una de estas secciones se efectuó mediante la medición con sextante de dos ángulos referidos a 3 puntos fijos de la costa adyacente, como en el caso de la batimetría del mar. Los resultados del levantamiento hidrotopográfico se consignan en la lámina 2- B en donde se muestran las líneas batimétricas para profundidades a intervalos de 1 m. La batimetría mostrada tiene precisión suficiente para los fines de este estudio. Sin embargo, para los lugares de interés específico será necesario en la segunda fase, precisar la configuración hidrotopográfica mediante un levantamiento de mayor precisión, lámina 2- B.

c). Observaciones de la variación de los niveles del agua en el mar y en la Laguna

Las profundidades anotadas para las líneas batimétricas del mar y la Laguna que se consignan en la lámina 2- B, están referidas al nivel medio de las mareas bajas extremas diarias (MLLW) que es el nivel de referencia usual en las cartas náuticas para las costas del Pacífico del Norte.

La determinación del nivel de referencia para la profundidad de las líneas batimétricas se realizó mediante la observación horaria del nivel del mar en el período comprendido entre Mayo 15 y Julio 26; estas observaciones se realizaron en el muelle localizado en la Bahía de Puerto Marqués. Las observaciones efectuadas fueron comparadas con los registros de mareas correspondientes, registrados por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el mareógrafo que tiene instalado en la zona de muelles situada en la parte Oeste de la Bahía de Acapulco. Se efectuó también la comparación con las Tablas de Predicción de Mareas publicadas por el U. S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey. De la comparación efectuada se pudo determinar la elevación correspondiente al nivel medio de mareas bajas extremas diarias al cual se refirieron las cotas de los bancos de referencia de nivelación, y respecto a este nivel se determinaron las profundidades correspondientes a la batimetría del mar y de la Laguna. Para esta última se efectuó la observación de la variación del nivel del agua en el período en que fué realizado el levantamiento hidrotopográfico de la Laguna. Los sitios donde se realizaron las observaciones se indican en la lámina 2- B. Se ha podido constatar que la precisión obtenida en la situación del plano de referencia 0.00 es suficientemente adecuada para los propósitos de este estudio. Sin embargo, debe tenerse presente que en la segunda fase correspondiente al diseño final, deberá obtenerse

el registro continuo de los niveles del mar y de la Laguna en un lapso no menor de un año, para obtener con absoluta precisión, para fines de construcción y localización, la posición del plano de referencia a que se hace mención y los niveles del mar característicos.

3. Resultados de la investigación de los materiales del subsuelo y de sus propiedades índices y mecánicas.

Los trabajos involucrados en la construcción del puerto de altura en la Laguna de Tres Palos, hacen indispensable el conocimiento de la estratigrafía y las propiedades índices y mecánicas de los materiales del subsuelo.

Las propiedades investigadas servirán para juzgar las propiedades físicas de los materiales en que habrán de efectuarse dragados, en los que se apoyarán cimentaciones de estructuras y los que serán utilizados para rellenos en el área donde habrán de situarse las instalaciones portuarias.

a). Muestras superficiales

Se obtuvieron muestras superficiales en las playas, en la plataforma continental y en los lechos de los ríos para estudiar su granulometría, así como sus características mineralógicas. Los resultados de estos estudios ayudaron a establecer las conclusiones del estudio fisiográfico de la barrera de arena que se reportan en el Capítulo III, donde se mencionan las conclusiones derivadas de los estudios realizados con estas muestras, a saber: la determinación del tamaño medio de los granos que las forman, de los minerales principales que las constituyen y el porcentaje de los minerales pesados hallados en todas y cada una de ellas. Las muestras en los lechos de los ríos fueron tomadas de los bancos arenosos de sus cauces a profundidades no mayores de 20 cms. Las muestras de playa fueron tomadas a la elevación aproximada del nivel medio del mar en la zona afectada por el oleaje y también a profundidades que no exceden 20 cms. Las muestras recolectadas en la plataforma continental son también de carácter superficial ya que fueron obtenidas por medio de un muestreador de arrastre especialmente diseñado para tal objeto, fotografía 1, lámina 3- B.

b). Pozos de muestreo y sondeos superficiales

Fueron perforados 6 pozos de muestreo inalterado localizados dos de ellos en la playa barrera y 4 cubriendo la extensión probable para situar el puerto en la laguna. Se obtuvieron muestras inalteradas de 5" de diámetro en los materiales arcillosos y mediante la introducción de un tubo tipo shelby de 3" de diámetro, para el caso de materiales arenosos y compactos. Las muestras obtenidas en cada uno de los pozos fueron cuidadosamente protegidas y selladas para preservar sus características naturales y fueron enviadas al laboratorio en la Ciudad de México, para ser analizadas en cuanto a sus propiedades índices y mecánicas. En todos los pozos de muestreo fueron instalados piezómetros con objeto de conocer las presiones hidráulicas

cas existentes en la masa del subsuelo a profundidades hasta de 38 mts. Para la perforación de los pozos de muestreo situados en el área de la Laguna, se hizo necesaria la construcción de una balsa en la que se instaló la maquinaria y equipo de muestreo. Las fotografías números 2 a 6 de la lámina 3- B muestran la balsa desde su etapa de construcción hasta la de operación durante la obtención de muestras inalteradas del subsuelo en el área de interés. Las fotografías números 4 y 5 muestran parte del equipo y materiales necesarios para la realización de este trabajo. Además, se efectuaron quince sondeos superficiales por medio de la introducción de una pulseta de aproximadamente 1/2" de diámetro en las localizaciones que muestran las láminas 2y 4- B.

Las muestras obtenidas en los pozos de muestreo fueron estudiadas en el laboratorio por lo que respecta a sus propiedades índices para poder definir la estratigrafía de la zona en cuestión. Se determinaron también sus propiedades mecánicas de permeabilidad, de resistencia al esfuerzo cortante y de compresibilidad, todas ellas tendientes a proporcionar la información necesaria para decidir sobre los problemas que se presentarán a causa de los dragados, esto es para valorizar la geometría que deberá darse a los taludes en los cortes que se ejecuten en los diferentes materiales, estimar las condiciones de estabilidad de los rellenos y cimentaciones de estructuras que será necesario construir para el establecimiento del puerto, y valuar las deformaciones que sufrirá el subsuelo bajo la acción de las cargas impuestas por dichos rellenos y estructuras.

Una descripción detallada del estudio efectuado con las muestras inalteradas, la determinación de las propiedades mecánicas mencionadas, y las conclusiones y recomendaciones que se derivan del estudio del subsuelo, se encuentran contenidas en la referencia (h) del Apéndice A: "Estudio de Mecánica de Suelos para la Barrera Litoral y Laguna de Tres Palos, Acapulco, Gro." Sin embargo, en los siguientes párrafos se reporta un resumen de las propiedades índices y mecánicas representativas de los materiales que constituyen el subsuelo de la zona en estudio.

c). Estratigrafía

En la lámina 4- B se presenta un corte estratigráfico que muestra la posición relativa de los materiales que forman el subsuelo en la barrera litoral y en la Laguna de Tres Palos. Las elevaciones que se indican están relacionadas al plano de referencia general de nivelaciones (0.00 = MLLW). La estratigrafía para las partes medias de la barrera y la Laguna puede describirse como sigue:

En la parte superficial de la barrera litoral se encuentra una arena fina y media poco limosa, suelta, de color café oscuro, que contiene raicillas, gravitas y señala contenidos de materia orgánica. Este estrato superficial viene a definir el Horizonte "A" que edafológicamente corresponde al horizonte donde se puede desarrollar vida vegetal y aparece a lo ancho de la barrera, sobre la cual en la actualidad, se encuentran plantíos y vegetación. Estrato I.

A continuación, entre las elevaciones + 3.2 a - 3.0 m en la barrera y corres

pendiente a las elevaciones - 12.8 m a - 15.7 m en la Laguna se encuentran sedimentos de arena fina y media de playa y duna, de colores café claro grisáceo en la barrera litoral y gris claro manchado en la Laguna; su estado de compacidad varía desde muy suelto en los materiales de la parte superior hasta semicompacto en la parte que se encuentra a mayor profundidad bajo la Laguna. Se encuentran en este estrato en forma ocasional, grava pequeña y restos de conchas. Estrato II.

Sobre el depósito anterior en la Laguna se encuentran dos depósitos de sedimentos lacustres que se pueden definir como sigue: el superficial es un material orgánico, fangoso que se encuentra en suspensión en el fondo de la Laguna, con un espesor variable que alcanza 2 m al centro de la parte más ancha y desaparece hacia las orillas de la Laguna.

El inmediato inferior está formado por series de depósitos de origen lacustre de alta compresibilidad, constituidos por arcillas, arcillas limosas y limos arcillosos de consistencia muy suave en la parte superior del depósito, aumentando a suave con la profundidad. Los colores típicos encontrados son: café olivo oscuro, gris olivo oscuro y verde olivo oscuro. Presentan algunas lentecillas de arena fina, mica y algunas conchas. Los contenidos de agua varían entre 75% y 400% aproximadamente. Este depósito se localiza entre las elevaciones - 6.0 m a - 12.6 m hacia el centro de la Laguna. Su espesor disminuye hacia las orillas.

Subyacente a los estratos de características lacustres se encuentra un estrato de conchas empacadas en arcilla limosa de color gris olivo; su espesor varía entre 0.20 y 0.40 m aproximadamente, cubre toda el área explorada de la Laguna, e indica una transgresión marina en alguna época geológica inmediatamente anterior a la formación lacustre que se ha descrito.

Los tres depósitos descritos se encuentran consignados en la lámina 4- B con las letras A, B y C respectivamente.

Subyacente al estrato de arenas finas y medias de playa, Estrato II, que se encuentra en la zona de la Laguna a las elevaciones - 12.8 a - 15.7 m y que fué de tallado con anterioridad, se localiza una serie de depósitos de arena fina a gruesa, Estrato III, en que se encuentran intercaladas lentes de materiales de origen fluvial necesariamente aportados por las corrientes del Río de la Sabana sobre los sedimentos hallados en el estrato inmediato inferior y que sin duda formaban el delta submarino de este río; presenta colores café claro en la barrera litoral y café grisáceo y gris claro manchado en la Laguna. Su granulometría varía de arena fina a gruesa y se encuentran gravas hasta de 3 cms de diámetro en las lentes de los materiales de origen fluvial. Se encuentran en estado semicompacto a compacto. Presentan pedacera de conchas en todo su espesor. Su elevación va de - 3.0 m a - 6.90 m en la barrera y corresponden a las elevaciones de - 15.7 a - 18.90 m en la Laguna. Estrato III.

A continuación, entre las elevaciones - 6.90 a - 9.80 m de la barrera y

correspondiendo a las elevaciones - 15.3 m a - 18.7 m en la orilla Suroeste de la Laguna aparece un depósito de arena, con granulometría de fina y media color café grisáceo, y en estado semicompacto a compacto. Contiene mica, pedacería de conchas marinas, algunas lentes de arena gruesa y muy gruesa, que aparece sólo en la barrera y tiende a desaparecer hacia el centro de la Laguna. Estrato IV.

Entre las elevaciones - 9.80 a - 20.4 m en la barrera y correspondiendo a las elevaciones - 18.9 a - 21.8 m en la Laguna, se localiza un depósito de arena fina de origen marino, de colores gris olivo y gris claro verdoso, en estado semicompacto a compacto, poco limoso en partes. Contiene mica, pedacería de conchas, puntos negros de materia orgánica, pequeñas lentes de arena gruesa y media y algunas gravitas. Estrato V.

A continuación, entre las elevaciones - 20.5 m y la máxima profundidad explorada en la barrera litoral, y entre - 21.8 m y - 27.3 m en la Laguna, aparece una arena fina poco limosa, de color gris olivo manchado, en estado semicompacto a compacto, con mica, caracolillos y conchas, pequeñas bolsas y lentes de turba, algunas gravitas y concreciones cementadas. Estrato VI.

Subyacente a estos sedimentos marinos, se localiza en la zona de la Laguna un estrato de sedimentos lacustres de aproximadamente 5.0 m de espesor, entre las elevaciones - 27.3 m a - 32.3 m, Estrato VII; está constituido por arcilla orgánica de colores café olivo oscuro, gris olivo oscuro y verde olivo, con huellas de raíces, de consistencia rígida, contiene mica, restos de conchas y algunas lentecillas de arena fina gris. Este material indica la existencia de una laguna antigua bajo la actual, que fué formada en la época geológica en que el nivel del mar se encontraba aproximadamente 20 m más bajo que el actual en relación con la planicie costera. Posteriormente, un hundimiento de la zona correspondiente al delta del Río de la Sabana acompañado de un levantamiento del nivel del mar, motivó una transgresión de los sedimentos marinos sobre esta laguna antigua. A continuación se formó la barrera litoral que originó la formación de la Laguna actual.

A continuación y reafirmando la presencia de la laguna antigua cuya formación fué muy similar a la actual, se localiza a las elevaciones - 32.3 m a - 33.0 m, un estrato de pedacería de conchas y caracolillos empacados en un limo arenoso gris olivo manchado, con presencia de mucha materia orgánica. Estrato marcado por el número VIII.

Finalmente, a partir de la elevación - 33.0 m y hasta la máxima profundidad explorada en la Laguna, aparece una arena fina limosa estratificada con un limo arenoso, Estrato IX; tiene color verde olivo grisáceo, su estado es semicompacto, contiene huellas de raíces y algunas gravitas y gravas semiangulosas. Este estrato bien puede representar la planicie costera que existió antes de los movimientos tectónicos y levantamiento del nivel del mar, anteriormente mencionados.

d). Propiedades índices y mecánicas

En la lámina 4- B se reporta en una tabla, un resumen de las propiedades índices y mecánicas representativas de los diferentes materiales que constituyen la estratigrafía de la barrera arenosa y la Laguna de Tres Palos. Los materiales arenosos que forman la barrera litoral y los subyacentes a los depósitos lacustres superficiales se encuentran en estados de compactación muy variable, acusan una resistencia a la penetración standard del orden de 10 golpes como mínimo, con ciertos valores máximos que sobrepasan los 100 golpes, exceptuando el extremo hacia el mar en la barrera litoral donde el número de golpes varía solamente de 20 a 50.

El coeficiente de permeabilidad de estos materiales es del orden de 10^{-2} cms/seg disminuyendo en estratos más profundos que contienen algo de limo, a valores del orden de 10^{-3} cms/seg. Sus propiedades de resistencia al esfuerzo cortante como materiales no cohesivos se caracterizan por un ángulo de fricción interna que varía de 40° a 44° y pueden considerarse materiales de baja y muy baja compresibilidad.

Los materiales suaves y muy suaves de tipo lacustre no presentan resistencia a la penetración standard y son impermeables. Su resistencia a la compresión simple varía entre 0.08 a 0.50 Kg/cm², su compresibilidad es muy alta y poseen propiedades de viscosidad intergranular. La parte más superficial de estos depósitos lacustres constituida por el fango en proceso de sedimentación carece de toda consistencia ya que se encuentra en suspensión, esto es en estado fluido.

4. Observaciones de los cambios fisiográficos en las playas

La estabilidad de las playas en las que ha de realizarse el proyecto estudiado, es uno de los factores más importantes que intervienen en la magnitud y naturaleza de las obras necesarias y depende de las propiedades de los materiales que las forman y de las características del oleaje que actúa sobre ellas; los primeros han sido descritos en el párrafo anterior y las condiciones del oleaje se describen en el Capítulo V. Aún bajo condiciones de completa estabilidad, las playas sufren variaciones, que pueden ser de período estacional, causadas por las diferentes características del oleaje que actúa en las distintas estaciones del año, y se acusan como erosiones, depósitos y la formación de bermas a diferentes elevaciones sobre la línea de playa, fotografías 3 a 6, lámina 5- B.

Otras variaciones no permanentes y periódicas son causadas en las playas por las corrientes de resaca. Los efectos de éstas sobre las playas se presentan generalmente como un fenómeno de erosión o corte local acusado por la formación de escalones en lo que fué una pendiente uniforme de la playa. La fotografía 3 de la lámina 5- B muestra la configuración de la playa en la que no ha tenido lugar este fenómeno y las fotografías 4 y 5 muestran la configuración de las playas que han sufrido su efecto. En las zonas afectadas por las corrientes de resaca se observan además del escalón sobre la playa, fuertes curvaturas locales en la configuración de la línea de playa, fotografías 1 y 2.

Con objeto de conocer los cambios que se originaron en la línea de playa durante el período de la realización del presente estudio y poder establecer si éstos son de carácter permanente o periódico, se inició la observación a lo largo de la barrera arenosa desde la Península de Punta Rocosa hasta la desembocadura del Río Papagayo.

Para poder llegar a una conclusión sobre la naturaleza de los cambios que se han observado, sería necesario contar, cuando menos, con un ciclo completo de observación en un período anual en el que hayan tenido presencia todos los fenómenos inducidos por el oleaje. Sin embargo, las observaciones realizadas proporcionan una idea cualitativa de los cambios que sufren actualmente las playas de la zona en estudio y de los que puedan esperarse, los cuales correlacionados con el estudio fisiográfico, Capítulo III y los estudios de los efectos del oleaje sobre las playas, Capítulo VI, permitieron establecer una conclusión sobre la naturaleza y magnitud de este factor de vital importancia en el buen funcionamiento de la obra que se propone.

La lámina 6- B muestra la localización de las secciones de playa donde se está efectuando la observación de los cambios fisiográficos de las mismas. En dicha lámina se consigna una sección transversal de la plataforma continental, la barrera arenosa y la Laguna. Así también, se reportan gráficamente los cambios observados en dos de las secciones (D y X), respectivamente, mediante los levantamientos sucesivos efectuados en los meses de Mayo a Septiembre de 1969. Los cambios característicos que han sufrido las playas en las secciones, A a Ñ y r a x, a lo largo de la playa barrera se reportan en la Tabla de la lámina 6- B. Puede concluirse que en el período de observación la línea de playa ha sufrido en general un retroceso y las pendientes expuestas de la playa se han incrementado ligeramente, deduciéndose de ello que una gran cantidad de material de las playas ha sido desplazado por el oleaje y las corrientes de resaca que han actuado durante el período en que se efectuaron las observaciones, el cual incluye los oleajes producidos por las tormentas tropicales en esta época del año, Capítulo V. Nótese sin embargo, que en las proximidades de la desembocadura del Río Papagayo, han ocurrido acrecentamientos notables de la playa en el período de 1951 a 1968, fotografías aéreas 1951/1968. Así también, de fotografías tomadas 17 años atrás en Playa Revolcadero comparadas con observaciones recientes, se pudo constatar que la línea de playa ha tenido un avance hacia el mar del orden de 40 mts.

De acuerdo con los cambios fisiográficos reportados y el comportamiento observado en las playas, se concluye que el material retirado de la parte expuesta es transportado por la fuerte resaca de esta época del año, y depositado a profundidades correspondientes a la zona de rompientes y a mayores profundidades sobre la plataforma continental. Capítulo III. En la época de calma, el material de la zona de rompientes es regresado por el oleaje a las playas, no así el material que queda fuera de esta zona el cual debido al movimiento armónico que le causan las olas al pasar, reconoce por gravedad la pendiente de la terraza continental y consecuentemente se queda en ésta o es transportado

a mayores profundidades, contribuyendo a la formación de dicha plataforma. El carácter permanente o estacional de los cambios observados en la línea de playa únicamente podrá determinarse al completar cuando menos un ciclo anual de observaciones, aunque de hecho se requiere la observación continua durante varios años para formar una estadística que permita establecer una conclusión segura y definitiva sobre los fenómenos de erosión y acrecentamiento.

CAPITULO III — GEOLOGIA FISICA EN LA REGION DE LA LAGUNA DE TRES PALOS

En la parte correspondiente a la descripción general del proyecto, se recomienda establecer un puerto de altura en la parte Noroeste de la Laguna de Tres Palos con acceso por medio de un canal de navegación a través de la barrera litoral que separa dicha Laguna del mar. La conclusión anterior fué basada sobre el estudio de las características geográficas y fisiográficas correspondientes a la región y a la formación de la Laguna de Tres Palos, así también, de acuerdo con las conclusiones relativas a la estabilidad de las playas actuales de la barrera arenosa, al arrastre litoral y a las condiciones hidráulicas de dicha Laguna.

En este capítulo se le da interés preponderante al problema de estabilidad de las playas y arrastre litoral a lo largo de la barrera, desde la Península de Punta Rocosa hasta la desembocadura del Río Papagayo, según se deduce del estudio de las características fisiográfico-geológicas que pueden observarse en la región, para lo cual se realizaron los siguientes trabajos:

1. Estudio de mapas y cartas existentes, levantamientos topográficos e hidrotopográficos de la Laguna y del mar frente a la barrera litoral. Los resultados de estas mediciones y observaciones se han reportado en el Capítulo II- 1 y 2.
2. Estudio de la estratigrafía y propiedades mecánicas del subsuelo de la barrera litoral y bajo la Laguna en las inmediaciones de la localización propuesta para el canal y para el puerto, Capítulo II- 3 y Apéndice A, Ref. (h).
3. Observaciones de las características del oleaje, zona de rompientes y cambios en la configuración de las playas originados por el oleaje, Capítulo II- 4.
4. Levantamientos aerofotográficos para constatar rasgos fisiográficos, tanto en las márgenes de la Laguna como en la barrera litoral, observación de fenómenos de oleaje sobre la costa y otras características físicas que son notables en la barrera desde la Península de Punta Rocosa hasta la desembocadura del Río Papagayo, Capítulo II- 1 y 4.
5. Estudio geológico de la región para conocer las condiciones de formación de la Laguna y de la barrera litoral. Apéndice A, Ref. (b).
6. Estudio de arrastre de sedimentos y análisis mineralógico de los mismos. Apéndice A, Refs. (c) y (d).
7. Estimación de las características hidrológicas de los Ríos Sabana y Papagayo. Apéndice A, Ref. (b).

a). Conclusiones sobre la formación geológica de la barrera litoral y la Laguna

Los estudios geológicos y estratigráficos permitieron conocer las características naturales de formación de la Laguna e interpretar, tanto su funcionamiento a través del tiempo geológico como en el presente, con el objeto principal de conocer la estabi-

lidad actual de las playas de la barrera litoral. Los estudios realizados indican, lámina 7, que el mar en una época geológica reciente, llegaba hasta la costa rocosa que se encuentra al Noreste de la Laguna, donde aún se observan restos de playas antiguas. La barrera litoral se formó gradualmente con los fuertes aportes de sedimentos traídos principalmente por el Río Papagayo y distribuidos sobre la barrera litoral por la acción del oleaje, formándose la actual Laguna de Tres Palos.

En primer término se establece geológicamente que la Laguna quedó limitada del lado del mar por una serie de pequeñas barras de arena que unían en cadena los deltas del Río Papagayo y de la Sabana respectivamente, en la posición aproximada de la orilla Suroeste de la Laguna. A través del tiempo y por el efecto del oleaje sobre los aportes de sedimentos del Río Papagayo y de la plataforma continental, se fueron formando playas de características uniformes en toda la extensión desde Punta Rocosa hasta el delta del Río Papagayo. El agua de la Laguna en formación tenía salida al océano por dos sitios: uno al Noroeste a través del manglar de Puerto Marqués y otro al Sureste cerca de la desembocadura del Río Papagayo, Conclusiones Apéndice A, Ref. (b).

La formación de las playas se puede reconocer por la sucesión de crestas que han sido dejadas a lo largo de la barrera de arena, aproximadamente paralelas unas a las otras desde la más antigua en la ribera Suroeste de la Laguna hasta la más reciente observada que corresponde a la playa actual. De aquí se deduce que la formación de la barrera litoral se ha verificado por un crecimiento de playas uniforme y lentamente progresivo, provocado a través del tiempo geológico por fluctuaciones ligeras en el nivel medio del mar en conjunto con el efecto del oleaje sobre los sedimentos del Río Papagayo como antes se menciona. A lo largo de la barrera litoral desde la Península de Punta Rocosa hasta las cercanías de la desembocadura del Río Papagayo no se descubren erosiones que indiquen cortes importantes en las playas antiguas, o bien discontinuidades en su formación, lo cual implicaría un cambio específico en el proceso de formación de dicha barrera. No obstante, puede notarse que existen algunos cortes de crestas de playa en la zona comprendida entre el delta del Río Papagayo y 13 Kms al Noroeste, probablemente debido a un ligero hundimiento de la zona del delta que causó la sumersión de una serie de crestas de playa; sin embargo, se observa de las fotografías aéreas que en la zona correspondiente al delta del Río Papagayo, las líneas de playa han sido restituidas en épocas geológicas aún más recientes.

Por otro lado, los aportes ordinarios de sedimentos del Río Papagayo son de considerable magnitud, se estima que sobrepasan ampliamente de $500,000 \text{ m}^3$, por año, y por lo tanto alimentan a las playas de la barrera en forma eficiente, lo cual da origen a una distribución uniforme de sedimentos en toda la extensión de la playa barrera, y la mantienen estabilizada en conjunto con las fuerzas componentes del oleaje.

Es de hacerse notar, de la frecuencia de gastos máximos probables del Río Papagayo y del Río de la Sabana, lámina 7, que los de éste último son considerablemente menores y que además, no alcanzan a descargar directamente todo su volumen en la Laguna,

porque gran parte se infiltra en el Valle de la Sabana, lámina 8, fotografía 1, que forma el delta del mismo río y está constituido por canales antiguos formados en sedimentos de alta permeabilidad. Más aún, en las épocas de avenidas el nivel de la Laguna se encuentra alto, lo cual reduce la pendiente hidráulica del flujo del río a la Laguna y provoca inundaciones en el valle donde se localiza el delta del río, haciendo que el agua busque salida al mar por el manglar de Puerto Marqués.

En la época geológica reciente que corresponde a la formación de la Laguna, el Río de la Sabana llegó a bloquear la salida Noroeste de la misma, cuando el delta de este río se extendió hasta la barrera litoral. Así también, se puede visualizar que posteriormente el Río Papagayo provocó con su aportación de sedimentos y la acción del oleaje sobre ellos, el bloqueo de la salida Sureste, originando que la Laguna quedara cerrada al mar como se observa actualmente.

En tiempo de lluvias, cuando el nivel de la Laguna de Tres Palos sube considerablemente, del orden de 2.5 mts en ocasiones extraordinarios como lo observado en 1967 y 1.4 mts sobre el nivel medio del mar observado en 1969, el exceso de agua, como ya se ha mencionado, sale en ocasiones por el manglar de Puerto Marqués a través de la barra que se encuentra en la Playa Revolcadero, la cual se abre durante algunos días del año, permitiendo la salida del agua. Sin embargo, los sedimentos han hecho subir gradualmente el nivel del cauce en los conductos entre la Laguna y el manglar, impidiendo que el drenaje por este lugar sea efectivo. La desembocadura, también temporal, que existe en la parte Sureste a través de un canal natural angosto y de bastante longitud se abre artificialmente al mar para dar salida al exceso de agua en la Laguna, cuando su nivel sube considerablemente a causa de fuertes y continuas lluvias tropicales e inunda terrenos en la barrera.

b). Proceso litoral actual

Los sedimentos que aporta el Río Papagayo durante sus avenidas, avanzan por efectos del oleaje a lo largo de las playas de la barrera de arena hasta cerca del fraccionamiento Copacabana, aún y cuando sedimentos como arenas muy finas y limos, alcanzan mayores distancias sobre la plataforma continental. Lo anterior pudo observarse en el mosaico fotográfico de 1951 y constatarse mediante los análisis realizados en materiales de la playa. Se puede observar que el diámetro medio de los sedimentos disminuye de 0.30 mm en la desembocadura del Río Papagayo hasta 0.15 mm en Playa Revolcadero, disminuyendo aún más sobre la plataforma continental a valores de 0.07 y 0.06 mm, que corresponden a granulometrías de arena muy fina y limo, lámina 7-B. Así también, en los estudios mineralógicos fueron cuantificados contenidos de minerales, especialmente de los más pesados y se constata que el arrastre de los sedimentos del Río Papagayo es precisamente hacia el Noroeste sobre la barrera de arena, debido al fuerte efecto de la componente del oleaje en los meses en que ocurren las avenidas del río, lámina 7-B. Estos sedimentos se extienden considerablemente hacia el mar, como podrá observarse de las curvas batimétricas que acusan una gran expansión de la plataforma continental, precisamente frente a

a la zona Noroeste de la barrera litoral. Se concluye entonces que el aporte de sedimentos del Río Papagayo es muy importante para conservar la estabilidad geométrica de la barrera litoral y de la plataforma continental. Debe mencionarse que durante las avenidas extraordinarias, como la ocurrida en 1967, la carga de sedimentos es muchas veces mayor, posiblemente de 30 a 40 veces más grande que la carga de sedimentos que correspondería al transporte medio del río en condiciones de avenidas ordinarias. El efecto es el de formar de inmediato un delta submarino en la desembocadura. El delta así formado, es distribuido sobre las playas adyacentes y sobre la plataforma continental, de acuerdo con las corrientes litorales presentes.

El arrastre litoral hacia el Noroeste durante las avenidas del Río Papagayo, también se puede constatar por la observación de la fisiografía en su desembocadura, esto es por el crecimiento que se observa en la margen y las playas al este, donde el acarreo litoral hacia el Noroeste es parcialmente retenido por la corriente del río al entrar éste al mar, haciendo que la arena transportada en esa dirección se acumule en la margen Este de la desembocadura, lámina 8-B, fotografía 6.

c). Cambios observados en las playas de 1951 a 1968

Los cambios ocurridos en la barrera litoral en los últimos años pudieron observarse por medio de la comparación entre mosaicos aerofotográficos de Octubre de 1951 y Enero de 1968, encontrándose que la costa al Este de la desembocadura del Río Papagayo ha avanzado hacia el mar aproximadamente 150 mts en esos 17 años, mientras que a lo largo de la barrera hacia Playa Revolcadero no se observa movimiento sensible de las playas, lámina 7, y se puede asegurar que no se ha verificado una transgresión del mar sobre la barrera litoral, si acaso podría concluirse que ha ocurrido una muy pequeña regresión en este lapso, ya que en la unión de Playa Revolcadero con la Península de Punta Rocosa se ha podido constatar una regresión del mar del orden de 40 mts en el mismo período.

d). Conclusiones sobre la estabilidad de las playas

Los estudios geológicos y fisiográficos de la barrera litoral que separa la Laguna de Tres Palos del mar indican que dicha costa se puede considerar prácticamente estabilizada a través del tiempo y que los aportes del Río Papagayo producen lenta y gradualmente una regresión del mar, pero con mayor velocidad en la margen Este de su desembocadura. Además, se concluye que el extremo donde se une la barrera litoral con la Península de Punta Rocosa es un lugar donde sensiblemente no se cuenta con aporte de sedimentos de las formaciones de Punta Rocosa, lámina 10-B. Sin embargo, se observa una playa lentamente creciente en este lugar por la acumulación de sedimentos a través del tiempo a causa de un pequeño arrastre litoral neto hacia el Noroeste.

Las fotografías de 1951 y 1968 así como los rasgos fisiográficos de las playas de Revolcadero hasta aproximadamente 13 Kms al Noroeste de la desembocadura del Río Papagayo, indican que en 17 años ha habido un ligero acrecentamiento de las playas de la barrera, y se puede concluir que el remanente de los sedimentos del Río Papagayo acarreados hacia el Noroeste en la época de avenidas es necesariamente transportado

por corrientes litorales hacia el Sureste de la costa durante el resto del año. De las observaciones de campo en la desembocadura del Papagayo se pudo observar, lámina 8, fotografías 4 y 5 y lámina 9, fotografía 6, que durante los meses de estiaje de Enero a Marzo de 1969, se formó una lengüeta de arena por arrastre litoral hacia el Sureste. Durante los meses de Abril y Mayo se formó otra lengüeta de arena aproximadamente de la misma magnitud aguas abajo, paralela a la primera y provocada por la corriente litoral hacia el Noroeste, lo cual indica un equilibrio neto de las corrientes litorales en esta época del año, es decir de Enero a Mayo inclusive.

Así pues, la zona que se considera más estable en toda la barrera y donde se espera arrastres litorales anuales de menor magnitud, es la que corresponde a una extensión de más o menos 6 Kms al Sureste de Punta Rocosa o Playa Revolcadero. Podrá observarse, lámina 7-B que en ese lugar las curvas batimétricas en el mar sufren una inflexión importante, que marca el límite que alcanzan los arrastres de sedimentos del Río Papagayo sobre la plataforma continental transportados por las corrientes litorales y de resaca a esos lugares.

De los estudios efectuados y reportados en el Capítulo II relacionados con las observaciones de los cambios que sufre la configuración de las playas, se llegó a la conclusión que dichos cambios aparentemente son de tipo estacional en la región antes descrita, donde se pueden observar erosiones y acrecentamientos de las playas en los meses más activos del oleaje, que son los de Mayo a Noviembre, Capítulo V. Podrá observarse de las fotografías aéreas, lámina 8 fotografías 2 y 3 y lámina 9 que en toda la costa correspondiente a la barrera litoral existe un oleaje que podrá catalogarse como desorganizado, ya que las olas que llegan muestran deflexiones importantes en el momento de romper, facilitando la formación de fuertes corrientes de resaca a todo lo largo de la playa barrera.

Estas corrientes de resaca son variables y puesto que dependen del oleaje, se facilita su formación principalmente por la llegada simultánea de marejadas de diferentes direcciones, que al interceptarse destruyen las condiciones uniformes en el momento de romper las olas. La zona de rompientes es bastante caprichosa como podrá observarse de dichas fotografías aéreas. Las corrientes de resaca erosionan las playas en forma errática e irregular, y temporalmente se pueden observar erosiones locales con extensiones hasta de 100 y 150 mts a lo largo de la línea de playa que están cambiando continuamente de lugar. Estas corrientes erosionan el material de la playa, el cual contribuye a levantar el nivel de la plataforma continental y a formar barras marinas en la zona de rompientes, las cuales no son necesariamente paralelas a la línea de playa y contribuyen aún más a que las rompientes tomen la configuración errática mostrada en las fotografías aéreas, donde se observan olas con crestas de rompientes quebradas y aún con curvaturas ocasionales. Lo anterior origina que el ángulo de las rompientes sobre la línea de playa sea muy variable, y en parte contribuya a contrarrestar el arrastre litoral.

Las fuertes erosiones producidas por las corrientes de resaca, pueden considerarse como fenómenos locales y estacionales, ya que se observan con mayor intensidad

principalmente en los meses de mayor oleaje, esto es de Mayo a Noviembre, cuando se presentan las tormentas tropicales y las marejadas que provienen de los mares del Sur, (Capítulo V). Los cambios observados en las secciones de playa se consideran independientes de la importancia que pueda tener la componente total del arrastre litoral anual producida por todas las marejadas de fondo y mares que llegan a estas playas, Capítulos V y VI, Viento y Oleaje y Arrastre litoral respectivamente.

Finalmente, los estudios estratigráficos efectuados por medio de sondeos y muestreos tanto en la barrera de arena como en la Laguna, Capítulo II-3, indican que dicha barrera litoral está formada principalmente por series de depósitos de arena de plya y duna hasta 30 mts de profundidad, lo cual constata el conocimiento de las condiciones fisiográficas y geológicas de formación de la barrera litoral que se han discutido anteriormente. Así también, en la Laguna se encontraron sedimentos finos como limos arcillosos y arcillas, lo que indica que al quedar la Laguna aislada de la influencia del mar ésta se fué relleno con dichos sedimentos a través del tiempo, lámina 4-B. Subyacentes a los sedimentos lacustres se encuentran series de depósitos tanto fluviales como de transgresión marina. A mayores profundidades se encontraron depósitos lacustres que indican la presencia de otra laguna antigua y confirman la ocurrencia del hundimiento del delta del Río de la Sabana en conjunto con un levantamiento del nivel del mar. Capítulo II-3c y Apéndice (h).

e). Conclusión sobre la localización de la entrada

De los razonamientos anteriores se llega a la conclusión de que no es de esperarse un problema específico importante relacionado con fuertes arrastres litorales en las cercanías de Punta Rocosa y Playa Revolcadero.

Por lo tanto, se considera técnicamente necesario que la entrada del canal de acceso a la Laguna de Tres Palos se localice tan lejana como sea posible de la influencia del acarreo hacia el Noroeste de los sedimentos del Río Papagayo, para evitar que las escolleras de protección a la entrada del canal sean azolvadas rápidamente por este proceso litoral.

CAPITULO IV — ESTUDIOS HIDRAULICOS DE LA LAGUNA DE TRES PALOS

El estudio del comportamiento de la Laguna de Tres Palos al ser conectada con el océano mediante el canal de acceso al puerto interior exige el conocimiento de las propiedades hidráulicas de la laguna.

En el Capítulo II se ha reportado el levantamiento batimétrico de la laguna y la configuración de su perímetro, el cual como también se indicó, ha sido tomado de mosaicos fotográficos de vuelos efectuados en Octubre de 1951 y Enero de 1968. La comparación de los mosaicos fotográficos indica que las configuraciones obtenidas permiten cuantificar las características físicas e hidráulicas de la laguna, con un grado de precisión satisfactorio para los fines que se persiguen en este estudio.

1. Resumen de las características fisiográficas de la laguna

La Laguna de tres Palos situada al Sureste de la Bahía de Acapulco presenta una forma aproximadamente alargada, con su eje mayor en sentido Noroeste-Sureste. En este sentido tiene una dimensión máxima de 15.5 Kms, su ancho varía de 2 a 6 Kms, siendo la parte más ancha la que se localiza al Noroeste, lámina 11-B. Las riberas de la laguna, lámina 12-B, fotografías 1 a 6, están formadas por zonas pantanosas en el Sureste, formaciones arenosas con lagunetas en las orillas Sur, Suroeste y Noroeste; en el extremo Noreste se encuentran playas marinas antiguas y en la parte media de la orilla Noreste se encuentran formaciones rocosas con islotes.

Con respecto al nivel de referencia general 0.00 correspondiente al nivel medio de mareas bajas extremas diarias en el mar, la laguna tiene un área de 58.2 Kms² y un volumen de 199 millones de metros cúbicos. Su profundidad máxima es del orden de 6.50 mts y se localiza en la parte central de la zona más ancha al Noroeste; hacia el extremo Sureste la profundidad de la laguna disminuye en forma gradual. El abastecimiento de aguas a la laguna se debe, por una parte a los aportes del Río Sabana situado al Noreste de la laguna y por otra, al agua de lluvia. Posiblemente, en las ocasiones en que el Río Papagayo provoca inundaciones en su delta con motivo de avenidas extraordinarias, se tiene un pequeño aporte de agua en la laguna por el lado Noroeste del delta del río. Las pérdidas de agua en la laguna ocurren principalmente por evaporación y filtración de sus aguas a través de la playa barrera que la separa del Océano Pacífico. Sin embargo, durante la época de lluvias y ocasionalmente, la laguna pierde sus aguas a través de las salidas situadas en sus extremos Sureste y Noroeste, Capítulo III.

Las variaciones que se conocen del nivel del agua en la laguna son: una elevación del orden de 2.5 mts con respecto al nivel 0.00 de referencia ocurrida a causa de las fuertes lluvias registradas en el año de 1967. En 1969 la laguna bajó a un nivel ligeramente inferior al nivel medio del mar durante un corto lapso y a causa de las lluvias alcanzó el nivel +1.50 mts hasta que fué abierta artificialmente la salida en el Sureste, y se abrió en forma natural la del Noroeste.

El fondo de la laguna en la parte superior está constituido por un material

de tipo fangoso, en suspensión que alcanza espesores hasta de 2.00 mts, Capítulo II-3c. Bajo este material se encuentran depósitos impermeables de tipo lacustre, con espesores que alcanzan hasta un total de aproximadamente 8 mts.

Es importante mencionar que cuando el régimen hidráulico entre la laguna y el océano quede establecido a través del canal de acceso, las avenidas del río de la Sabana tendrán una entrada franca a la laguna, consecuentemente se puede esperar que alguno de sus cauces antiguos pueda reabrirse. Para el control de estas avenidas sería conveniente proyectar un canal que ligue el cauce del Río Sabana con el extremo Oeste de la laguna, eliminando así las inundaciones que ahora se observan en el valle durante la época de lluvias.

2. Estudios hidráulicos

Los estudios que se describen en los siguientes párrafos tienen por objeto establecer las propiedades hidráulicas de la laguna y los efectos que sobre ésta ejercen los fenómenos meteorológicos de la zona. Estos resultados sirvieron de base para los estudios del funcionamiento hidráulico del canal de acceso que se describen en el Capítulo VII y del dimensionamiento del puerto que se describe en el Capítulo IX.

a). Prisma de mareas

Los niveles representativos de las variaciones del nivel del mar fueron obtenidos mediante la observación directa de los niveles del mar en el período de elaboración de este estudio, Capítulo II, y por comparación de estas observaciones con los datos contenidos en las Tablas de Predicción de Mareas del Instituto de Geofísica de la UNAM y del U.S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey, se estableció una correlación de niveles predichos y observados, la cual permitió determinar la cota correspondiente al nivel medio de mareas bajas extremas diarias (MLLW) este nivel se aceptó como plano de referencia general y se le ha asignado la cota 0.00. El nivel medio de mareas altas extremas diarias (MHHW) se encontró a la elevación +0.55 m y el nivel medio del mar a la elevación +0.27m.

En el estudio de las características tanto geométricas como hidráulicas con que deba proyectarse el canal de acceso del océano a la Laguna y que se describen en el Capítulo VII de este Informe, se requiere conocer la magnitud de los volúmenes de agua que serán introducidos y desalojados en la Laguna durante los ciclos de mareas.

El prisma de mareas, esto es, el volumen comprendido entre las elevaciones correspondientes a los niveles medios de mareas extremas diarias, estimado con los valores obtenidos del área y volúmenes de la Laguna basados en las dimensiones y profundidades que se muestran en la lámina 11-B y en los niveles de mareas antes mencionados, se reporta en la Tabla 1-IV.

Otros volúmenes de prismas incluidos en dicha tabla corresponden al rango máximo diario y rango mínimo diario contenidos en las Tablas de Predicción de Mareas del Instituto de Geofísica de la UNAM para el año de 1969. Cabe mencionar que durante las observaciones efectuadas para el presente estudio, se obtuvieron rangos diarios de mareas

del orden del máximo consignado en dicha tabla.

b). Oleaje en la laguna

El conocimiento del oleaje que puede generarse en la laguna es de importancia. Sus características, principalmente por lo que se refiere a su altura, deben tomarse en cuenta en la planeación de las protecciones que deberán darse a las embarcaciones que hagan uso de las facilidades portuarias.

De acuerdo con las dimensiones obtenidas para la laguna y utilizando la información de vientos que se describe en el Capítulo V, se puede llegar a la conclusión de que durante la mayor parte del tiempo el oleaje generado en la laguna no excederá de 0.50 mts de altura, y en condiciones extraordinarias de ocurrencia poco frecuente y de duración relativamente corta, el oleaje en la laguna alcanzará alturas hasta de 1.20 mts. El orden de magnitud de los resultados anteriores obtenidos de cálculos teóricos se han podido constatar por las observaciones efectuadas durante los trabajos de campo que se realizaron como parte de este estudio.

c). Marea ocasionada por el viento

La acción del viento sobre la superficie de la masa de agua de la laguna ocasiona en el extremo hacia el cual sopla el viento, una sobre-elevación del nivel del agua y en el extremo opuesto una depresión en dicho nivel. Este efecto es importante en la determinación tanto de las profundidades asignadas a las áreas de flotación como de la elevación prevista en los terrenos ganados a la laguna y que serán ocupados por las instalaciones portuarias. Los estudios realizados para la determinación de esta sobre-elevación y depresión del nivel de agua en la laguna, indican que para los vientos fuertes de presencia más frecuente en el área la variación de los niveles no excederá de 15 cms, y bajo la acción de vientos extremadamente fuertes tales variaciones en los niveles serán del orden de 35 cms. El orden de magnitud de estos resultados también se ha podido verificar durante la ocurrencia de vientos actuantes en la zona, por la observación de los niveles del agua en la laguna.

d). Períodos de oscilación en la laguna

Después de la ocurrencia de un viento de intensidad suficiente para producir el efecto de marea de viento que se menciona en el párrafo anterior, la superficie del agua tiende a recobrar su posición horizontal normal, lo cual ocasiona que el agua de la laguna sufra un movimiento oscilatorio. Las magnitudes de las sobre-elevaciones y depresiones sucesivas se amortiguan con el tiempo hasta la posición normal del nivel del agua. El efecto de oscilación puede también ocurrir si las condiciones del oleaje transmitido a través del canal de comunicación entre el mar y la laguna son tales que logren excitar la oscilación en la misma; sin embargo, esto no sucederá porque los períodos de oscilación de la laguna son considerablemente mayores que los que producen el oleaje y las resacas.

Las características de oscilación de la masa de agua que afecta el área ocupada por el puerto, son de importancia en las instalaciones que se establezcan para la sujeción de las embarcaciones a los muelles y habrán de tomarse en cuenta en el diseño final de dichas instalaciones. En la lámina 11-B se muestran los períodos de oscilación estimados

TABLA I — IV. RANGOS Y PRISMAS DE MAREAS

Definición	Rango (m)	Volumen del prisma (Mill. de m ³)	Lapso de ocurrencia (horas)
Prisma de mareas	0.55 (Entre niveles medios de mareas extremas diarias)	33.3	6.3
Prisma extremo máximo diario	0.93 (Máxima diferencia entre mareas extremas sucesivas de un día)	57.2	7.7
Prisma extremo mínimo diario	0.12 (Mínima diferencia entre mareas extremas sucesivas de un día)	7.6	7.0

Los valores de los rangos usados en la valuación de los prismas extremos fueron tomados de las Tablas de Predicción de Mareas de 1969 publicadas por el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.



para la laguna con el nivel del agua a la elevación 0.00 de referencia.

Una vez que se conecte la laguna al océano el nivel del agua en ella tendrá variaciones ocasionadas por las propias del mar debidas a las mareas. Tales variaciones en el nivel del agua de la laguna ocasionarán a su vez pequeñas variaciones en los valores de período de oscilación reportados. Se ha estimado una variación del orden de 5% a causa de este efecto. Cabe mencionar, sin embargo, que una variación un poco mayor en los valores reportados, puede esperarse debido a la presencia del material fangoso que existe en el fondo de la laguna, y cuya consistencia prácticamente fluída afecta el comportamiento general de la laguna desde el punto de vista de su oscilación. Las variaciones esperadas en los valores reportados son del orden de 10%. Lo anterior ha podido constatarse durante las observaciones de los niveles de agua en la laguna.

3. Conclusiones de los resultados obtenidos

Los valores que se reportan para las propiedades hidráulicas de la laguna y los efectos que las condiciones meteorológicas de la zona ejercen sobre ella, han sido basados en las condiciones actuales en que se encuentra ésta, es decir, como vaso cerrado. Sin embargo, se concluye que los cambios que ocurran a causa de la conexión de la laguna con el océano en las propiedades hidráulicas arriba mencionadas, no son considerables por lo que los valores reportados pueden usarse como corresponde para el estudio del funcionamiento de la obra que se proyecta.

CAPITULO V — VIENTO Y OLEAJE

El conocimiento de los climas de viento y oleaje es fundamental para establecer las condiciones de estabilidad de las playas donde quedará situada la entrada al canal de acceso al puerto interior, las cuales determinan el funcionamiento adecuado de la obra, Capítulo III. La magnitud y posición de las obras de protección necesarias y las condiciones en que se realizará la navegación, también están regidas por los fenómenos meteorológicos y oceanográficos.

1. Vientos

El conocimiento de las características del viento es importante para poder llevar a cabo estudios relacionados con el oleaje y la navegación. El oleaje es producido por el viento que actúa en forma continua durante un determinado tiempo en alguna área del océano. La zona donde el viento origina el oleaje es conocida como zona de generación o de agitación y es, precisamente, donde se producen en forma errática, olas de diferentes tamaños y períodos. Estas características del oleaje son función de la duración y velocidad del viento, y de las dimensiones de la zona donde éste actúa, es decir, de la magnitud de la zona de perturbación. Las olas generadas en esta zona forman el oleaje errático conocido como mar. Posteriormente, las olas salen de la zona de generación y se desplazan, cribándose en forma de trenes de olas a través de los océanos por miles de millas náuticas hasta el punto donde éstas son disipadas en las costas. Se considera que desde el frente de la zona de generación hasta el punto de observación, el oleaje sufre un amortiguamiento motivado por expansión, dispersión, y en ocasiones a causa de vientos contrarios que encuentra a su paso. El oleaje que ha sufrido este fenómeno se conoce como marejada.

Es imprescindible para la ingeniería de la obra poder valorizar la altura y período de las olas que se presentan frente a la barrera litoral de Tres Palos, para lo cual es necesario en primer lugar, poder conocer las características del viento en diferentes condiciones meteorológicas para poder efectuar el cálculo de los mares generados por el viento en diferentes lugares del Océano Pacífico, y de ellos estimar las características del oleaje o marejadas que afectan las playas en cuestión.

Para conocer las características del viento se recabó información de diferentes fuentes, a saber:

- i). Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- ii). Secretaría de Agricultura y Ganadería, Estación Aeropuerto de Acapulco.
- iii). National Weather Records Center (NWRC), proporcionada por Marine Advisers, Inc. Referencia (a), Apéndice A.

a). Vientos locales

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes proporcionó información sobre la intensidad y frecuencia de los vientos locales observados en los años de 1958 a 1960 en el Puerto Aéreo de Acapulco. La rosa de vientos que fué proporcionada por la *...* se muestra en la lámina 13-B, figura (a), y re

presenta los vientos registrados en la playa de la barrera litoral; de esta rosa de vientos se concluye que el viento más frecuente es WSW con velocidades de 4 a 23 nudos. Los vientos más intensos, 14 a 23 nudos, se presentan con direcciones WSW y SW, es decir, en el sector con azimut astronómico de 234° a 255° . De la rosa de los vientos se obtuvo la resultante de la energía del viento incluyendo su frecuencia; se encontró un azimut de 260° respecto al norte astronómico. Estas direcciones son de suma importancia en cuanto a la navegación y, consecuentemente, para la orientación de la entrada y del canal de acceso al puerto interior en la Laguna de Tres Palos.

En los meses de Julio a Septiembre fué posible recabar algunos datos de observaciones directas del viento en la estación meteorológica de la Secretaría de Agricultura y Ganadería en el Aeropuerto de Acapulco. Los resultados de la información obtenida indican que se han observado en dicha estación velocidades máximas hasta de 39 nudos, registradas el día 20 de Agosto provenientes del Sur, y 34 nudos el día 3 de Julio provenientes del Este. Las duraciones aproximadas de los vientos registrados el 20 de Agosto fueron de 8 horas con velocidad media de 27 nudos, y el día 3 de Julio se registraron velocidades medias más o menos sostenidas de 22 nudos por espacio de 9 horas. También en Septiembre 7 se registraron vientos del Noreste con velocidad media de 20 nudos y con duración de 11 horas. La información de las velocidades medias y sus duraciones son una indicación somera de lo que se puede esperar cerca de la Costa de Acapulco, principalmente, para normar el criterio en el cálculo del oleaje producido por las tormentas tropicales.

De la información de vientos recabada del National Weather Records Center (NWRC) Ashville, North Carolina, reportada por Marina Advisers, Inc., especialmente para llevar a cabo los estudios de oleaje, se encuentra que en el área de Acapulco, para los meses de Enero a Noviembre la velocidad media es del orden de 10 a 11 nudos, excepto en Junio que es de 13.2 nudos y en Diciembre que es de 8.9 nudos. Las velocidades máximas registradas fueron de 97.2 nudos ocurridas en Junio. El lapso de observación es de 8 años.

b). Huracanes y tormentas tropicales

De la fuente de información NWRC se conocen el curso y la ocurrencia por meses de 83 tormentas tropicales en un período de tiempo de 48 años, de 1921 a 1968. Estas tormentas pasaron cerca de la zona de Acapulco y produjeron influencia importante en ella. Como podrá verse de la lámina 13, figura (d), se presentan en mayor número en los meses de Junio y Septiembre. Las tormentas tropicales se generan en el Océano Pacífico frente a las costas de Chiapas y de Centro América, y también en la parte Oeste del Mar de las Antillas. Estas tormentas recorren las costas mexicanas del Sur desde Chiapas hasta Sinaloa y Baja California, siguiendo una trayectoria de Este a Oeste y después alcanzan el Trópico de Cáncer y la región de las Islas Hawaiianas. La banda de acción de estas tormentas tropicales está comprendida entre las latitudes 10° y 30° Norte. Se recabó información para conocer las velocidades máximas de los vientos de estas tormentas en función de su frecuencia probable de ocurrencia. La Lámina 13-B, figura (e) muestra los resultados obtenidos

Se puede decir que la velocidad máxima de viento en estos huracanes puede llegar hasta 150 nudos una vez en un siglo. Sin embargo, se puede observar que podrían presentarse 20 en un siglo con velocidad máxima hasta de 100 nudos, pero con frecuencia anual aproximada se presentarían huracanes con velocidades máximas del orden de 60 nudos. Evidentemente, la duración con que estas velocidades máximas de viento ocurren no es muy grande y se presentan como máximas instantáneas; tampoco conservan exactamente la misma dirección por mucho tiempo. Por consiguiente, para el efecto del viento en las áreas de generación del oleaje es necesario considerar una velocidad media equivalente actuando durante el tiempo mínimo requerido para que origine la agitación total del mar en dicha zona.

La investigación anterior indicó que los huracanes y tormentas tropicales pueden pasar cerca de la costa hasta aproximadamente 400 millas náuticas al Sur frente a la Costa de Guerrero y producir áreas de generación con dimensiones máximas de 400 MN y con duraciones de viento huracanado medio probable de 6 horas y muy poco probable de hasta 12 horas. Puede concluirse que para efectos de generación de oleaje en la zona de interés, un huracán tendrá vientos sostenidos con velocidad media de 45 nudos; así también, debido a que los huracanes tropicales se generan en las latitudes bajas y generalmente su trayectoria es hacia latitudes más altas, gradualmente se disipan y pierden energía, adquiriendo las características de tormentas tropicales con velocidades medias sostenidas de 25 nudos. En el caso de Acapulco los huracanes tropicales afectarían la costa a un máximo cuando pasan precisamente frente a ella en zonas de generación con dimensiones de 250 a 400 millas náuticas, y velocidades medias sostenidas durante 6 a 12 horas.

c). Vientos en alta mar frente a la costa

De la información proporcionada por Marine Advisers, Inc. recabada de observaciones de vientos efectuados en barcos a una distancia hasta de 100 millas náuticas desde la costa de Acapulco y sobre los cuadrantes de Marsden 047/50 y 046/55, lámina 13-B, figura (f), se pueden construir las rosas de viento actuante a esa distancia de la costa de Acapulco, figuras (b) y (c). De aquí se puede observar que en ambos cuadrantes los vientos con mayores frecuencias provienen del Oeste y del Noroeste. También se puede observar que la frecuencia con que se presentan vientos correspondientes a la escala de Beaufort de 7 a 12 es baja, haciendo notar que la escala 7 Beaufort corresponde a velocidades moderadas del viento entre 28 y 33 nudos y la 12 a huracanes con velocidades máximas mayores de 65 nudos, los cuales ya se han reportado anteriormente en el inciso (b).

Lo expuesto anteriormente sobre las características de vientos, se puede aplicar para zonas de generación en diferentes océanos, como son: en el Pacífico Sur frente de Antártida, en la Ventana de Nueva Zelanda y el Antártico, en el Pacífico del Este y al Oeste en la zona Ecuatorial frente a las Islas Marquesas, Islas Hawaiianas e Islas Marshall, en donde la generación de huracanes, ciclones y fuertes tormentas podrían originar mares totalmente desarrollados que se desplazarían hacia el área en estudio.

2. Oleaje

El conocimiento del oleaje frente a la costa de Acapulco es de importancia para valuar los siguientes factores:

- a). Oleaje máximo probable que servirá para el diseño de las escolleras de protección a la entrada del canal al puerto interior.
 - b). Oleaje total que se presenta frente a las costas de Acapulco para poder llevar a cabo cálculos de arrastre litoral de sedimentos en la playa barrera que separa la Laguna de Tres Palos del mar, y poder establecer la dirección y cuantificación de dicho arrastre.
 - c). Dirección del oleaje y frecuencia de éste para poder encontrar, frente a la entrada propuesta, las direcciones más desfavorables del oleaje, que en conjunto con el viento dan la base para seleccionar la dirección más conveniente de la orientación de las escolleras para lograr una protección adecuada del canal y facilitar la navegación de entrada.
- a). Oleajes extraordinarios

Por lo que respecta a valorizar el oleaje más fuerte probable a que estarán sujetas las escolleras, fué necesario investigar los mares generados por tormentas tropicales cercanos a la costa y las marejadas de fondo que provienen de áreas de generación de mares totalmente desarrollados en los diferentes océanos antes mencionados. De hecho, no se puede prever con precisión el lugar en donde podrá generarse en un momento dado un fuerte temporal, con oleajes que pueden afectar de modo importante las obras. Por tal motivo, se han hecho consideraciones generalizadas para encontrar el máximo de altura y períodos correspondientes de las olas que pueden llegar al lugar en estudio. Así pues, se utilizó el criterio de analizar áreas de generación para mares totalmente desarrollados con dimensión mínima de 500 millas náuticas, máxima normal de 700 millas náuticas, y máxima extraordinaria de 800 MN. Los oleajes o marejadas de fondo que interesa conocer se encontrarán comprendidas entre las obtenidas con estas dimensiones de áreas de generación, lámina 13- B, figura (f). Las distancias de amortiguamiento para las marejadas, se han hecho variar desde 1000 hasta 6000 millas náuticas y corresponden a los temporales más fuertes, con áreas de 800 MN, que se generan precisamente frente a la Ventana de Nueva Zelanda a 6000 MN, en el Antártico frente al mar de Ross a 5200 MN, y frente al mar de Bellinghausen en el extremo Sur de Chile, con cerca de 4000 MN. Posteriormente, mares que pueden generarse en un arco comprendido entre las costas del Perú y las del Norte de Chile, y el Archipiélago Tuamotu en la parte Este de la Polinesia con zonas de generación de 700 millas náuticas y distancias de amortiguamiento de aproximadamente 2300 millas náuticas. Del lado Oeste, entre las Islas Hawaiianas e Islas Marquesas, a una distancia de 3000 MN, se consideraron temporales con áreas de generación de 500 a 700 millas náuticas con mares totalmente desarrollados, y a distancias de 4000 MN frente a las Islas Marshall con zonas de generación del orden de 700 MN. Al acercarse a 1000 MN de

las Costas de Acapulco, esto es sobre el cinturón de calmas ecuatoriales, se consideró que las áreas de generación que corresponderían a las máximas con mares totalmente desarrollados en estas regiones del Océano Pacífico que tendrían un máximo de 500 MIN y pueden presentarse en el arco desde el Golfo de Panamá hasta frente a las Costas de la Baja California. Las tempestades en el sector Sureste-Suroeste de este arco tienen baja probabilidad de ocurrencia por hallarse en la zona de calma ecuatorial.

Los temporales más cercanos e importantes corresponden precisamente a los producidos por los huracanes tropicales, que se consideró tienen dimensiones máximas de 250 a 400 millas náuticas y pueden actuar sobre la costa de Acapulco como mares parcialmente desarrollados.

Los resultados de los cálculos efectuados para valorizar las características de los oleajes extraordinarios se muestran gráficamente en la lámina 13- B, figuras (j) y (k). La primera muestra la variación típica de alturas y períodos en las marejadas que se estudiaron para poder elegir el oleaje significativo más fuerte para el cual deberán diseñarse las obras exteriores, como son las escolleras de entrada al cunal. En la figura (k) se reportan en forma gráfica los resultados de esta investigación de marejadas de fondo y mares cercanos a Acapulco, clasificando éstos últimos en frecuentes, poco frecuentes y muy poco frecuentes. La figura es por sí sola explicativa y se puede ver que el oleaje más alto lo originan los huracanes tropicales, no así los mayores períodos. Por tanto, las alturas significativas en agua profunda y los períodos correspondientes de los oleajes para el diseño de las escolleras son los que se indican en la Tabla 1- V.

b). Oleajes observados en alta mar frente a la costa

Los estudios del clima de oleaje reportados por Marine Advisers, Inc. están basados en observaciones efectuadas en buques que recorren el Pacífico a lo largo de la costa frente a Acapulco, durante su paso por los cuadrantes Marsden 047- 50 y 046- 55.

Los oleajes reportados por Marine Advisers, Inc. se consideraron completos para poder efectuar con ellos los cálculos de arrastre litoral que se reportan en el Capítulo VI. Los datos antes mencionados contienen cerca de 60,000 observaciones, que después de cribadas produjeron finalmente 26,000 observaciones válidas que corresponden a frecuencias, alturas, períodos y direcciones de oleaje que sirvieron para los fines antes indicados. En la lámina 13- B, figuras (g) y (h), se muestra en forma gráfica la frecuencia en por ciento anual de las alturas y períodos, respectivamente, para los oleajes que se presentan en agua profunda frente a la costa de Acapulco. De aquí se puede observar que olas en mar profundo hasta de 3 mts de altura significativa se presentan exclusivamente con 1% de frecuencia anual, es decir, de esta información se concluye que durante un lapso equivalente a 3.6 días del año se podrán presentar estas olas; así también, podrán presentarse olas de 4 a 7 mts de altura significativa con mucha menor frecuencia, es decir, estas olas altas significativas pueden presentarse en un solo temporal importante en el transcurso de varios años, siendo necesario tomarlas en cuenta en el diseño de las obras

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION DE LAS CARACTERISTICAS DE OLEAJES EXTRAORDINARIOS

Procedencia	Amplitud de la zona de generación	Distancia de Acapulco al frente de la zona de generación	Sector de procedencia en Acapulco	Altura significativa en agua profunda	Rango de períodos	Grado de ocurrencia esperado
	Millas náuticas	Millas náuticas	(Grados)	(m)	(segs)	
Huracanes tropicales frente a la costa	250 a 400	0	120 - 280	5.5	5 a 10	Poco frecuente
Marejadas cercanas. Sobre arco del Golfo de Panamá a B. California	500	1000	130 - 280	3.9	10 a 16	Frecuente
Marejadas lejanas. Al Este sobre arco de costas del Sur del Perú al Este de la Polinesia. Al Oeste sobre arco de Islas Marquesas a Islas Hawai	700	2300	150 - 275	3.4	13 a 18	Frecuente
Marejadas muy lejanas. Sud Pacífico sobre arco frente costas Sur de Chile. Mar de Bellinghausen a Noreste de Nueva Zelanda. Al Oeste frente Islas Marshall	800	4000	175 - 215 270 - 275	2.8	15 a 18	Poco frecuente
Marejadas extremadamente lejanas. Mar de Ross y Ventana Nueva Zelanda	800	5200 a 6000	200 - 215	2.3	15 a 17	Poco frecuente

de protección para la entrada. En la lámina 13- B, figura (i) se presenta la rosa de frecuencias del oleaje en mar profundo para las direcciones en las que llega a la costa de Acapulco, formulada del reporte de Marine Advisers, Inc.

3. Observaciones de oleaje frente a la barrera litoral, sección D

Con objeto de poder visualizar el comportamiento del oleaje frente a la barrera de arena y principalmente en el lugar propuesto para la entrada del canal a la Laguna de Tres Palos, donde quedarán situadas las escolleras de protección a dicha entrada, se llevaron a cabo observaciones de las rompientes en ese lugar, lámina 14- B, y además se estudiaron las características del oleaje que llega a las playas que forman dicha barrera litoral.

Se llevaron a cabo observaciones de las rompientes en diferentes meses. Las rompientes más grandes observadas se reportan en la Tabla 2- V, de donde se puede observar que en el mes de Mayo fueron observadas olas con rango de períodos de 10 a 22 segundos, y aproximadamente 14 segundos como período medio para olas con rompientes hasta de 5.00 m. En Julio, la altura de las rompientes observadas fué entre 4 y 5.5 mts con períodos de 12 a 18 segundos. Se ve también que el oleaje más alto que ha sido observado fué durante el mes de Septiembre, cuando se registraron rompientes hasta de 6.70 m de altura, con períodos de 14 a 19 segundos.

Así también, se determinó por medio de fotografías aéreas la extensión de la zona de rompientes durante estos meses; en esta zona se produce la disipación de la energía del oleaje y es importante tomarla en cuenta al establecer la longitud y diseño de las escolleras de entrada, así también debe considerarse en los efectos que produce el arrastre litoral. En los meses de Marzo y Abril se observó que el ancho de la zona de rompientes en la Playa Revolcadero fué de 120 a 180 mts aumentando hacia el Sur de Copacabana a 260 mts de ancho. En Julio se observó, frente al Revolcadero un aumento de la zona de rompientes y en la sección D, al Sur de Copacabana se midió a fines de Julio una extensión de cerca de 280 mts de la zona de rompientes.

Así también, se nota de las fotografías aéreas 1: 5000 y los mosaicos fotográficos, que existen numerosas corrientes de resaca de mucha fuerza que producen erosiones locales en las playas de la barrera litoral, fotografías 3 y 4, lámina 9- B. Del estudio de las fotografías se llega a la conclusión de que la frecuencia con que se encuentran estas corrientes de resaca es del orden de 150 a 250 mts sobre la playa, y se ha notado también en las observaciones de campo, que dichas corrientes de resaca cambian de posición continuamente y en períodos de días. Las corrientes de resaca y la erosión local que éstas producen se acentúa principalmente por el oleaje desorganizado, Capítulo III, que se puede observar existe principalmente en los meses de Mayo a Septiembre en las playas de la barrera arenosa. El oleaje desorganizado, como muestran las fotografías, se debe principalmente: primero, a que entren al mismo tiempo trenes de olas de diferentes direcciones, fotografía No. 1, lámina 14- B y segundo, a que se formen

T A B L A 2 — V

PERIODOS Y ALTURAS DE OLAS ROMPIENTES MAS ALTAS OBSERVADAS EN LAS
PLAYAS DE LA BARRERA

Fecha	Lugar de observación Bancos de referencia	Rompientes más altas Altura (m)	Período (seg)	Ancho de la zona de rompientes (m)
Abril 14	A	2.60	8-18	120
Abril 18	B	3.20	8-17	180
Mayo 18	A	1.80	10-22	
Mayo 28	A	2.80	13-18	
	D	5.00	10-18	
Junio 7	D	3.10	13	
Julio 19	D	5.50	—	280
Julio 23	D	3.95	17-18	
Julio 24	D	4.85	12	
Julio 28	D	4.20	13	
Julio 30	D	3.70	14-15	
Agosto 3	D	5.25	7-17	
Agosto 5	D	5.30	13-20	
Agosto 21	D	5.70	17-18	
Agosto 22	D	5.25	16-20	
Sept. 8	D	5.50	16-20	
Sept. 9	D	5.40	16-19	
Sept. 18	D	6.70	14-19	
Sept. 19	D	5.80	17-20	



Banco de referencia A: en playa Revolcadero
 Banco de referencia B: al Sur de Playa Revolcadero
 Banco de referencia D: en lugar propuesto para la entrada

barras y depresiones submarinas en esa época del año, provocadas a la vez por las mismas corrientes de resaca. Podrá notarse en las fotografías aéreas de la lámina 9- B que las crestas de las olas se encuentran en ocasiones quebradas o curvadas, lo cual indica que la dirección y rompimiento mismo de las olas se vuelve un tanto errático, y la erosión sobre las playas también se produce en forma errática durante esta época del año.

La única forma de darse cuenta de la erosión o acrecentamiento de las playas que produce el oleaje en forma sistemática, es mediante la medición de las secciones de playa que ya se han reportado en el Capítulo II- 4 de este Informe.

Por otro lado, con los planos de refracción elaborados para el estudio del oleaje, coeficiente de refracción, y ángulo de incidencia de las rompientes, se han podido calcular las características de las rompientes teóricas producidas por las marejadas de fondo y mares, de acuerdo con los resultados del análisis de oleajes extraordinarios. Estos resultados se reportan en la Tabla 3- V. Se puede constatar que las alturas de rompientes que ahí se consignan basadas en los oleajes extraordinarios que se reportan anteriormente, concuerdan en forma satisfactoria con las rompientes observadas. Así también, las zonas de rompientes calculadas son de dimensiones del mismo orden de magnitud que las observadas en las fotografías aéreas.

Los resultados de las observaciones y cálculos efectuados por varios procedimientos para conocer el oleaje en mar profundo frente a la barrera de arena se constatan por las observaciones directas. Así también, el informe de olas observadas en barcos frente a la costa de Acapulco reportado por Marine Advisers, Inc. y el cálculo de oleajes máximos probables lámina 13- B, figura (k), conducen a resultados concordantes sobre las características del oleaje considerado en este estudio para los diferentes objetos señalados, tales son: el diseño de escolleras, la orientación del canal de entrada para facilitar la navegación al máximo posible y los cálculos del arrastre litoral.

TABLA 3 - V

RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS OLAJES EXTRAORDINARIOS

Ángulo y sector	Altura significativa H_o (m)	Rango de períodos T (seg)	Longitud L_o (m)	d/L_o ($d = 12$ m) **	Coefficiente de refracción en "D" K_r	Coefficiente de profundidad K_d **	$K_r \cdot H_o$ H'_o (m)	Altura H (m) **	Altura rompiente H_b (m)	Profundidad rompiente d_b (m)	Ancho de la zona de rompientes Z_b (m)
Marejadas cercanas $0^\circ - 230^\circ$	5.5	5	39	0.325	1.00	0.957	5.5	5.3	3.8	4.8	260
		7	76.5	0.157	1.03	0.913	5.7	5.2	4.7	6.0	300
		10	156	0.077	1.16	0.959	6.4	6.1	6.2	7.9	360
Marejadas cercanas $215^\circ - 225^\circ$	3.9	10	156	0.077	1.16	0.959	4.5	4.3	4.8	6.2	310
		13	264	0.0455	1.24	1.040	4.8	5.0	5.9	7.5	350
		16	400	0.0300	1.33	1.125	5.2	5.8	6.9	8.9	390
Marejadas lejanas $215^\circ - 225^\circ$	3.4	13	264	0.0455	1.24	1.040	4.2	4.4	5.3	6.8	325
		15.5	374	0.0321	1.32	1.110	4.5	5.0	6.1	7.9	360
		18	505	0.0238	1.37	1.180	4.7	5.5	6.8	8.8	390
Marejadas muy lejanas 215°	2.8	15	351	0.342	1.24	1.097	3.5	3.8	5.0	6.4	315
		18	505	0.0238	1.32	1.180	3.7	4.4	5.9	7.6	350
Marejadas extremadamente lejanas 215°	2.3	15	351	0.0342	1.24	1.097	2.9	3.1	4.4	5.6	290
		17	451	0.0266	1.31	1.154	3.0	3.5	4.8	6.2	310

* El sector considerado tiene el mayor valor del coeficiente de refracción entre los que corresponden a las direcciones del oleaje reportadas en la Tabla I-V

** Valores calculados para 12 m de profundidad

CAPITULO VI — ARRASTRE LITORAL

Las escolleras que protegerán la entrada al canal de acceso, interrumpirán la corriente litoral en la zona de rompientes, lo cual podrá ocasionar erosiones o acrecentamientos en las playas adyacentes a dichas escolleras.

La cuantificación del movimiento de sedimentos en la barrera litoral fué investigada para las secciones B y D respectivamente, lámina 15- B. Los resultados obtenidos se informan y discuten en este capítulo.

1. Estudio de la refracción del oleaje

La valuación del arrastre litoral requiere del conocimiento de las alturas, períodos, direcciones y frecuencias del oleaje que actúa sobre la playa, para lo cual se hizo necesaria la construcción de 38 diagramas de refracción que cubren todas las posibles direcciones y períodos del clima de oleaje que se presenta en la zona en cuestión y que fué reportado por Marine Advisers, Inc. Capítulo V y Apéndice A, (a).

La figura (a) de la lámina 15- B muestra, como ejemplo, uno de los diagramas de refracción, que está trazado para un oleaje con período de 17 segundos, el cual proviene de una dirección con azimut astronómico de 178° . Nótese, de este diagrama de refracción el giro que se produce en las trayectorias del oleaje a causa de la variación de la profundidad durante el avance de las olas hacia la línea de playa. El coeficiente de refracción y la dirección de llegada del oleaje, fueron determinados a la profundidad de 10 mts frente a las secciones B y D respectivamente, siendo la sección D el lugar elegido para localizar la entrada del canal de acceso.

Los diagramas de refracción proporcionaron como datos fundamentales los coeficientes de refracción y el ángulo con el cual llegan los oleajes a la batimétrica de 10 mts de profundidad, para cada una de las direcciones y períodos elegidos del oleaje en mar profundo. Con estos valores se formaron los diagramas polares para las secciones B y D que representan el comportamiento del oleaje a 10 mts de profundidad. En la lámina 15- B se muestran únicamente los diagramas polares para la sección D. Se observa que éstos cubren todos los períodos presentes desde 5 hasta 22 segundos. Así también, están representados todos los ángulos de incidencia del oleaje. Con la ayuda de estos diagramas polares fué posible calcular la altura de las rompientes y su dirección con respecto a la línea teórica de playa, para todas las alturas, direcciones y períodos con que se presenta el oleaje frente a la barrera litoral.

2. Cálculo del arrastre litoral

Para el cálculo del arrastre litoral se hizo uso de la información de oleajes reportada por Marine Advisers, Inc. La fórmula empleada para el cálculo del arrastre litoral es la que recomienda el U. S. Army Coastal Engineering Research Center y que ha sido ampliamente investigada por Scripps Institution of Oceanography y se lee

como sigue:

$$Q = k \cdot P_f$$

en donde:

Q - volumen de material transportado por la corriente litoral en la unidad de tiempo a través de la sección normal a la playa (metros cúbicos por año)

P_f - componente unitaria de la potencia anual del oleaje rompiente sobre la línea de playa (Ton . m/año, por metro lineal de playa)

k - constante de proporcionalidad (sin dimensiones).

La valuación de P_f implica el conocimiento de la orientación de la línea de playa, lo cual desafortunadamente está sujeto a cambios continuos por efectos del oleaje y las corrientes de resaca. Para investigar su variación se han considerado los valores extremos del azimut de la playa obtenidos de los mosaicos fotográficos y observaciones de campo. La magnitud real de P_f podrá quedar comprendida entre los dos valores así calculados.

Los resultados obtenidos para las secciones B y D respectivamente, en las condiciones antes descritas, se muestran en la Tabla 1- VI. El valor utilizado para el parámetro "k" fué de 0.22 según recomienda el U. S. Army CERC. Sin embargo, es necesario hacer notar que el valor del parámetro "k" corresponde a una constante de calibración y es característico de las playas donde ha sido determinado, y por lo tanto depende de la granulometría de los materiales y de la inclinación de la playa en cuestión, de la inclinación del oleaje y las corrientes de resaca que se establezcan, en particular en esa playa, de las variaciones en la línea de playa que estos oleajes puedan producir y del rango de mareas que se presenta en dicha playa.

3. Conclusiones

Los volúmenes del acarreo litoral anual obtenidos para la sección D indican que de verificarse éstos, se esperaría una continua transgresión del mar sobre la playa a través del tiempo, entre Punta Rocosa y la sección D; esto es, para suplir esta cantidad resultante de arrastre litoral anual la playa en esta zona tendría que ser erosionada en forma continua a través del tiempo.

Los estudios fisiográficos y observaciones reportadas en el Capítulo III, indican que la playa barrera ha sido formada por los avances progresivos de la línea de playa hacia el océano motivados por los fuertes aportes de sedimentos del Río Papagayo durante la época de avenidas. Estos sedimentos quedan sujetos a la acción de las mareas del Sur y Sureste que se verifican en ese mismo período, figura (d), lámina 15- B y las cuales producen corrientes litorales precisamente hacia el Noroeste sobre la playa barrera, los mismos acarreos son sin duda la fuente de abastecimiento del arrastre litoral hacia el Sureste que tiene lugar durante el resto del año, dando como resultado la estabilidad que se observa en las playas de la barrera litoral, Capítulo III.

Por otro lado, el valor calculado del arrastre litoral anual en la sección

T A B L A 1 - V I
RESULTADOS DEL CALCULO DEL ARRASTRE LITORAL

Sección	Azimut astronómico de la línea de playa	Arrastre litoral anual (Miles de m ³ /año)				
		Al SE	Al NW	Total	NETO Cantidad	Dirección
B Al Sureste de Playa Revolcadero	a.- 123°30'	244	169	413	75	SE
	b.- 127°30'	199	211	410	12	NW
D Sitio propuesto para la entrada	a.- 128°45'	352	220	573	133	SE
	b.- 131°30'	313	246	559	67	SE

a.- Azimut mínimo probable de la línea de playa

b.- Azimut máximo probable de la línea de playa

Se puede considerar que el acarreo anual neto es pequeño, por tanto se tendrá un acarreo igual en ambas direcciones del orden de:

$$\text{Sección B: } Q_{NW} = Q_{SE} = 206,000 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Sección D: } Q_{NW} = Q_{SE} = 283,000 \text{ m}^3/\text{año}$$



SECRETARIA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL

B resulta muy pequeño, Tabla 1- VI, por lo cual está en mejor acuerdo con los razonamientos de carácter fisiográfico reportados en el Capítulo III de Geología Física, así pues las conclusiones son de que el arrastre litoral resultante anual hasta la sección D debe ser pequeño y que los valores obtenidos del cálculo del arrastre anual son exagerados, lo cual puede deberse a las siguientes causas:

- 1.- La imposibilidad práctica de poder valorizar con suficiente precisión el ángulo de por sí muy pequeño, entre las rompientes y la línea de playa, lámina 15- B, figura (d), ya que el valor de P_f y consecuentemente el de Q es muy sensible con el valor de este ángulo.
- 2.- La posibilidad de que los oleajes reportados por los buques en los cuadrantes Marsden antes mencionados, no lleguen en su totalidad a la costa en cuestión, a pesar de que éstos fueron seleccionados cuidadosamente por la firma Marine Advisers, Inc.
- 3.- La forma desorganizada en que llega el oleaje a las playas en estudio, Capítulos III y V.
- 4.- El rango de mareas, que es función del lugar geográfico de interés.

Ahora bien, suponiendo que en la sección D el arrastre litoral en la dirección Noroeste fuese el valor medio calculado, y el cual puede ser abastecido ampliamente por los aportes de sedimentos del Río Papagayo durante las avenidas que ocurren de Junio a Noviembre, se deduce que al cortar las escolleras el arrastre litoral en la zona de rompientes, en la sección D, la escollera Sureste retendría una cantidad de arena del orden de $280,000 \text{ m}^3$ por año, lo cual haría crecer la playa junto a dicha escollera.

Sin embargo, ésto no sucede en forma tan exagerada, ya que al cortarse la corriente litoral en la zona de rompientes, una parte del material será transportado a la plataforma continental por las resacas, y otra parte del volumen ahí almacenado regresará con la corriente litoral que se verifique hacia el Sureste, durante los meses restantes del año, hasta lograr la estabilización de la playa. Lo anterior, sin embargo podría originar, al principio del proceso, alguna erosión sobre esta playa, ya que se perdería una pequeña parte de este material sobre la plataforma continental. Por lo tanto, la playa en las cercanías de la escollera Sureste tendría que estabilizarse a las nuevas condiciones de las corrientes litorales. Para acelerar este fenómeno se recomienda verter $500,000 \text{ m}^3$, del material obtenido del dragado del canal, en la playa adyacente a la escollera Sureste.

Por lo que respecta a la zona entre Playa Revolcadero y la escollera Noroeste, en donde aparentemente no debe existir arrastre litoral neto de consideración, se verificará sin embargo, un movimiento de material hacia uno y otro lado en este transcurso, a través del año, con magnitud probable de $200,000 \text{ m}^3$, el cual tendería a distribuirse en tal forma de configurar finalmente esta playa a las condiciones de estabilidad completa, con el arrastre litoral ocasionado por el oleaje. Siendo esta zona de la playa la más desarrollada en construcciones, es recomendable evitar cualquier posible pe-

ligro de erosión hacia la parte central de la zona de playa, para lo cual será necesario verter suficiente material del producto de los dragados del canal de acceso, aproximadamente 1.000,000 de m^3 , para facilitar que la playa comprendida entre la Península de Punta Rocosa y la escollera Noroeste, se estabilice en forma natural a través del tiempo a las nuevas componentes del arrastre litoral.

Cabe mencionar que por comparación de fotografías tomadas hace 17 años en Playa Revolcadero con fotografías de 1969, se concluye que esta playa ha sufrido una regresión del orden de 40 mts, lo cual viene a confirmar las hipótesis anteriores, Capítulo III.

En la lámina 17- B figura (a) se indica la configuración que es de esperarse con el tiempo, en las playas adyacentes a las escolleras Sureste y Noroeste respectivamente. Dicha configuración fué calculada haciendo que la resultante anual de la potencia de los oleajes fuese normal a la línea teórica de playa, con lo cual se satisface la condición de arrastre litoral anual nulo.

CAPITULO VII — CANAL DE ACCESO

Una vez que la Laguna de Tres Palos sea conectada al océano a través del canal de navegación, éste quedará sujeto al flujo y reflujo que se ocasionará por las variaciones del nivel del mar producidas por la marea. La entrada y salida de las mareas provocarán en el canal de acceso un funcionamiento especial, que dependiendo de la configuración y dimensiones de su sección, se verá más o menos afectado por erosiones y depósitos, y por las desviaciones que la corriente pueda sufrir a su paso por dicho canal, ya que éste será dragado en materiales arenosos con 0.25 mm de diámetro medio en los materiales más gruesos. La magnitud de los volúmenes de sedimentos que serán desplazados dependerá de las velocidades que genere la corriente del agua en el canal. Así pues, este capítulo trata del resultado de los estudios y problemas relacionados con las dimensiones de las secciones proyectadas en el canal para lograr su mejor funcionamiento.

1.- Funcionamiento

En el Capítulo IV se presentaron los resultados de los estudios hidráulicos de la Laguna llegándose a la conclusión que el prisma de mareas de dicha Laguna es de 33.3 millones de metros cúbicos para el cual, aplicando la Ley Natural de los Esteros es necesaria una sección crítica con área mínima de $2,250 \text{ m}^2$ con respecto al nivel medio del mar, a fin de que el prisma de mareas sea compatible con la sección del canal y se permita eficientemente la salida y entrada de las mareas, obteniéndose así un buen funcionamiento del canal de acceso.

Lo anterior implica que una sección crítica para el canal de acceso basada en esta ley, hará que las velocidades en éste sean tales que no permitan depósitos y por lo tanto el canal se mantenga siempre abierto, independientemente del efecto de los oleajes y los arrastres litorales. La Ley Natural de los Esteros establecida por el Prof. M. P. O'Brien en 1931, ha podido comprobarse una y otra vez como básica, y por este motivo fué usada para estudiar la sección crítica del canal de navegación.

Así pues, al canal de entrada se le podrá asignar una sección de $2,250 \text{ m}^2$. Considerando el tiempo medio en que se desplaza el volumen del prisma de mareas y suponiendo que la velocidad en ese tiempo tiene una ley aproximadamente sinusoidal, resulta que la corriente en el canal tendrá una velocidad media de 0.65 m/seg y una velocidad máxima de 1.02 m/seg, estas velocidades son las necesarias para que no se depositen materiales en el canal, es decir, lo anterior implica que habrá continuamente un arrastre de materiales en el fondo que se verán obligados a desplazarse en forma armónica hacia los extremos del canal, lo cual se originará de acuerdo con las corrientes producidas por las mareas; así pues a la salida del canal entre las escolleras se originará la formación de una barra móvil, lo mismo que a la entrada del canal en la Laguna. Dichas barras móviles serán las fuentes de abastecimiento de los sedimentos que se desplacen en

forma de vaivén a todo lo largo del canal, y las que mantendrán abastecida la carga de sedimentos en la corriente de flujo y reflujo, por lo tanto, es necesario contar con estas barras para evitar erosiones indeseables en las secciones del canal. Evidentemente que habrá que vigilar que dichas barras no crezcan demasiado para dificultar la navegación.

La Tabla 1- VII muestra las velocidades que se tendrán cuando se presenten los volúmenes extremos en los prismas de mareas reportados en el Capítulo IV, si se asigna el área indicada por la Ley Natural de los Esteros a la sección del canal. Las velocidades correspondientes a los prismas mínimos no causan acarreo de sedimentos, en cambio, las correspondientes a los prismas máximos ocasionarán transportes de material durante la mayor parte de su duración.

Por lo que respecta al diseño adoptado en el anteproyecto que se presenta, se decidió utilizar un área mayor para la sección del canal con objeto de tener mayor amplitud en el mismo, y también disminuir en parte las velocidades de arrastre. Se eligió así una sección crítica de $2,900 \text{ m}^2$ con respecto al nivel medio del mar, en la salida del canal al océano, con la cual se tendrán las velocidades que se muestran en la parte derecha de la Tabla 1- VII, esto es: para el prisma medio de mareas las velocidades medias serán de 0.5 m/seg y las máximas de 0.79 m/seg , con lo cual se reducen en parte los efectos de erosión y transporte de arena fina en el canal, originándose así fenómenos menos severos que los que se presentarían si se asignara a la sección el área mínima indicada por la Ley de los Esteros. La sección media elegida en el resto del canal se ha diseñado con $3,100 \text{ m}^2$, lo cual a su vez provoca velocidades un poco menores.

Por otro lado, se esperaba que debido a la gran longitud del canal, el flujo del agua a través de éste produjera un retardamiento en la salida del prisma y consecuentemente, en la transmisión de las mareas del océano a la Laguna y viceversa. Sin embargo, el cálculo efectuado para valorizar este efecto indicó que su magnitud no es de tomarse en consideración en el valor del prisma de mareas antes mencionado.

Así también, se llevó a cabo una cuantificación del acarreo neto que se ocasionará por las velocidades a que quedará sujeto el canal durante el flujo y reflujo producido por las mareas. El procedimiento utilizado es debido al Prof. H. A. Einstein y está basado en un concepto de probabilidades semi-empírico. Por medio de este procedimiento y tomando en cuenta el carácter reversible de las mareas, se pudo concluir que el acarreo neto de material que se verificará en el canal con la sección y velocidades reportadas en la parte derecha de la Tabla 1- VII, no es de consideración especial, ya que resulta de una magnitud muy pequeña.

Por otro lado, se espera que la sección proyectada del canal, lámina 16- sufra cambios en su configuración y tienda a profundizarse en algunos lugares más y en otros, dependiendo de las variaciones naturales de las corrientes motivadas prin-

AREAS Y VELOCIDADES DE LA CORRIENTE EN EL CANAL DE ACCESO

Prisma consi- derado	Volumen del prisma (millones de m ³)	Lapso de duración	Area de la sección *	Velocidad media	Velocidad máxima	Area de la sección **	Velocidad media	Velocidad máxima
		horas	m ²	m/seg	m/seg	m ²	m/seg	m/seg
Mínimo	7.6	7.0	2250	0.14	0.22	2900	0.11	0.17
Medio (+)	33.3	6.3	2250	0.65	1.02	2900	0.50	0.79
Máximo	57.2	7.7	2250	0.91	1.42	2900	0.70	1.10

(+) Prisma de mareas definido según la Ley Natural de los Esteros

* Area mínima requerida por la Ley Natural de los Esteros

** Area proyectada en el canal en la sección mínima

Los valores de los rangos usados en la valuación de los prismas extremos fueron tomados de las Tablas de Predicción de Mareas de 1969 publicadas por el Instituto de Geofísica de la UNAM.



principalmente por las direcciones de entrada y salida de la Laguna al canal y al océano. Aún y cuando estas direcciones fuesen perfectamente simétricas, la corriente se desviaría hacia los lados del canal provocando una sinuosidad en su curso principal. Sin embargo, se ha dicho que por la estimación de los arrastres que se esperan, esto no será un problema serio en el funcionamiento del canal, pero sí será necesario tener un control de las secciones del mismo sobre todo después de la ocurrencia de los prismas extremos máximos, con objeto de valorizar el mantenimiento que se hará necesario para corregir estas desviaciones, removiendo al mismo tiempo los materiales depositados en exceso para conservar hasta donde sea económicamente posible la sección proyectada del canal, la cual debido a su amplitud las pequeñas acumulaciones de arena no serán un obstáculo para la navegación.

2. Navegación

Los estudios realizados en el Capítulo V guiaron a la conclusión de que la orientación del canal debe ser de 245° de azimut astronómico, con el objeto de orientarlo convenientemente con la dirección del viento dominante y los oleajes presentes en la entrada, Capítulo VIII. El plano general, lámina 1- B del Capítulo I, muestra la orientación y localización que se ha adoptado.

Para permitir una navegación libre y adecuada en el canal, éste se ha diseñado recto. En la lámina 16- B se muestran en forma gráfica los resultados de la investigación efectuada para establecer las dimensiones estadísticas de las embarcaciones cargueras de carácter internacional. En la Tabla 2- VII se consignan las profundidades finalmente elegidas y asignadas al canal de acceso para las diferentes secciones que se muestran en la lámina 15- B y para las cuatro etapas del desarrollo del puerto descritas en los Capítulos IX y XII.

En la Tabla 2- VII se muestran las magnitudes de las tolerancias que se especifican en estos casos para dar lugar a los movimientos normales de navegación de las embarcaciones y los calados máximos recomendables de éstas, en las diferentes etapas; se ha considerado que la velocidad de los buques en el canal no excederá de 8 nudos. En la parte inferior de la tabla se consignan las dimensiones mínimas del ancho de la plantilla del canal que se requiere cumplir por motivos de navegación.

El canal fué proyectado primordialmente para satisfacer las condiciones hidráulicas entre la Laguna y el mar. De los datos que se reportan en la Tabla 2- VII puede juzgar que tiene amplitud más que suficiente para permitir la navegación con seguridad.

Evidentemente que la autoridad portuaria que deba de establecerse para la dirección del puerto, tendrá que formular las normas adecuadas para regir la navegación en el canal de los buques de diferentes tonelajes y de otras embarcaciones.

Protecciones

La sección crítica del canal de acceso en su salida al océano, a pesar de

T A B L A 2 — VII
 PROFUNDIDADES DEL CANAL Y CALADOS ADMISIBLES

Concepto	ETAPA I			ETAPAS II y III			ETAPA IV		
	Entrada	Interior	Laguna	Entrada	Interior	Laguna	Entrada	Interior	Laguna
Profundidad asignada al canal	40'	33'	28'	40'	36'	33'	50'	43'	40'
$\frac{1}{2}$ altura ola (en operación)	6'	2'	1'	6'	2'	1'	9'	3'	1'
Tolerancia para movimientos del barco	2'	2'	1'	2'	2'	1'	3'	2'	2'
Distancia libre al fondo	2'	2'	1'	2'	2'	1'	2'	2'	1'
Calado disponible	30'	27'	25'	30'	30'	30'	36'	36'	36'
Calado máximo aceptable	25'			30'			36'		

ANCHO DE LA PLANTILLA

Dimensión de manga para revisión: $M = 75'$

Concepto	LINEAS DE TRAFICO	
	1 línea	2 líneas
Amplitud de la línea de recorrido	150'	300'
Amplitud de las dos líneas de bordo	225'	225'
Amplitud de la línea de separación	—	75'
Ancho mínimo requerido para navegación (En condiciones de calma relativa de viento y oleaje)	375'=114m	600'=183m
Ancho requerido por funcionamiento hidráulico	200 m en Etapas I a III 188 m en Etapa IV	



SECRETARIA DE MARINA
 UNIDAD DE INVESTIGACION
 Y CULTURA NAVAL
 BIBLIOTECA CENTRAL

estar protegida por las escolleras contra los oleajes fuertes que se presentan, estará expuesta a la acción del oleaje con direcciones próximas a la de su eje, esto es, de 245° de azimut astronómico. Este oleaje podrá penetrar directamente hasta la entrada del canal en su unión con la línea de playa. Así pues, las protecciones necesarias a la salida del canal se han diseñado a manera de espigones cortos que encauzan la corriente hacia el mar. Su geometría se ha proyectado de acuerdo con los resultados de los estudios relativos que se reportan en los Capítulos VIII y anteriores. La configuración de las protecciones en la sección crítica se muestra esquemáticamente en la lámina 16- B, en la cual también se observan protecciones de los bordos del canal en el tramo a través de la playa barrera las cuales son necesarias para evitar erosiones en estos lugares por el efecto del oleaje.

El oleaje inducido por los barcos durante su paso por el canal es de altura reducida para velocidades no mayores de 8 nudos. Por consiguiente, las protecciones a base de recubrimientos de piedra obtenida del producto más pequeño de la cantera, serán adecuadas para resistirlos. El oleaje más fuerte a que quedarán sujetos los taludes del canal será el ocasionado por oleajes y marejadas que ocasionalmente lleguen a penetrar en el canal de acceso.

El tramo del canal de acceso que será dragado en la Laguna requiere de la colocación de pedraplenes pequeños formados con el material producto del desecho de la cantera para evitar que el material fangoso que se encuentra en el fondo de la Laguna fluya hacia el canal, Capítulo II- 3c.

CAPITULO VIII — ESCOLLERAS

El canal de navegación para dar acceso a la Laguna de Tres Palos de de el Océano Pacífico deberá cruzar necesariamente la zona de rompientes, en donde tienen lugar los movimientos de arena causados por las corrientes de resaca y literales. Para proteger la entrada se requiere construir unas escolleras que permitan confinar el canal de acceso al salir de la playa barrera hacia el océano, proyectándolas hasta una profundidad tal que la probabilidad de azolves a causa de las corrientes literales sea mínima. Las escolleras se han planeado también para disminuir la energía de los oleajes dentro de la zona que éstas confinan. El presente capítulo expone los resultados obtenidos del estudio de los diferentes factores que determinaron las características de las escolleras presentadas en el anteproyecto contenido en este Informe.

1. Localización

Puesto que las escolleras deberán interrumpir la corriente litoral que ocurre en el sitio donde habrán de localizarse, el factor más importante en la determinación de su localización desde ambos puntos de vista, técnico y económico, es la magnitud y dirección del acarreo litoral que pueda esperarse en el sitio en donde éstas se localicen. En el Capítulo III de Geología Física y el VI de Arrastre Litoral, se han discutido las características fisiográficas de la zona en estudio y su correlación con los resultados obtenidos del cálculo estimativo del arrastre litoral. Del Capítulo III por evidencia fisiográfica se desprende la conclusión de que la localización más conveniente para las escolleras, debe ser tan lejana de la desembocadura del Río Papagayo como permitan los restantes factores involucrados en la determinación de la localización general del puerto y su canal de acceso. En la lámina 16- B se muestra la posición asignada al canal de entrada que se localiza aproximadamente a 5 Kms al Sureste de Playa Revolcadero y que se ha determinado como la posición que reúne los factores técnicos y económicos más convenientes para la situación de las escolleras y del canal de acceso al puerto interior de Tres Palos.

Orientación del canal de entrada y escolleras

En el Capítulo VII se han reportado los factores determinantes de la configuración geométrica del canal de navegación, así como las profundidades y anchos en diferentes zonas, incluyendo la comprendida entre escolleras. La orientación del canal entre escolleras, que a su vez determina la orientación general del canal de navegación, depende básicamente de las características de los vientos y oleajes presentes en la zona, los cuales se han discutido en el Capítulo V. De los estudios realizados y conclusiones establecidas en ese capítulo se ha podido definir como dirección más conveniente para el canal de navegación la que se muestra en la lámina 17- B, esto es, un rumbo astronómico de 245° .

En la misma lámina se muestran las orientaciones y configuraciones de escolleras que fueron estudiadas como más probables para una solución óptima, y que permitieron llegar a proyectar como más conveniente la que se indica en el extremo derecho. En relación con la orientación asignada al canal se muestran las rosas de frecuencias de viento y oleaje, figuras (b) y (c); así también en la figura (b) se muestra la dirección general del viento dominante en la zona, es decir, la dirección resultante al considerar durante el año todas las direcciones e intensidades del viento desde el punto de vista de las fuerzas que actuarán sobre las embarcaciones. Se muestran también en la figura (c) la dirección de los oleajes más frecuentes y la dirección general del oleaje anual en la zona, esto es la dirección resultante al considerar todos los oleajes que pueden presentarse durante el año. En el Capítulo VII se estableció la conveniencia de orientar el canal de entrada tan coincidente como fuese posible con los elementos viento y mínimo oleaje presentes en la zona, con objeto de mantener al máximo condiciones favorables para la navegación en el canal. Puede notarse también del mismo diagrama que la orientación del canal de entrada se ha localizado en la dirección que presenta baja frecuencia en los oleajes actuantes. Las desviaciones entre la dirección del canal y las direcciones del viento y oleaje representativos de los climas correspondientes son pequeñas, del orden de 15° a 20° y por lo tanto permitirán la entrada de embarcaciones al canal con facilidad suficiente y seguridad adecuada. Para el caso de condiciones extraordinarias originadas por las tormentas y huracanes tropicales y las marejadas de fondo, en la lámina 17- B, figura (d), se muestran las características que tendrán frente a las escolleras los oleajes extraordinarios que se reportan en el Capítulo V. Se puede observar que la orientación establecida para el canal de entrada se encuentra en la zona donde las intensidades de estos oleajes son menores, y en tal forma de evitar la entrada franca de los oleajes más severos, que son los que provienen del Sur y Sureste. En las figuras (c) y (d) pueden verse los límites geométricos de las direcciones del oleaje que puede penetrar entre las escolleras.

3. Geometría de las escolleras de protección

En la figura (a) de la lámina 17- B se muestra la configuración geométrica asignada a las escolleras de entrada. La línea continua representa el arreglo propuesto para las etapas de desarrollo I, II y III que se describen en este Informe, y con línea entrecortada se muestra la ampliación requerida en la etapa más avanzada del desarrollo puerto que se ha considerado en el presente estudio y se ha designado como etapa IV. La separación entre los morros define el ancho del canal de navegación a la entrada. Los requisitos impuestos para esta dimensión se han establecido en el Capítulo VII. La configuración de las escolleras adoptada en este anteproyecto, tiene por objeto atenuar las intensidades del oleaje que puede penetrar por el canal entre escolleras, y con ello mejorar las condiciones de navegación en el mismo. Así también, las protecciones requeridas en los bordos del canal serán de menor magnitud mientras más pequeño sea el oleaje

CAPITULO VIII — ESCOLLERAS

El canal de navegación para dar acceso a la Laguna de Tres Palos desde el Océano Pacífico deberá cruzar necesariamente la zona de rompientes, en donde tienen lugar los movimientos de arena causados por las corrientes de resaca y litorales. Para proteger la entrada se requiere construir unas escolleras que permitan confinar el canal de acceso al salir de la playa barrera hacia el océano, proyectándolas hasta una profundidad tal que la probabilidad de azolves a causa de las corrientes litorales sea mínima. Las escolleras se han planeado también para disminuir la energía de los oleajes dentro de la zona que éstas confinan. El presente capítulo expone los resultados obtenidos del estudio de los diferentes factores que determinaron las características de las escolleras presentadas en el anteproyecto contenido en este Informe.

1. Localización

Puesto que las escolleras deberán interrumpir la corriente litoral que ocurre en el sitio donde habrán de localizarse, el factor más importante en la determinación de su localización desde ambos puntos de vista, técnico y económico, es la magnitud y dirección del acarreo litoral que pueda esperarse en el sitio en donde éstas se localicen. En el Capítulo III de Geología Física y el VI de Arrastre Litoral, se han discutido las características fisiográficas de la zona en estudio y su correlación con los resultados obtenidos del cálculo estimativo del arrastre litoral. Del Capítulo III por evidencia fisiográfica se desprende la conclusión de que la localización más conveniente para las escolleras, debe ser tan lejana de la desembocadura del Río Papagayo como lo permitan los restantes factores involucrados en la determinación de la localización general del puerto y su canal de acceso. En la lámina 16- B se muestra la posición asignada al canal de entrada que se localiza aproximadamente a 5 Kms al Sureste de Playa Revolcadero y que se ha determinado como la posición que reúne los factores técnicos y económicos más convenientes para la situación de las escolleras y del canal de acceso al puerto interior de Tres Palos.

2. Orientación del canal de entrada y escolleras

En el Capítulo VII se han reportado los factores determinantes de la configuración geométrica del canal de navegación, así como las profundidades y anchos en las diferentes zonas, incluyendo la comprendida entre escolleras. La orientación del canal entre escolleras, que a su vez determina la orientación general del canal de navegación, depende básicamente de las características de los vientos y oleajes presentes en la zona, los cuales se han discutido en el Capítulo V. De los estudios realizados y las conclusiones establecidas en ese capítulo se ha podido definir como dirección más conveniente para el canal de navegación la que se muestra en la lámina 17- B, esto es, un azimut astronómico de 245° .

En la misma lámina se muestran las orientaciones y configuraciones de las escolleras que fueron estudiadas como más probables para una solución óptima, y que permitieron llegar a proyectar como más conveniente la que se indica en el extremo de recho. En relación con la orientación asignada al canal se muestran las rosas de frecuencias de viento y oleaje, figuras (b) y (c); así también en la figura (b) se muestra la dirección general del viento dominante en la zona, es decir, la dirección resultante al considerar durante el año todas las direcciones e intensidades del viento desde el punto de vista de las fuerzas que actuarán sobre las embarcaciones. Se muestran también en la figura (c) la dirección de los oleajes más frecuentes y la dirección general del oleaje anual en la zona, esto es la dirección resultante al considerar todos los oleajes que pueden presentarse durante el año. En el Capítulo VII se estableció la conveniencia de orientar el canal de entrada tan coincidente como fuese posible con los elementos viento y mínimo oleaje presentes en la zona, con objeto de mantener al máximo condiciones favorables para la navegación en el canal. Puede notarse también del mismo diagrama que la orientación del canal de entrada se ha localizado en la dirección que presenta baja frecuencia en los oleajes actuantes. Las desviaciones entre la dirección del canal y las direcciones del viento y oleaje representativos de los climas correspondientes son pequeñas, del orden de 15° a 20° y por lo tanto permitirán la entrada de embarcaciones al canal con facilidad suficiente y seguridad adecuada. Para el caso de condiciones extraordinarias originadas por las tormentas y huracanes tropicales y las marejadas de fondo, en la lámina 17- B, figura (d), se muestran las características que tendrán frente a las escolleras los oleajes extraordinarios que se reportan en el Capítulo V. Se puede observar que la orientación establecida para el canal de entrada se encuentra en la zona donde las intensidades de estos oleajes son menores, y en tal forma de evitar la entrada franca de los oleajes más severos, que son los que provienen del Sur y Sureste. En las figuras (c) y (d) pueden verse los límites geométricos de las direcciones del oleaje que puede penetrar entre las escolleras.

3. Geometría de las escolleras de protección

En la figura (a) de la lámina 17- B se muestra la configuración geométrica asignada a las escolleras de entrada. La línea continua representa el arreglo propuesto para las etapas de desarrollo I, II y III que se describen en este Informe, y con línea punteada se muestra la ampliación requerida en la etapa más avanzada del desarrollo del puerto que se ha considerado en el presente estudio y se ha designado como etapa IV. La separación entre los morros define el ancho del canal de navegación a la entrada. Los requisitos impuestos para esta dimensión se han establecido en el Capítulo VII. La configuración de las escolleras adoptada en este anteproyecto, tiene por objeto atenuar las intensidades del oleaje que puede penetrar por el canal entre escolleras, y con ello mejorar las condiciones de navegación en el mismo. Así también, las protecciones requeridas en los bordos del canal serán de menor magnitud mientras más pequeño sea el oleaje

que las afecte. Puede observarse de la figura (a) en la lámina 16-B que a ambos lados de los espigones de protección de la entrada del canal de navegación, se han proyectado playas de disipación de energía del oleaje. Los extremos de las escolleras sobre la playa se han proyectado normales a la línea teórica, para evitar reflexiones del oleaje y erosión sobre las playas adyacentes.

En las escolleras así diseñadas para las primeras etapas del desarrollo del puerto, el oleaje que entre por el canal entre escolleras sufrirá una expansión lateral, debido a que el tramo de ola que penetre entre los morros encontrará delante de sí un área de mayor amplitud que ocasionará dicho fenómeno, es decir, la longitud de la cresta de ola que penetró entre escolleras tenderá a alcanzar una longitud igual a la separación entre escolleras en el interior, motivándose la expansión y consecuentemente una disminución en la altura de la ola que penetró, además, las pendientes de los bordos del canal hacia las escolleras tenderán a desviar la cresta de la ola hacia las playas de disipación en donde su energía será totalmente absorbida al romper. La parte de la ola que continúe avanzando por el canal penetrará por la sección crítica de éste y continuará su avance hasta que la energía contenida en ella sea absorbida por las protecciones situadas en los bordos del canal interior y, finalmente, se verificará su reducción total al penetrar en la Laguna.

En la etapa IV del desarrollo del puerto, el efecto de reducción de la altura de la ola que penetre entre los morros es similar, aunque debe observarse que el efecto de expansión se verificará primeramente entre los extremos de las escolleras situadas aproximadamente a 15 mts de profundidad, y una vez más en los extremos que correspondieron a la primera etapa del desarrollo del puerto. Una primera estimación en el efecto de reducción de la altura del oleaje que penetre por entre las escolleras ha permitido establecer las alturas consideradas en el diseño de las protecciones a la entrada del canal. Se debe mencionar, sin embargo, que con las teorías desarrolladas hasta la fecha, el refinamiento del cálculo teórico del efecto mencionado no permitiría establecer una conclusión definitiva al respecto, debido a las limitaciones impuestas por las hipótesis en que se basan dichas teorías. El estudio del fenómeno mencionado deberá finirse por medio de un modelo hidráulico. Tal estudio podrá llevarse a cabo en la segunda fase correspondiente al diseño y cálculo definitivo de las estructuras que forman el anteproyecto que se presenta.

Diseño de las escolleras

Para satisfacer la función que origina su necesidad, las escolleras deben alcanzar una profundidad igual a la que será dragado el canal de acceso que se encuentra confinado entre ellas. También su estructura debe ser construída de tal forma que la arena transportada por las corrientes litorales no pueda pasar a través de ellas hacia el canal de acceso, y se eviten los azolvamientos a que se ha hecho mención anteriormente. Para lograr hacerlas efectivas a este respecto, la parte central de las escolleras

tendrá un núcleo que deberá de construirse con material fino, de tal manera de formar un filtro granular que impida el paso de los acarrees litorales y a la vez la salida de los materiales más finos del núcleo. Sobre este material se colocarán las capas subsecuentes de roca de mayor tamaño, y finalmente los elementos prefabricados de concreto que formarán la coraza de protección contra el oleaje.

Toda la roca que forma el núcleo y protecciones hasta llegar a la capa de la coraza, fabricada de elementos de concreto especiales para este objeto, podrá obtenerse de las rocas graníticas del batolito que bordea la Bahía de Acapulco. En la segunda fase correspondiente al diseño y cálculo definitivo deberán de investigarse los lugares donde hay posibilidad de abrir buenas canteras, seleccionando las más cercanas para obtener un costo aceptable de la roca. Aún más, se visualiza la posibilidad de abrir canteras del lado del mar en la Península de Punta Rocosa, lámina 10- B y transportar el material en chalanes.

Las fuerzas inducidas por el oleaje al chocar contra la escollera serán resistidas por el peso de los elementos prefabricados de concreto que forman la coraza. El peso de estos elementos es función de la altura del oleaje que actúe sobre ellos, de la geometría asignada a la estructura y del peso específico de los materiales que se utilizan para la fabricación de los elementos de coraza. En el diseño de las escolleras es de fundamental importancia considerar el costo de estas estructuras por lo que respecta a la inversión inicial, balanceado con el costo de mantenimiento futuro que puede requerirse a causa de la presencia de oleajes de altura extremadamente grande y para los cuales sería completamente antieconómico efectuar el diseño.

En el Capítulo V sobre Viento y Oleaje se han establecido las características de los oleajes más severos que pueden presentarse en la zona y que sirvieron de base para definir las características de la ola que habrá de usarse para el diseño de las escolleras, Tabla 3- V y lámina 17- B, figura (d). Con la ola de diseño y sus efectos sobre las escolleras se elaboró un proyecto preliminar cuyos resultados básicos se muestran en la lámina 18- B.

El diseño preliminar tiene por objeto conocer el volumen de los diferentes materiales que se usarán en estas estructuras. Sin embargo, su diseño definitivo y procedimiento de construcción deberán ser motivo de un muy cuidadoso estudio en la segunda fase de diseño y cálculo de las escolleras involucrados en este proyecto.

Para las secciones mostradas en la lámina 18- B se ha tomado como criterio de diseño el mantener tan baja como sea posible la inversión inicial del proyecto dentro de los límites convenientes, para limitar los trabajos de mantenimiento que serán requeridos después de la ocurrencia de oleajes de altura extremadamente alta y cuya frecuencia de ocurrencia es baja.

En la lámina 17- B se presenta gráficamente el comportamiento esperado de las escolleras en términos de daños ocurridos bajo la acción de los oleajes extraordinarios.

tendrá un núcleo que deberá de construirse con material fino, de tal manera de formar un filtro granular que impida el paso de los acarrees litorales y a la vez la salida de los materiales más finos del núcleo. Sobre este material se colocarán las capas subsiguientes de roca de mayor tamaño, y finalmente los elementos prefabricados de concreto que formarán la coraza de protección contra el oleaje.

Toda la roca que forma el núcleo y protecciones hasta llegar a la capa de la coraza, fabricada de elementos de concreto especiales para este objeto, podrá obtenerse de las rocas graníticas del batolito que bordea la Bahía de Acapulco. En la segunda fase correspondiente al diseño y cálculo definitivo deberán de investigarse los lugares donde hay posibilidad de abrir buenas canteras, seleccionando las más cercanas para obtener un costo aceptable de la roca. Aún más, se visualiza la posibilidad de abrir canteras del lado del mar en la Península de Punta Roca, lámina 10- B y transportar el material en chalanes.

Las fuerzas inducidas por el oleaje al chocar contra la escollera serán resistidas por el peso de los elementos prefabricados de concreto que forman la coraza. El peso de estos elementos es función de la altura del oleaje que actúe sobre ellos, de la geometría asignada a la estructura y del peso específico de los materiales que se utilizan para la fabricación de los elementos de coraza. En el diseño de las escolleras es de fundamental importancia considerar el costo de estas estructuras por lo que respecta a la inversión inicial, balanceado con el costo de mantenimiento futuro que puede requerirse a causa de la presencia de oleajes de altura extremadamente grande y para los cuales sería completamente antieconómico efectuar el diseño.

En el Capítulo V sobre Viento y Oleaje se han establecido las características de los oleajes más severos que pueden presentarse en la zona y que sirvieron de base para definir las características de la ola que habrá de usarse para el diseño de las escolleras, Tabla 3- V y lámina 17- B, figura (d). Con la ola de diseño y sus efectos sobre las escolleras se elaboró un proyecto preliminar cuyos resultados básicos se muestran en la lámina 18- B.

El diseño preliminar tiene por objeto conocer el volumen de los diferentes materiales que se usarán en estas estructuras. Sin embargo, su diseño definitivo y procedimiento de construcción deberán ser motivo de un muy cuidadoso estudio en la segunda fase de diseño y cálculo de las escolleras involucrados en este proyecto.

Para las secciones mostradas en la lámina 18- B se ha tomado como criterio de diseño el mantener tan baja como sea posible la inversión inicial del proyecto dentro de los límites convenientes, para limitar los trabajos de mantenimiento que serán requeridos después de la ocurrencia de oleajes de altura extremadamente alta y cuya frecuencia de ocurrencia es baja.

En la lámina 17- B se presenta gráficamente el comportamiento esperado de las escolleras en términos de daños ocurridos bajo la acción de los oleajes extraordinarios.

narios antes reportados, considerando también aquéllos poco frecuentes y de gran altura. Se muestra el daño esperado para diferentes pesos de los elementos de la coraza, esto es el porcentaje de elementos de la coraza que se desplacen a ocupar nuevas posiciones a causa de los fuertes oleajes. Los factores de daño considerados en la gráfica de la lámina 18- B, son los reportados por el Laboratorio de Modelos Hidráulicos de Delft para elementos de concreto en corazas y han sido ajustados a los valores recomendados por el U. S. Army CERC para el diseño de escolleras con daño nulo. Naturalmente, la nueva posición de los elementos de la coraza que ha sufrido daño se encontrará a una elevación menor, lo cual causa una distribución geométrica en la sección de la escollera que le permitirá resistir oleajes futuros de igual intensidad que el que causó el desplazamiento, con un daño menor o nulo. Sin embargo, el desplazamiento de los elementos de la coraza causará una depresión en la altura de la escollera que deberá ser repuesta con objeto de mantener las condiciones de construcción original. La reposición de elementos de coraza es el trabajo de mantenimiento que debe efectuarse después de la ocurrencia de oleajes extraordinarios que ocasionen algún daño.

En la fase de diseño y cálculo definitivo habrán de elaborarse especificaciones concretas sobre la calidad de materiales que deben utilizarse para la fabricación de los elementos de coraza. Así mismo, deberán establecerse normas de calidad para los elementos de las capas secundarias que serán formadas de piedras de diferentes pesos y tamaños, y de los núcleos o corazones de las escolleras que estarán constituidos por piedras de tamaño pequeño que normalmente se obtienen en gran proporción en la explotación de la cantera. Las playas de absorción de energía del oleaje situadas a ambos lados de la sección crítica del canal de navegación serán formadas en parte por materiales pétreos del tamaño más pequeño obtenido del desperdicio de cantera y que normalmente se considera como material de desecho.

5. Efectos en las playas adyacentes

Puesto que las escolleras interrumpen el proceso natural de acarreo litoral en la zona donde se localizan, es de esperarse que ocurran cambios en las playas adyacentes a estas estructuras. Los cambios que normalmente ocurren son erosiones en la zona adyacente a las escolleras en el sentido en que ocurre el acarreo litoral anual, y depósitos de material en la zona opuesta. Las características de los acarreos en la playa barrera y en el lugar donde se localizan las escolleras de protección al canal de entrada se tratan en los Capítulos III y VI de este Informe, de donde se llegó a la conclusión de que necesariamente se ocasionarán pequeños cambios en la configuración actual de las playas adyacentes como se muestra esquemáticamente en la lámina 17- B. Para prevenir erosiones se colocarán $1.000,000 \text{ m}^3$ de arena del producto de los dragados del canal, entre la Península de Punta Rocosa y la escollera Noroeste, para permitir que esa región de la playa se estabilice con las nuevas condiciones que le impondrán las corrientes litorales. En el extremo opuesto se verterán $500,000 \text{ m}^3$ con el mismo objeto.

CAPITULO IX — DIMENSIONAMIENTO DEL PUERTO

Las dimensiones del área portuaria que se propone establecer en el interior de la Laguna de Tres Palos dependen del número y tipo de embarcaciones que harán uso de las instalaciones portuarias, y del tonelaje total que habrá de manejarse a través de la terminal portuaria. El motivo que originó la necesidad de establecer un puerto de altura en las cercanías de Acapulco se ha descrito al principio de este Informe. De ahí se desprenden las necesidades inmediatas del puerto que se requiere establecer para retirar de la Bahía de Acapulco las diferentes instalaciones actuales. Sin embargo, para diseñar en forma definitiva las dimensiones que serán asignadas al puerto en la segunda fase de los estudios del proyecto consistentes en el diseño y cálculo definitivo, deberá incluirse la determinación, tan precisa como sea posible, de las necesidades futuras e inmediatas que tengan las diferentes organizaciones y dependencias que harán uso de las obras. Los factores más importantes a considerar en el dimensionamiento de la zona portuaria se han examinado y las conclusiones derivadas de estos estudios se presentan en los párrafos siguientes.

1. Localización

La localización que conviene dar a la zona portuaria se ha descrito ya en capítulos anteriores, en donde se estableció que la región Noroeste de la Laguna de Tres Palos es la posición más conveniente para establecer el puerto.

2. Tamaño del área portuaria

Se ha estudiado el tamaño del área portuaria considerando cuatro etapas de desarrollo que comprenden extensiones futuras, variando desde la mínima necesaria para satisfacer las condiciones actuales, hasta aquella de un desarrollo futuro de mayor extensión, considerada en el presente estudio, pero que de ningún modo resulta limitativa en cuanto a la potencialidad de un desarrollo mayor. En este anteproyecto se han hecho variar las dos áreas más importantes que definen la importancia del puerto, estas son: el área de flotación y el área de instalaciones y facilidades portuarias. En la lámina 19- B se muestran las extensiones de las diferentes etapas sucesivas. Las profundidades asignadas al área de flotación de la zona portuaria son idénticas a las que corresponden al último tramo del canal de entrada contenido en la Laguna y que han sido descritas en el Capítulo VII. En la lámina 16- B se muestran las dimensiones características de los barcos de diferentes tonelajes que han sido investigados como representativos de embarcaciones cargueras de carácter internacional. Dichas figuras han servido de base para estudiar la navegación en el canal de entrada, Capítulo VII, y han sido tomadas en consideración como base del dimensionamiento del puerto que se menciona en la continuación. De información recabada en la Aduana Marítima de Acapulco, se concluye que el mayor número de barcos cargueros que buscaron facilidades portuarias en

Acapulco en 1967, tienen tonelajes netos comprendidos entre 2000 y 6000 toneladas; sin embargo, se registraron buques hasta de 1800 toneladas netas.

3. Áreas de instalaciones y facilidades portuarias

Con objeto de reducir al mínimo posible el costo de los terrenos que habrán de adquirirse para efectuar las obras que requiere el establecimiento del puerto, se utilizarán los materiales producto del dragado para ganar terrenos sobre la Laguna donde se podrán situar las instalaciones y facilidades portuarias. Así también, los terrenos restantes que serán ganados a la Laguna podrán negociarse para aminorar el costo de las obras del puerto.

La Lámina 19- B muestra la localización de las áreas de flotación en la margen Noroeste de la Laguna de Tres Palos y de las áreas ganadas a la Laguna para las instalaciones portuarias y para otros fines. Estas áreas se han diferenciado en dos clases, Clase A, aquéllas que serán rellenadas con productos del dragado de materiales arenosos en el canal a través de la playa barrera, y en una pequeña parte del tramo del canal comprendido en la Laguna, y Clase B, aquellas áreas que serán rellenadas con los materiales arcillosos que forman el subsuelo en el área ocupada por la Laguna, mismos que habrán de dragarse para dar lugar a las áreas de flotación del puerto. Los rellenos se colocarán sobre los materiales suaves que constituyen el fondo de la Laguna. Los resultados obtenidos del Estudio de Mecánica de Suelos, Capítulo II- 3, Apéndice A, ref (h), permiten estimar que se tendrán hundimientos fuertes motivados por la alta compresibilidad de los sedimentos lacustres sobre los cuales gravitarán los rellenos. De lo anterior se deduce que en la etapa de diseño y cálculo de las obras del puerto deberá ejercerse especial cuidado en el proyecto de cimentaciones, tomando en cuenta las propiedades mecánicas del subsuelo y de los rellenos que ahí se coloquen.

Se ha efectuado un análisis para la delimitación inmediata de las áreas de rellenos, ya sea por medio de ataguías o pedraplenes. El análisis económico comparativo de estos dos tipos de elementos de delimitación de las áreas de relleno parece indicar que es más económico el uso de pedraplenes como se muestran en la lámina 19-3. Uno de los inconvenientes que presentan los pedraplenes desde el punto de vista de funcionamiento, es que no limitan el área de rellenos verticalmente como sería deseable para poder utilizarlos directamente como estructuras de atraque. Este inconveniente, sin embargo, es de poca importancia ya que podrán construirse muelles frontales marginales en la mayoría de los casos, a un costo bastante más reducido de lo que implicaría el hincado de ataguías para la limitación del área de rellenos. Sin embargo, en la zona de muelles de atraque deberá efectuarse un estudio económico detallado sobre el tipo de muelles más conveniente, una vez que sean conocidas las necesidades de los usuarios.

Áreas de flotación

Las áreas de flotación del puerto fueron determinadas por los requisitos

Acapulco en 1967, tienen tonelajes netos comprendidos entre 2000 y 6000 toneladas; sin embargo, se registraron buques hasta de 1800 toneladas netas.

3. Áreas de instalaciones y facilidades portuarias

Con objeto de reducir al mínimo posible el costo de los terrenos que habrán de adquirirse para efectuar las obras que requiere el establecimiento del puerto, se utilizarán los materiales producto del dragado para ganar terrenos sobre la Laguna donde se podrán situar las instalaciones y facilidades portuarias. Así también, los terrenos restantes que serán ganados a la Laguna podrán negociarse para aminorar el costo de las obras del puerto.

La Lámina 19- B muestra la localización de las áreas de flotación en la margen Noroeste de la Laguna de Tres Palos y de las áreas ganadas a la Laguna para las instalaciones portuarias y para otros fines. Estas áreas se han diferenciado en dos clases, Clase A, aquéllas que serán rellenadas con productos del dragado de materiales arenosos en el canal a través de la playa barrera, y en una pequeña parte del tramo del canal comprendido en la Laguna, y Clase B, aquellas áreas que serán rellenadas con los materiales arcillosos que forman el subsuelo en el área ocupada por la Laguna, mismos que habrán de dragarse para dar lugar a las áreas de flotación del puerto. Los rellenos se colocarán sobre los materiales suaves que constituyen el fondo de la Laguna. Los resultados obtenidos del Estudio de Mecánica de Suelos, Capítulo II- 3, Apéndice A, ref (h), permiten estimar que se tendrán hundimientos fuertes motivados por la alta compresibilidad de los sedimentos lacustres sobre los cuales gravitarán los rellenos. De lo anterior se deduce que en la etapa de diseño y cálculo de las obras del puerto deberá ejercerse especial cuidado en el proyecto de cimentaciones, tomando en cuenta las propiedades mecánicas del subsuelo y de los rellenos que ahí se coloquen.

Se ha efectuado un análisis para la delimitación inmediata de las áreas de rellenos, ya sea por medio de ataguías o pedraplenes. El análisis económico comparativo de estos dos tipos de elementos de delimitación de las áreas de relleno parece indicar que es más económico el uso de pedraplenes como se muestran en la lámina 19- B. Uno de los inconvenientes que presentan los pedraplenes desde el punto de vista de funcionamiento, es que no limitan el área de rellenos verticalmente como sería deseable para poder utilizarlos directamente como estructuras de atraque. Este inconveniente, sin embargo, es de poca importancia ya que podrán construirse muelles frontales y marginales en la mayoría de los casos, a un costo bastante más reducido de lo que implicaría el hincado de ataguías para la limitación del área de rellenos. Sin embargo, en la zona de muelles de atraque deberá efectuarse un estudio económico detallado sobre el tipo de muelles más conveniente, una vez que sean conocidas las necesidades de los usuarios.

Áreas de flotación

Las áreas de flotación del puerto fueron determinadas por los requisitos

impuestos para contar con espacio donde se puedan realizar las maniobras tendientes al atraque, desatraque, entrada y salida de buques en la zona del puerto. Otro factor importante lo constituye la necesidad de contar con espacios que puedan ser utilizados para el anclaje de barcos. La necesidad de éstas proviene de que ocasionalmente las embarcaciones tendrán que mantenerse alejadas de las estructuras de atraque por motivos de sanidad, controles aduanales, condiciones climáticas o en espera de poder utilizar las instalaciones portuarias. La extensión requerida en las áreas para maniobras depende de la longitud o eslora de las embarcaciones que habrán de realizar tales maniobras. La magnitud de las áreas requeridas para el anclaje depende del número y también de las dimensiones de los barcos que lleguen simultáneamente a solicitar el uso de las instalaciones portuarias. De acuerdo con las observaciones que se han hecho en las instalaciones de Icacos y muelle fiscal, se considera que para la primera etapa se deben poder cubrir las necesidades mínimas requeridas de área de flotación para un equivalente a 5 barcos de aproximadamente 90 mts de eslora y 4 barcos de aproximadamente 140 mts de eslora. Para satisfacer este requisito se requiere que el área de flotación tenga la magnitud que se muestra en la Fig. (a) de la lámina 19- B correspondiente a la etapa I.

Para las siguientes etapas del desarrollo del puerto, las áreas de flotación correspondientes se muestran en las figuras (b) y (c) de la misma lámina. En la figura (d) se muestran en forma comparativa las extensiones correspondientes a las cuatro etapas consideradas en el desarrollo del puerto, así como las diferentes profundidades de dragado asignadas a ellas. Al incrementarse el área de flotación del puerto se presume que se tendrán como usuarios barcos de mayor tonelaje y dimensiones, por lo que ha resultado necesario prever el incremento en la profundidad del puerto, como se muestra en la figura (d). Para la etapa de máximo desarrollo considerada en el presente estudio, la capacidad del puerto sería comparable a la de los puertos internacionales con gran volumen de tráfico marítimo.

Para fijar la idea de la capacidad del puerto, en las etapas III o IV las cuales implican la misma área de flotación y sólo difieren en que la última de ellas admite barcos de mayor calado, se podría dar servicio al tráfico marítimo equivalente a 18 barcos de 90 mts de eslora, esto es hasta de 5000 toneladas de capacidad neta, y aproximadamente a 10 barcos hasta de 15,000 toneladas con esloras hasta de 170 mts. Las profundidades de las áreas de flotación correspondientes a las diferentes etapas del desarrollo del puerto son las mostradas en la Tabla 1- IX.

La figura (e) de la lámina 18- B muestra esquemáticamente una sección de las áreas de rellenos y de flotación. Los taludes del perímetro y los pedraplenes se han proyectado para ser estables con un factor de seguridad amplio, de acuerdo con las propiedades de resistencia obtenidas para los materiales del subsuelo, Capítulo II- 3 y lámina 4- B.

T A B L A 1 - IX

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL PUERTO INTERIOR

Etapa de desarrollo	Area de flotación Metros cuadrados	Profundidad de dragado		Longitud de malecón* Metros	Muelles Metros
		Pies	Metros		
I	1 230 000	28	8.5	1 600	2 300
II	2 000 000	33	10.0	2 050	2 750
III	3 890 000	33	10.0	3 100	3 800
IV	3 890 000	40	12.2	3 100	3 800

* Longitud del pedraplen que limita el área de flotación del puerto. En 900 mts de esta longitud correspondientes al límite Suroeste podrá instalarse un mínimo de 1 600 metros de muelles frontales en la dirección del viento dominante; el resto que corresponde al límite Noroeste se usará como muelle marginal en la misma dirección.



SECRETARIA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL

5. Planeación del puerto

Puede notarse que la zona portuaria se ha orientado en el sentido aproximado del viento dominante (Capítulo V). Los requisitos de eficiencia y seguridad en las maniobras de carga y descarga en condiciones de atraque de las embarcaciones obligan a dar esta orientación a la zona portuaria. Las figuras (a), (b) y (c) de la lámina 19-B muestran la distribución tentativa de las áreas de maniobras y de anclaje, en las diferentes etapas del desarrollo del puerto. Debe notarse que en la etapa inicial del desarrollo, las áreas de maniobras están restringidas a ser utilizadas por barcos hasta de 90 mts de eslora sin requerir el uso de remolcadores. Las maniobras de embarcaciones de mayor eslora deberán realizarse con extrema precaución, y será necesario el uso de remolcadores en esta primera etapa. Las etapas sucesivas no tienen tal restricción y su amplitud es tal que podrán efectuarse maniobras a propia máquina por embarcaciones hasta de 170 mts de eslora, esto es hasta de 15,000 toneladas aproximadamente.

Se ha concluido (Capítulo IV) que las características de la Laguna que pueden afectar el funcionamiento del puerto interior son el oleaje y la oscilación que se produzcan en la misma. Por lo que respecta al oleaje que puede generarse en la Laguna en condiciones ordinarias se ha establecido que su altura es del orden de 60 cms lo cual es normalmente aceptable para realizar con eficiencia y seguridad las maniobras diarias de carga y descarga de las embarcaciones en atraque. En condiciones extremas, que ocurren en períodos cortos, se ha obtenido un valor de 1.20 mts para la altura del oleaje generado en la Laguna, aún cuando esta altura podría tolerarse en maniobras de carga y descarga, su presencia en la Laguna implica la ocurrencia de vientos con velocidades superiores al límite establecido de seguridad, el cual es del orden de 15 nudos. Por tal motivo, bajo esas condiciones no se espera que las embarcaciones estén efectuando maniobras de carga y descarga.

Por lo que respecta a la oscilación de la Laguna, este fenómeno tendrá irremediable presencia y deberá considerarse en el diseño de las estructuras de atraque y de amarres en los muelles.

Facilidades para la navegación e instalaciones portuarias

a). Facilidades e instalaciones portuarias

La magnitud, tipo y número de muelles, bodegas y áreas de almacenaje que sea necesario construir, son función exclusiva de los requisitos que impongan las organizaciones y dependencias que harán uso del puerto. Así pues, éstas podrán ser establecidas de acuerdo con los requerimientos que sean expresados por dichas instituciones, de acuerdo con el estudio de sus necesidades presentes y futuras.

Las instalaciones portuarias de servicio general deberán ser definidas por los usuarios del puerto en conjunto. Sin embargo, deberá preverse la existencia de instalaciones para alojar a la autoridad y administración portuaria, aduanas, zona habitada

cional y comercial, abastecimiento de agua, prevención contra incendios, etc., además de las indispensables para la reparación de embarcaciones.

b). Facilidades para la navegación

Será indispensable colocar señalamientos por medio de boyas de alguno de los tipos que existen para tal objeto, para limitar el canal de navegación y la extensión ocupada por la zona de flotación en el área del puerto. Así mismo, será indispensable el señalamiento correspondiente a los extremos de las escolleras a la entrada, en los pedraplenes en el puerto, y además las balizas de alineamiento para recorrer apropiadamente el canal de navegación. Su estudio será parte de los trabajos que se realicen en la segunda fase correspondiente al diseño y cálculo definitivo del puerto que se propone. Sin embargo, en la lámina 19- B se muestran en forma esquemática algunas de las áreas y zonas portuarias para las cuales será indispensable efectuar los señalamientos.

Un hecho que no puede pasar desapercibido y que deberá ser objeto de un cuidadoso estudio posterior, son las características de los materiales del fondo de la Laguna, ya que aún después de efectuar los dragados requeridos en las áreas de flotación se tendrán en algunas zonas materiales arcillosos en los que no se puede confiar el sostenimiento adecuado de las anclas de las embarcaciones. Por este motivo será necesario prever en las áreas de flotación, elementos que permitan el anclaje seguro de las embarcaciones. Puede adelantarse que tales instalaciones para anclaje estarán constituidas por elementos tales como duques de alba o bien por boyas de anclaje, cuyo número, tipo y dimensiones dependen de la secuela de maniobras que sea establecida por la autoridad portuaria y de las fuerzas que pueden obrar sobre las embarcaciones por el empuje del viento.

Para las embarcaciones de pesca y cabotaje las profundidades requeridas para su segura y eficiente navegación son de un orden de magnitud bastante reducido y, por lo tanto, no presentan problema especial. Se considera que los muelles para las embarcaciones pequeñas podrán localizarse dentro del puerto en un lugar donde no se requiera hacer un gasto adicional importante para sus estructuras de atraque y cuenten con protección suficiente de acuerdo con su tamaño.



SECRETARIA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL

CAPITULO X — PUENTE PARA EL CRUCE DE LA CARRETERA CON EL CANAL

La construcción del puerto interior en la Laguna de Tres Palos con un canal de acceso desde el Océano Pacífico a través de la barrera litoral implica la construcción de un puente para salvar la obstrucción que se originará al tránsito sobre la Carretera Acapulco- Aeropuerto- Pinotepa Nacional, Oax. Esta obra se ha considerado en el presente estudio exclusivamente hasta el punto de definir que es viable, y establecer en forma aproximada, su cuantificación en relación con el costo total del proyecto.

Un estudio somero de las condiciones actuales del tráfico en la Carretera Acapulco- Aeropuerto- Pinotepa Nacional y de la potencialidad del incremento de tráfico que en ellas será causado por el crecimiento normal de las poblaciones y por el establecimiento del puerto en la Laguna de Tres Palos, hace concluir que un mínimo indispensable de cuatro líneas de tránsito sería necesario en un futuro no lejano. En un estudio preliminar se consideró un túnel bajo el canal de acceso y un puente sobre él como posibles estructuras de cruce, concluyéndose que desde el punto de vista económico, de mantenimiento y funcional, el puente resulta el más conveniente. En la lámina 20- B se muestra esquemáticamente la posición del puente respecto del canal de acceso y una sección longitudinal muestra el diseño tentativo mediante arcos de concreto reforzado, sobre los cuales podrá situarse la carpeta de tránsito apoyada en éstos a través de diafragmas también de concreto reforzado. En la misma figura se muestra un corte transversal con las dimensiones tentativas que se requerirían para obtener cuatro líneas de tránsito, dos en cada sentido. Las principales cantidades de obra requeridas por esta estructura se muestran en la Tabla 1- X, y se pueden considerar como una primera estimación para efectuar la valuación del costo de esta estructura con relación al proyecto del puerto.

T A B L A 1 - X

PUENTE PARA EL CRUCE DEL CANAL DE ACCESO CON LA CARRETERA ACAPULCO
AEROPUERTO - PINOTEPA NACIONAL, OAX.

Principales cantidades de Obra

<u>Concepto</u>	<u>Cantidad</u>
Concreto reforzado. Estructura y cimentación	32,600 m ³
Terracerías	19,000 m ³
Estribos de mampostería	500 m ³
Excavaciones	47,000 m ³
Bombeo y protecciones de la excavación	1 lote

Se estima un costo de anteproyecto del orden de 50 millones de pesos

CAPITULO XI — SECUENCIA DE CONSTRUCCION

En la programación de la construcción del puerto deberán tomarse en cuenta las condiciones meteorológicas — principalmente las relacionadas con las obras que se ejecutarán del lado del mar, como son: las escolleras y el canal de entrada —, y las cuales podrán verse afectadas por las condiciones del oleaje y los arrastres litorales que tienen lugar en esa región durante las diferentes épocas del año.

El objeto del presente capítulo es señalar las obras que se verán principalmente afectadas por dichos fenómenos meteorológicos, a saber:

- 1.- Construcción de las escolleras de entrada
- 2.- Construcción del puente para el cruce de la carretera Acapulco- Aeropuerto- Pinotepa Nacional, Oax.
- 3.- Dragado del canal de acceso y protecciones del mismo.

En la lámina 21- B se indica la secuencia general de construcción tentativa para las diferentes etapas, principiando por la Etapa No. 1 que es la que fija principalmente la fase más importante de la Obra, como son las escolleras de entrada y el canal de acceso, así como las primeras protecciones que limitarán el área de flotación del puerto. La lámina a que se ha hecho mención es por sí sola explicativa de las diferentes obras importantes que deben realizarse para la construcción.

El carácter climatológico de la región, de acuerdo con los estudios que se reportan en capítulos anteriores, permite concluir que los meses de Diciembre a Mayo constituyen una temporada de calma, y en los meses de Junio a Noviembre se verifican con mayor intensidad los fenómenos meteorológicos. Se hace notar, como una coincidencia importante, que durante la temporada de lluvias, en los meses que arriba se mencionan se originan además de las avenidas de los Ríos Papagayo y Sabana, los oleajes de mayor intensidad, por la presencia de las tormentas, huracanes tropicales y marejadas del Sud- Pacífico. Lo anterior es de mucha importancia para efectuar la programación definitiva de las obras.

Omitiendo mencionar la secuencia necesaria en las obras en que obviamente la ejecución de una de ellas implique la existencia de otra en forma indispensable, se pueden hacer las siguientes observaciones tentativas:

a. El puente para el cruce de la carretera Acapulco- Aeropuerto- Pinotepa Nacional con el canal de navegación, necesariamente deberá estar en operación antes de realizar los trabajos de dragado del canal en dicho cruce, puesto que de otra manera el tráfico por la carretera quedaría interrumpido con los inconvenientes obviamente asociados a esta situación. Este puente requerirá de una cimentación especial. Sin embargo, independientemente de las características de la cimentación

que finalmente se adopte para sus apoyos, la mayor elevación en los niveles del agua superficial del subsuelo durante la época de lluvias afectará la ejecución de esta obra.

- b. Durante la construcción de las escolleras en la época de actividad meteorológica deberán tomarse precauciones especiales para evitar deslaves del núcleo y capas secundarias que estarán constituidas de piedras de dimensiones pequeñas, y que se verán expuestos a la actividad de los fuertes oleajes. Por lo tanto, conviene programar la construcción del núcleo en la época de calmas protegiéndolo de inmediato.
- c. Las protecciones del canal de navegación entre escolleras y a través de la playa barrera, deberán colocarse lo más pronto posible después de efectuar el dragado, para evitar efectos indeseables producidos por el oleaje al penetrar a través de dicho canal. Es importante también que las escolleras que protegen la entrada al canal de acceso estén terminadas como mínimo hasta la zona de rompientes, antes de ejecutar el dragado del canal del lado del mar, con objeto de permitir con seguridad la entrada de la draga al canal.
- d. El dragado del canal entre escolleras, la colocación de protecciones del canal en la sección crítica, y la formación de las playas de disipación de energía del oleaje requieren condiciones de relativa calma en el océano.
- e. El nivel del agua en la Laguna es más elevado al iniciarse la temporada de calma y por lo tanto esta situación es conveniente en la ejecución de la conexión final de la Laguna con el océano.

La secuencia general que se recomienda adoptar para la ejecución de la construcción de las diferentes obras de acuerdo con las observaciones establecidas en los párrafos anteriores, plantea únicamente la base para la programación definitiva y la ejecución misma de las diferentes partes de la obra que, sin embargo, será función directa de las posibilidades del constructor o constructores a cargo de su realización, lámina 21- B.

CAPITULO XII — ESTIMACION DE CANTIDADES DE OBRA

Con objeto de valorizar el costo real del anteproyecto que se propone, para la construcción del puerto de altura en la Laguna de Tres Palos, fueron estimadas las cantidades de obra de las diferentes instalaciones que muestra la lámina 1- B, así como la 2- B.

Dichas cantidades se muestran en la lámina 22- B y están basadas en las dimensiones que se obtuvieron para las estructuras y trabajos que integran cada una de las etapas del anteproyecto, en las cuales el diseño se ha llevado a un grado tal que aunque no es definitivo, permite valorizar en forma adecuada las cantidades de obra que serán requeridas.

Las cantidades reportadas para cada etapa incluyen las correspondientes a etapas anteriores, es decir, se implica que los trabajos realizados en cada etapa serán útiles en las sucesivas.

Los volúmenes y tonelajes reportados son netos. El volumen de elementos de concreto y tonelaje de piedras de las escolleras y de las protecciones en el canal y puerto están basadas en datos estadísticos de porosidad y peso volumétrico de elementos colocados en escolleras. Los volúmenes de dragados y excavaciones correspondientes a volúmenes in situ.

Las áreas de relleno en la Laguna marcadas de clase "A" corresponden a rellenos con materiales arenosos; las de clase "B" con materiales arcillosos, todos ellos obtenidos como producto del dragado en el canal de acceso y en el puerto.

Las áreas ocupadas por las instalaciones en Icacos y en el muelle fiscal de la Bahía de Acapulco, se han valorizado con los límites aparentes que se observan en fotografías aéreas de esta zona.

Los precios unitarios asignados a los diferentes conceptos son estadísticos. A los terrenos recuperables se les ha asignado el valor determinado por un avalúo efectuado por el señor Ing. Rafael Sánchez Juárez, en Octubre de 1969.

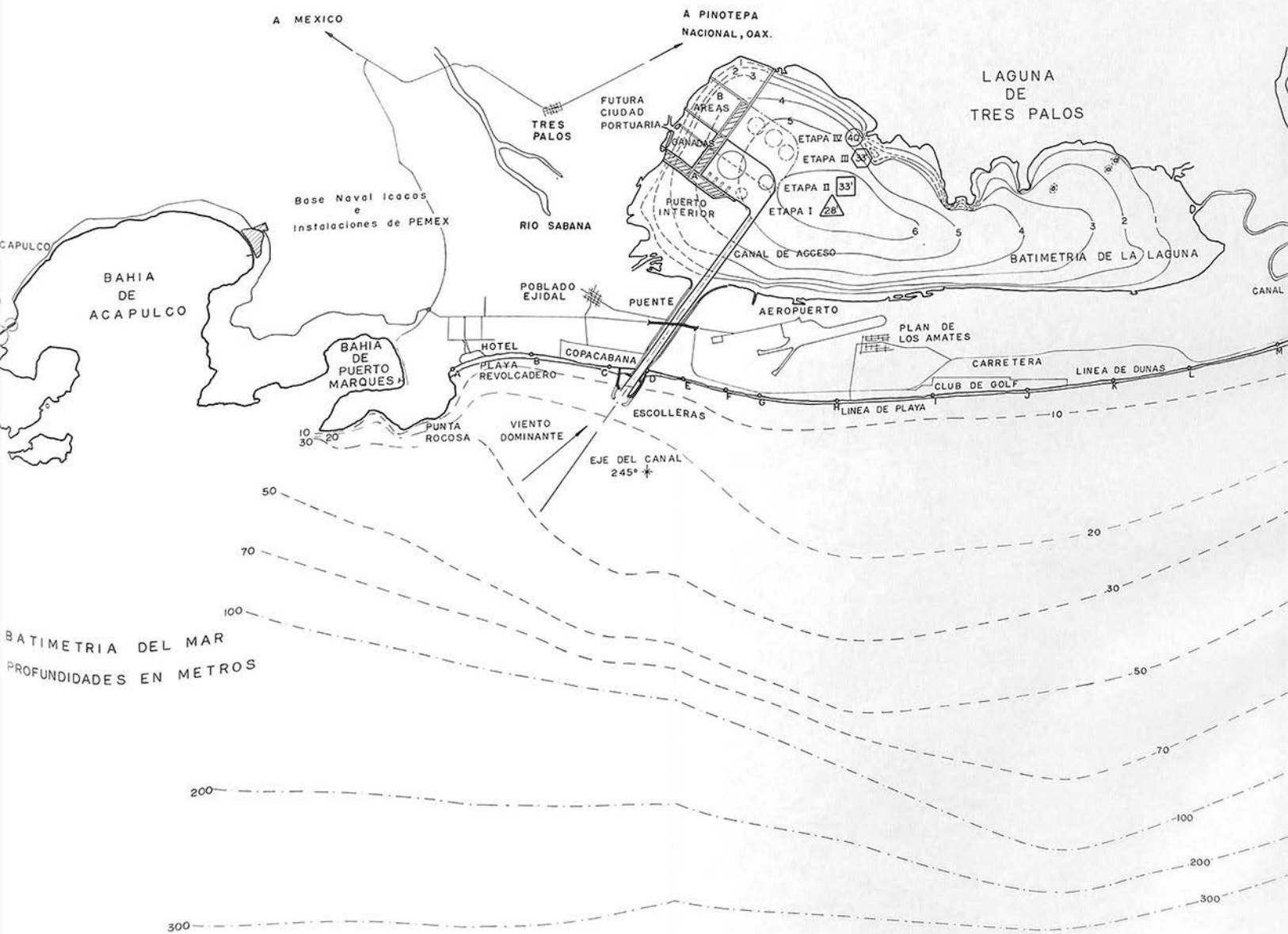
No se incluyen cantidades relativas a muelles e instalaciones portuarias, ya que las magnitudes de estos conceptos dependen de las necesidades específicas de las dependencias y organizaciones que harán uso del puerto.

APENDICE " A "
ESTUDIOS ESPECIALES EFECTUADOS

- a). "Wind and Wave Study for Acapulco, Mexico", por Marine Advisers, Inc.
- b). "Descripción Geológica y Fisiográfica de la Zona de Acapulco, Tres Palos. "Estimación de Gastos Máximos e Instantáneos de Ríos Papagayo y La Sabana", por H. Lesser Jones.
- c). "Sediments from Punta Rocosa to Río Papagayo", por J. W. Johnson.
- d). "Estudio Mineralógico", por L. Limón Gutiérrez.
- e). "Rosa de Vientos" proporcionada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- f). "Data on Dimensions of New Tankers and Cargo Ships and Number of Ships in Different Size Categories", por H. A. Schade.
- g). " Información de Vientos", proporcionada por la Secretaría de Agricultura y Ganadería, Estación en el Aeropuerto de Acapulco, Gro.
- h). "Estudio de Mecánica de Suelos para la Barrera de Arena y Laguna de Tres Palos, Acapulco, Gro." por Dr. Leonardo Zeevaert.
- i). "Avalúo de 4 terrenos de propiedad federal, en el Municipio de Acapulco, Distrito de Taberes, Estado de Guerrero", por Ing. Rafael Sánchez Juárez.

BIBLIOGRAFIA

1. Tablas de predicción de mareas. 1969. Puertos del Océano Pacífico. Departamento de Oceanografía, Instituto de Geofísica, UNAM.
2. Tide Tables. High and Low Water Predictions. 1969. West Coast, North and South America. U. S. Department of Commerce. ESSA. Coast and Geodetic Survey.
3. Equilibrium flow areas of inlets on sandy coasts. Morrough P. O'Brien. Tenth Conference on Coastal Engineering, Tokyo, Japan. September 1966.
4. Shore protection planning and design. Technical report No. 4. U. S. Army CERC. 1966.
5. Practical methods for observing and forecasting ocean waves, by means of wave spectra and statistics. W. J. Pierson, G. Newmann and R. W. James. H. O. Publication No. 603. 1958.
6. Oceanographical Engineering. Robert L. Wieger. Prentice Hall, 1964.
7. Littoral processes and the development of shorelines. Douglas L. Inman and Jeffrey D. Frautschy. Conference on Coastal Engineering. Santa Barbara Specialty Conference.
8. Formulas for the transportation of bed load. H. A. Einstein. Transactions ASCE Vol. 107, 1942. pp. 561- 577.
9. Design of channels for navigation. J. B. McAleer, C. F. Wicker and J. R. Johnston. Chapt. X. Report No. 3. Committee on Tidal Hydraulics. Corps of Engineers. U. S. Army. 1965.
10. Ship waves in navigable waterways. Duncan Hay. Hydraulic Engineering Laboratory. University of California, Berkeley, 1967.
11. Akmon. Armor unit for cover layers of rubble-mound breakwaters. A. Paape and A. W. Walter. Hydraulics Laboratory Delft, 1962.
12. Harbour Engineering. American Civil Engineering Practice. Vol. II. Section 21. John Wiley. 1956.
13. Design and Construction of ports and marine structures. A. de F. Quinn. McGraw Hill, 1961.
14. Design of a small tidal inlet. Morrough P. O'Brien and Leonardo Zeevaert. 11th Conference on Coastal Engineering, London, England. 1968. Vol. II.
15. Tecnología y Problemas de Ingeniería Civil de los Materiales del Subsuelo. Volumen II, Segundo Cuaderno, Tomos I y II. Leonardo Zeevaert, 1966.



A MEXICO

A PINOTEPA NACIONAL, OAX.

LAGUNA DE TRES PALOS

Base Naval Icacos e Instalaciones de PEMEX

TRES PALOS

FUTURA CIUDAD PORTUARIA

RIO SABANA

AREAS

ETAPA IV (40)

ETAPA III (37)

ETAPA II (33)

ETAPA I (28)

RUERTO INTERIOR

CANAL DE AGCESO

BATIMETRIA DE LA LAGUNA

BAHIA DE ACAPULCO

BAHIA DE PUERTO MARQUES

POBLADO EJIDAL

PUENTE

AEROPUERTO

PLAN DE LOS AMATES

HOTEL

COPACABANA

CARRETERA

CLUB DE GOLF

LINEA DE DUNAS

PLAYA REVOLCADERO

PUNTA ROCOSA

VIENTO DOMINANTE

EJE DEL CANAL 245°

ESCOLLERAS

LINEA DE PLAYA

BATIMETRIA DEL MAR

PROFUNDIDADES EN METROS

100

200

100

70

50

30

20

20

30

50

70

100

200

300

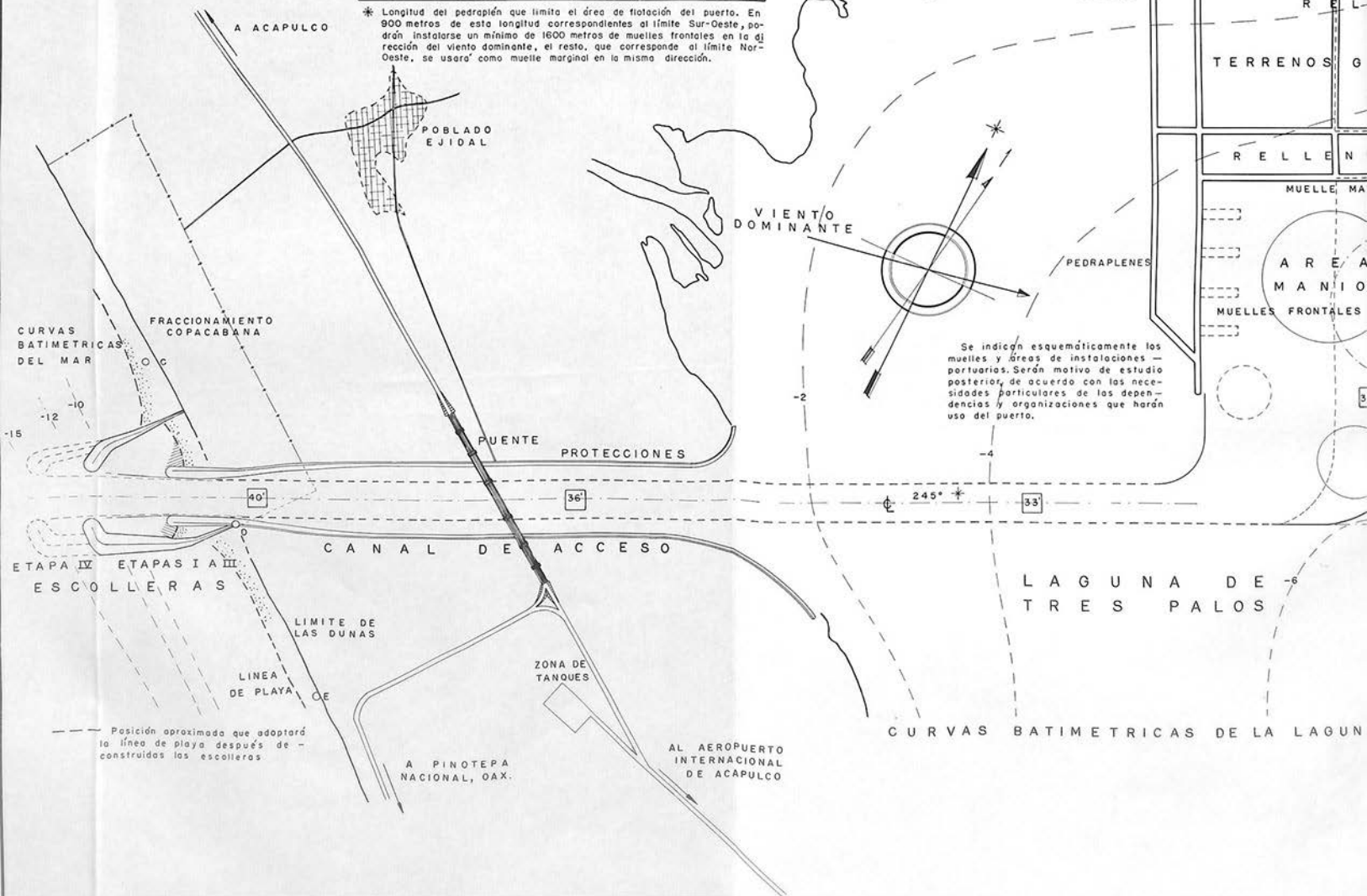
CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL PUERTO INTERIOR.

ETAPA DE DESARROLLO	AREA DE FLOTACION	PROFUNDIDAD DE DRAGADO		LONGITUD DE MALECON	MUELLES
	Metros cuadrados	Pies	Metros	Metros	Metros
I	1 230 000	28	8.5	1600	2300
II	2 000 000	33	10.0	2050	2750
III	3 890 000	33	10.0	3100	3800
IV	3 890 000	40	12.2	3100	3800

* Longitud del pedrapujón que limita el área de flotación del puerto. En 900 metros de esta longitud correspondientes al límite Sur-Oeste, se podrán instalar un mínimo de 1600 metros de muelles frontales en la dirección del viento dominante, el resto, que corresponde al límite Nor-Oeste, se usará como muelle marginal en la misma dirección.

ETAPAS :

Dragado en el puerto.
Cotado máximo aceptable.





Profundidades de las batimétricas en metros.
 El nivel 0.0 corresponde al nivel medio de mareas bajas
 externas diarias (MLLW)
 Los números encerrados en los símbolos indican las profun-
 didades de dragado previstas en el canal y en el puerto pa-
 ra la etapa II. Para las otras etapas, véase Lámina 19-B

SECRETARIA DE INGENIERIA DE COSTAS — PROYECTO PERLASA — MARINA TPA

PLANTA GENERAL DEL ANTE
 PROYECTO DEL PUERTO

LAMINA
 2-A

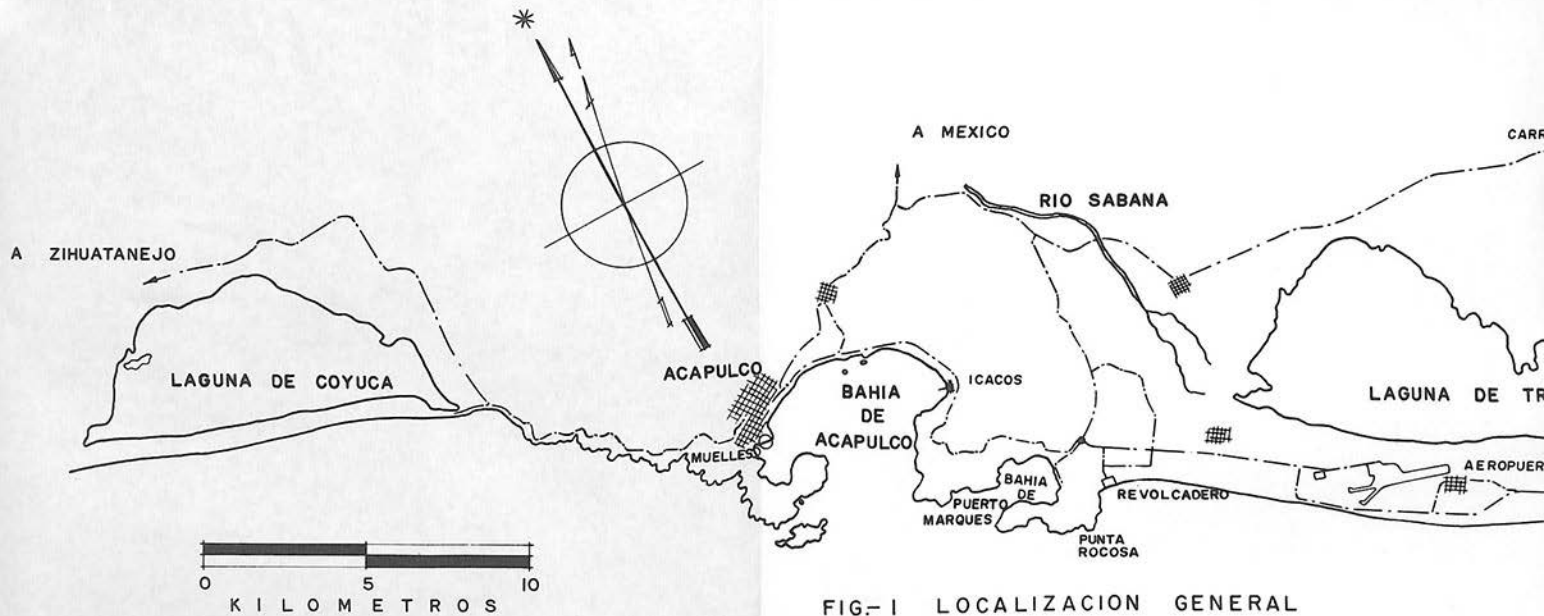


FIG.- I LOCALIZACION GENERAL



FOTO FIG.- 2: MUELLES EN ICACOS



FOTO FIG.- 3: BODEGAS EN ICACOS

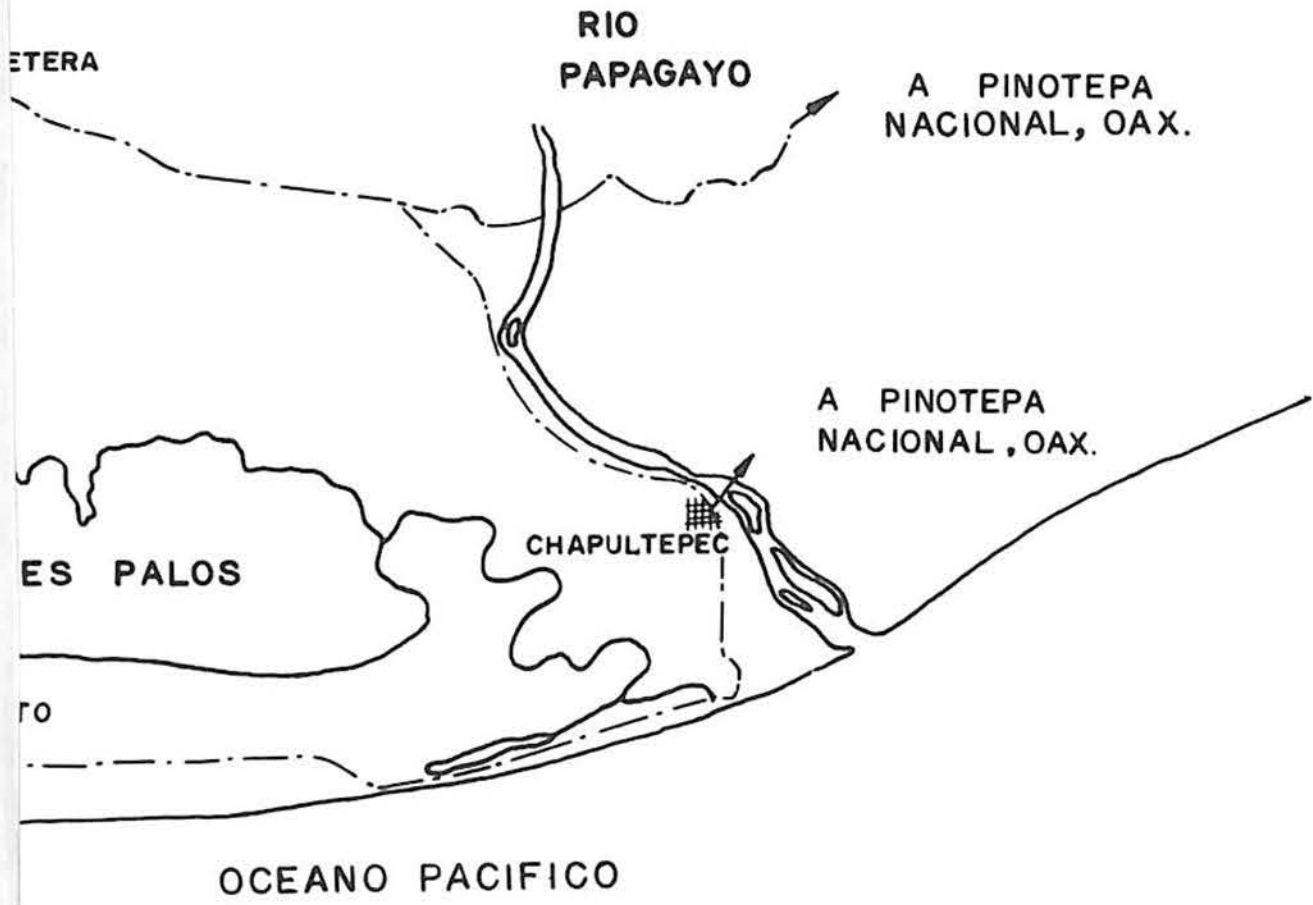
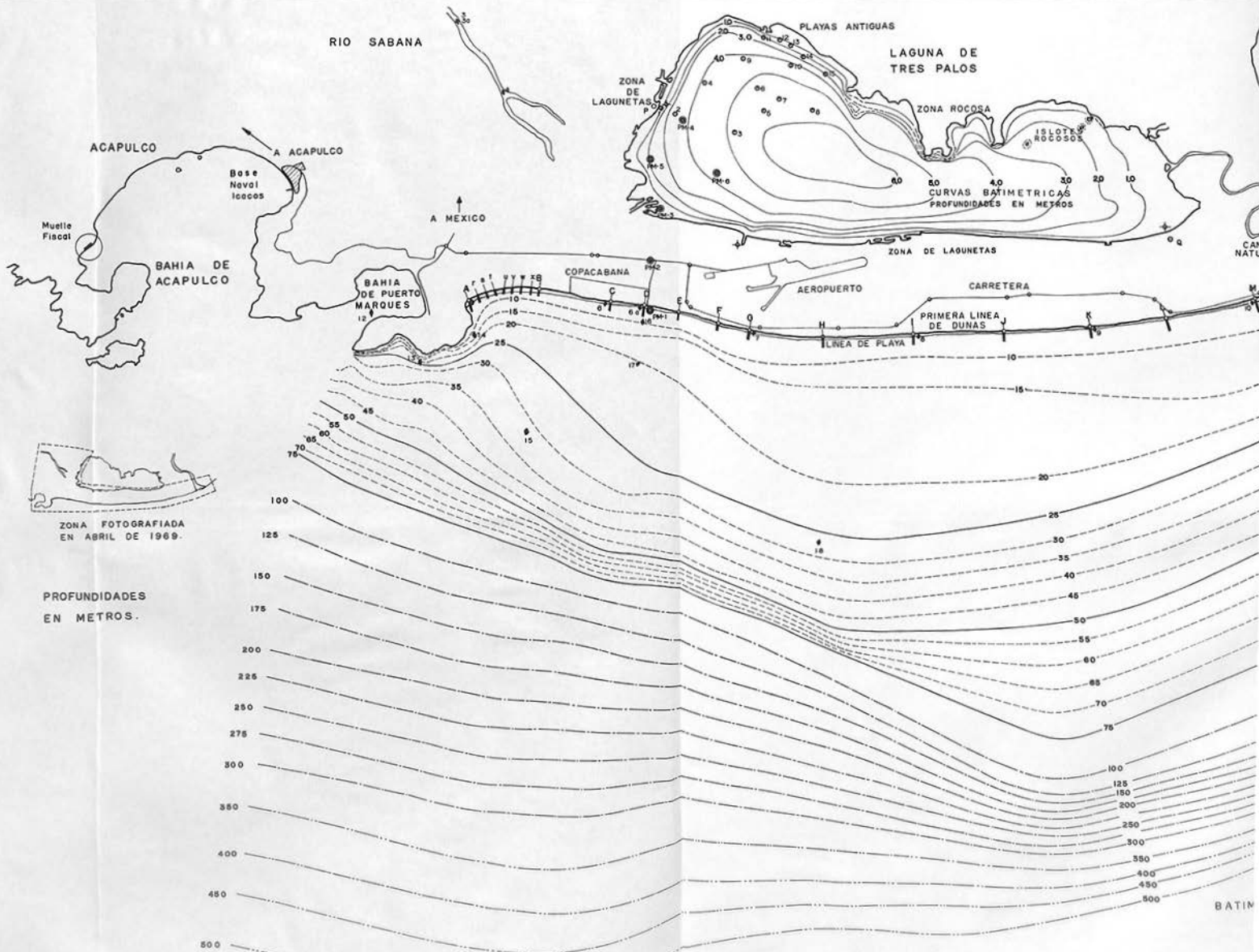


FOTO FIG.- 4: CAMPO DE TANQUES EN ICACOS

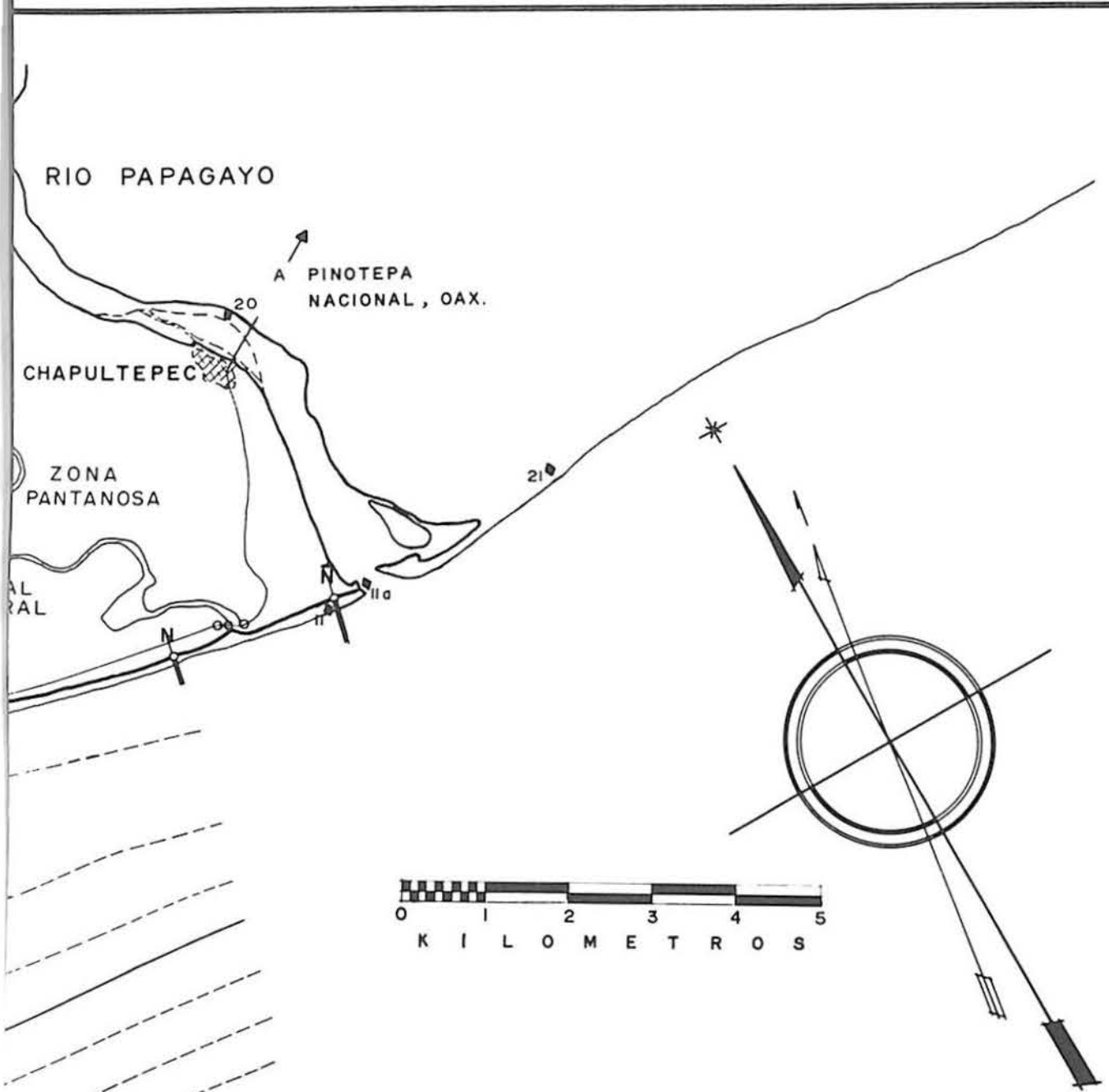
BAHIA DE ACAPULCO. ICACOS.

LAMINA
I-B



PROFUNDIDADES
EN METROS.

ZONA FOTOGRAFIADA
EN ABRIL DE 1969.



N O M E N C L A T U R A

- Poligonal de referencia. Se indican sólo los bocas y puntos de referencia de localización y nivelaciones.
- ⊙ Pozos de muestreo del Estudio del Sub-suelo
- Pozos de exploración superficial.
- ◆ Muestras superficiales en playas, ríos y plataforma continental.
- ⊕ Puntos de observación de niveles del mar y la laguna.
- Batimetría trazada de acuerdo con las mediciones directas efectuadas en Abril de 1969.
- - - Batimetría trazada de acuerdo con levantamientos mostrados en la Carta Náutica N° 932 de la U.S.N. Oceanographic Office, levantada entre 1879 y 1883 con adiciones de otras fuentes hasta 1961.
- ⊕ Secciones de control para observación de cambios en las playas.

N O T A S

La configuración de la primera línea de dunas fué trazada usando fotografías aéreas, ajustándolas con la posición de la carretera, que se usó como poligonal de referencia de localización.

La configuración de los ríos, la laguna y las Bahías de Acapulco y Puerto Marqués fué obtenida de mosaicos fotográficos ajustando su posición con referencia a la poligonal de apoyo sobre la carretera.

El nivel 000 de las curvas batimétricas corresponde al nivel medio de mareas bajas extremas diarias (MLLW)

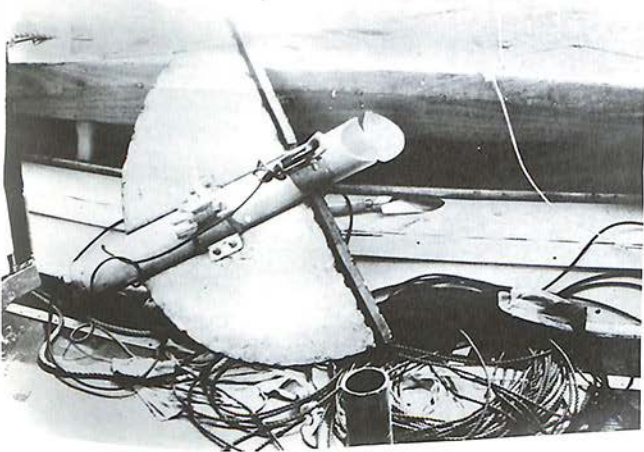


FOTO 1: MUESTREADOR DE FONDO MARINO

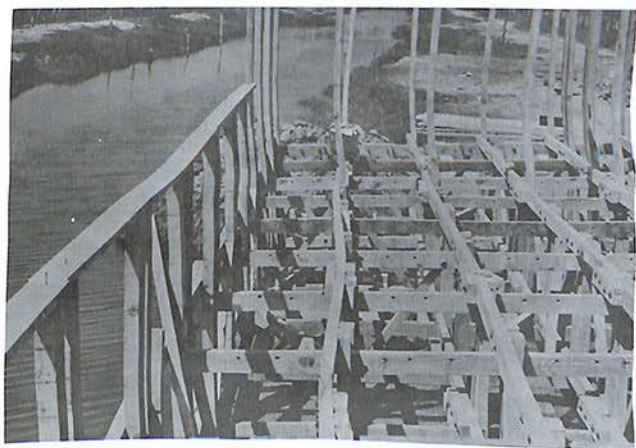
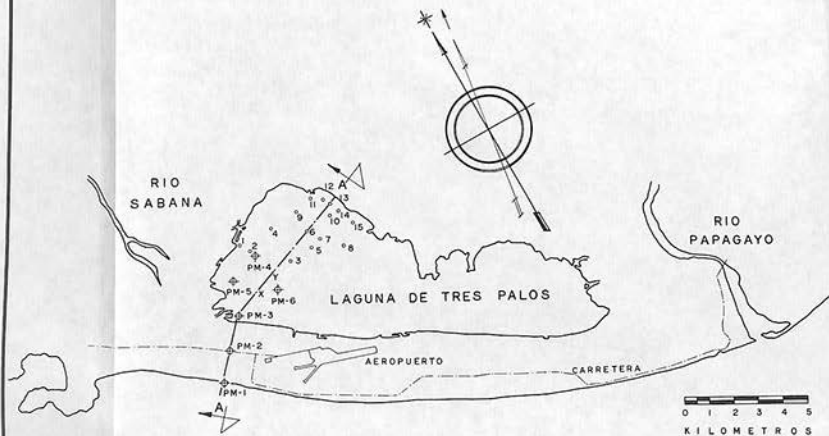


FOTO 2: BALSA EN CONSTRUCCION

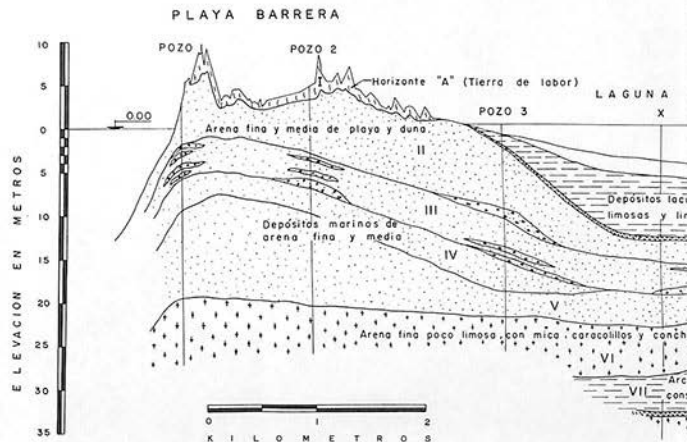


FOTO 5: EQUIPO Y MATERIALES DE MUESTREO





LOCALIZACION DE POZOS DE MUESTREO (⊕)
Y SONDEOS SUPERFICIALES (⊞)



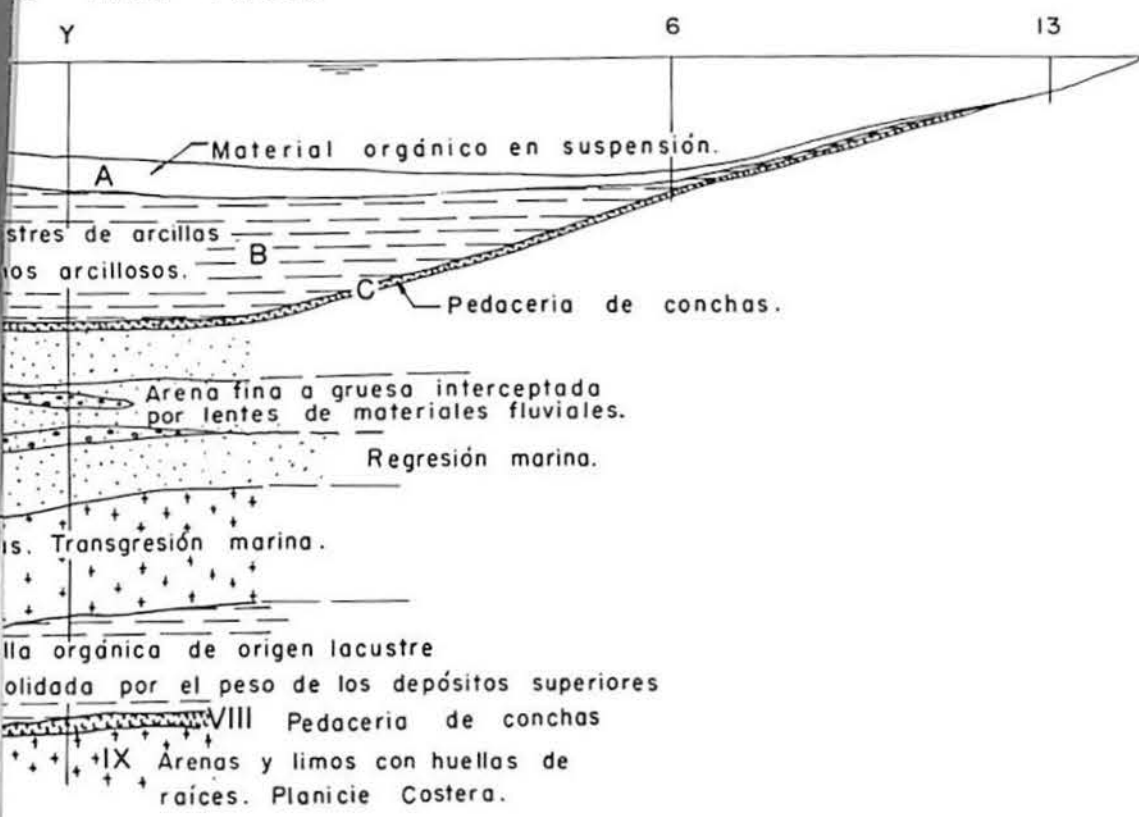
CORTE ESTRATIGRAFICO
SECCION A-A

TABLA DE PROPIEDADES REPRESENTATIVAS DE LOS MATERIALES DEL SUBSUELO

ESTRATO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	N	W	MATERIALES NO COHESIVOS						MATERIALES COHESIVOS																	
				Dr	De	Dso	Dr	ε	Mep	%	c	σ'	Lw	Pw	Iw	Cr	mep	mt	Cv _i	qu							
A	Material orgánico en suspensión en el fondo de la laguna	0																									
B	Serie de depósitos de arcillas, arcillas limosas y limos arcillosos, café olivo, gris olivo y verde olivo, oscuros, muy suaves a suaves, micaceas.	0	75% a 400%									0	55%	28%	25%	0	0.036	0.010	0.0001	0.08							
C	Pedacera de conchas empacadas en arcilla limosa, gris olivo.	0	50% a 100%																								
I	Arena fina y media, poco limosa, café oscuro, suelta, con raicillos y pequeñas gravitas.	10 a 19	3% a 9%	0.82																							
II	Arena fina y media, café claro grisáceo y gris claro manchado, suelta a semicompacto, con algunas gravitas y restos de conchas.	8 a 76	5% a 35%	0.42 a 1.00	0.108 a 0.242	0.163 a 0.410	0.158 a 0.413	117 × 10 ⁻⁴ a 5.86 × 10 ⁻⁴	0.0030 a 0.0045	0.11 a 0.15		0															
III	Arena fina o gruesa, café claro, café grisáceo y gris claro, semicompacto a compacto, con lentes de gravilla y gravas hasta de 3 cm φ.	12 a 99	4% a 30%	0.42 a 1.00	0.096 a 0.253	0.150 a 0.740	0.150 a 0.840	9.22 × 10 ⁻⁴ a 6.40 × 10 ⁻⁴	0.0013 a 0.0030	0.11 a 0.12		0															
IV	Arena fina y media, café grisáceo, semicompacto a compacto, con mica, con conchas, con algunas gravitas y lentes de arena gruesa.	12 a 92	13% a 31%	0.82 a 1.00	0.098 a 0.132	0.160 a 0.201	0.150 a 0.175	3.60 × 10 ⁻⁴ a 1.74 × 10 ⁻⁴	0.0013 a 0.0018	0.12 a 0.18		0															
V	Arena fina, gris olivo claro y gris claro verdoso, semicompacto a compacto, poco limosa en partes con mica, conchas y algunas gravitas.	8 a 110	12% a 34%	0.84 a 1.00	0.050 a 0.103	0.110 a 0.160	0.110 a 0.160	2.50 × 10 ⁻⁴ a 1.06 × 10 ⁻⁴	0.0010 a 0.0030	0.17 a 0.24	0	0	39°30' a 43°														
VI	Arena fina, poco limosa, gris olivo oscuro y gris olivo claro, compacto, con mica, caracollitos y conchas, con algunas gravitas y concreciones cementadas.	13 a 130	15% a 62%	1.00	0.0025 a 0.080	0.092 a 0.152	0.110 a 0.150	6.25 × 10 ⁻⁴ a 6.40 × 10 ⁻⁴	0.00065 a 0.0023	0.18 a 0.24	0	0	40° a 43°														
VII	Arcilla orgánica, café olivo oscuro, gris olivo oscuro y verde olivo oscuro, rígida, con mica, restos de conchas y huellas de raíces.	6 a 20	40% a 93%																								
VIII	Pedacera de conchas y caracollitos empacados en limo arenoso, gris olivo, manchado.	16 a 29	15% a 27%																								
IX	Arena fina limosa y limo arenoso, verde olivo grisáceo, semicompacto, con algunas gravitas y huellas de raíces.	10 a 56	10% a 20%	1.00								0 a 0.68												0 a 2.5			

N : Re
per
de
W : Co
Dr : De
De : Di
Dsp : Di
Dr : Di
ε : Co
Mep : M
σ' : Rel
ob
C : Co
σ' : An
Lw : Li
Pw : Li
Iw : Li
Cr : Co
Cv_i : Co
mep : Co
mt : el
Cv_i : Co
qu : Re
Datos
de Su
Lagu
Apénd

E TRES PALOS



GENERALIZADO

ONOMENCLATURA :

- Asistencia a la Penetración Standard: es el número de golpes necesarios para hacer penetrar 30 cm una herramienta de 5 cm ϕ dentro del suelo con un martillo de 65 Kg de peso y una altura de caída de 75 cm.
- Contenido de agua, en %.
- Densidad relativa.
- Diámetro efectivo, en mm.
- Diámetro medio, en mm.
- Diámetro más frecuente, en mm.
- Eficiente de permeabilidad, según Hazen $k = 100 D_{e5}^2$, en cm/seg.
- Módulo de deformación unitaria para la deformación instantánea en cm^2/Kg .
- Relación entre la deformación plasto-viscosa y la deformación elasto-plástica, obtenida inmediatamente después de la aplicación de la carga.
- Resistencia, en Kg/cm^2 .
- Ángulo de fricción interna.
- Índice líquido, en %.
- Índice plástico, en %.
- Índice de plasticidad, en %.
- Densidad relativa.
- Eficiente de compresibilidad volumétrica unitaria que representa el fenómeno elasto-plástico, en cm^2/Kg .
- Eficiente secundario de compresibilidad volumétrica que representa la viscosidad intergranular, en cm^2/Kg .
- Eficiente de consolidación primaria, en cm^2/seg .
- Asistencia a la compresión simple, en Kg/cm^2 .

datos tomados del "Estudio de Mecánica de Suelos para la Barrera de arena y dique de Tres Palos, Acapulco, Gro." Serie A.- Referencia (h).

ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES REPRESENTATIVAS DE LOS MATERIALES DEL SUBSUELO



FOTO 1.— PLAYA REVOLCADERO



FOTO 2.— CURVATURAS LOCALES EN
PLAYA REVOLCADERO



FOTO 4

CORTES EN LAS PLAYAS POR EFECTO DE CORRIENTES DE RESACA



FOTO 5

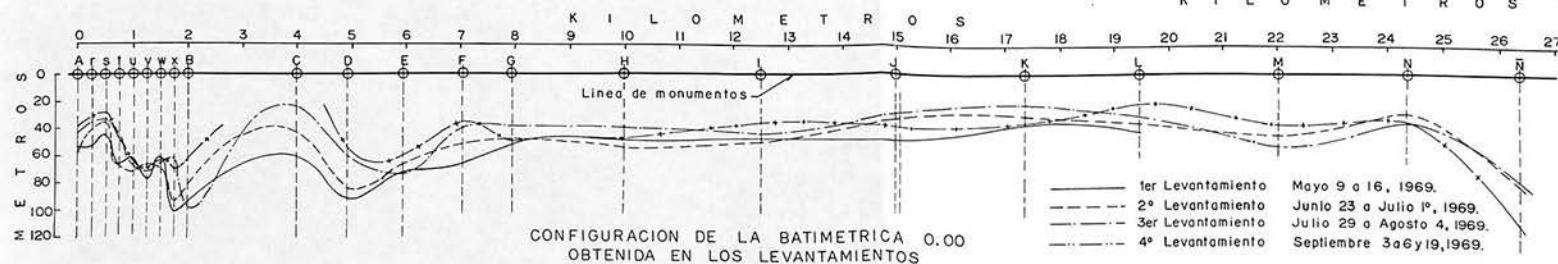
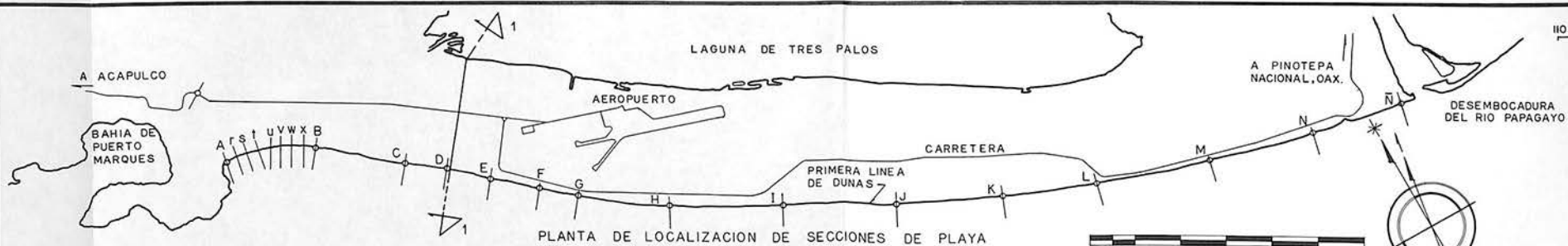
CORTES EN LAS PLAYAS POR EFECTO DE CORRIENTES DE RESACA



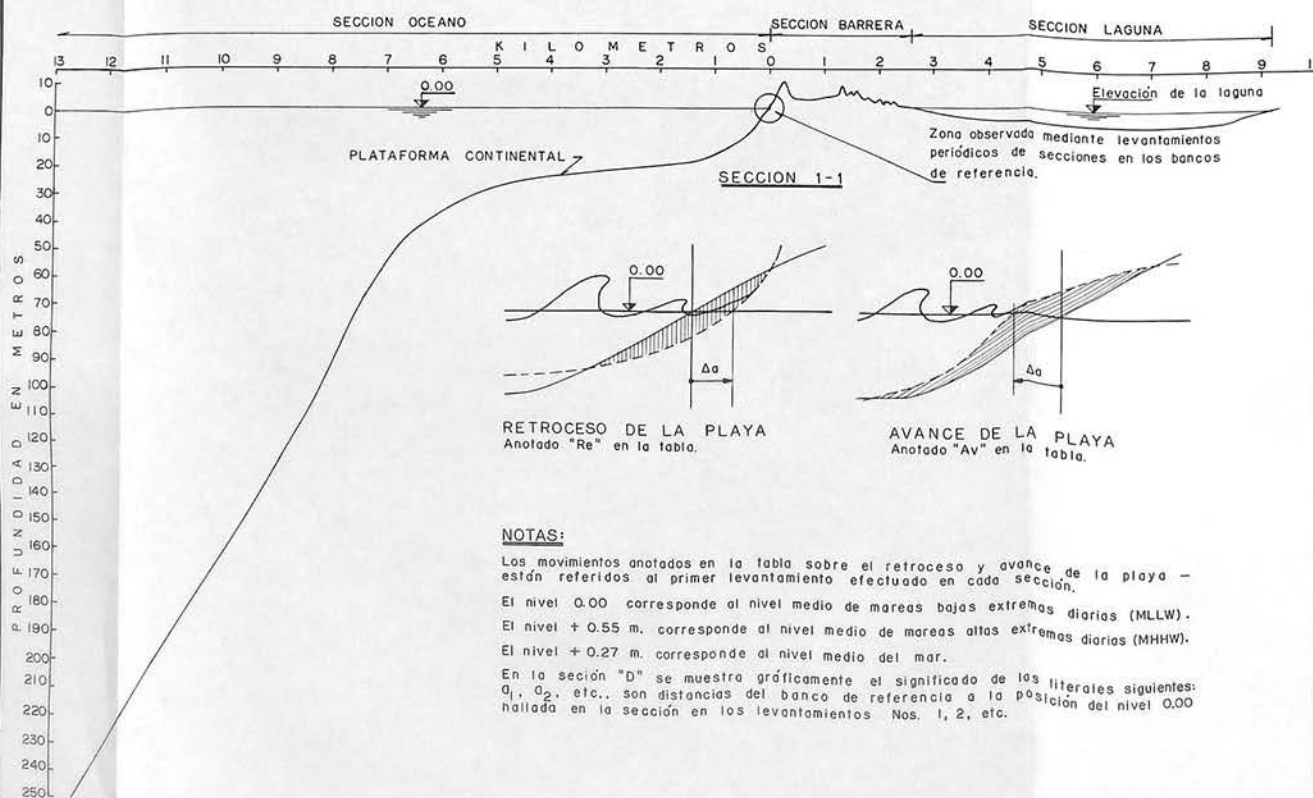
FOTO 3.- PLAYA DE PENDIENTE UNIFORME



FOTO 6.- BERMAS EN PLAYAS AL NOR-OESTE
DE LA BOCA DEL PAPAGAYO



CONFIGURACION DE LA BATIMETRICA 0.00 OBTENIDA EN LOS LEVANTAMIENTOS



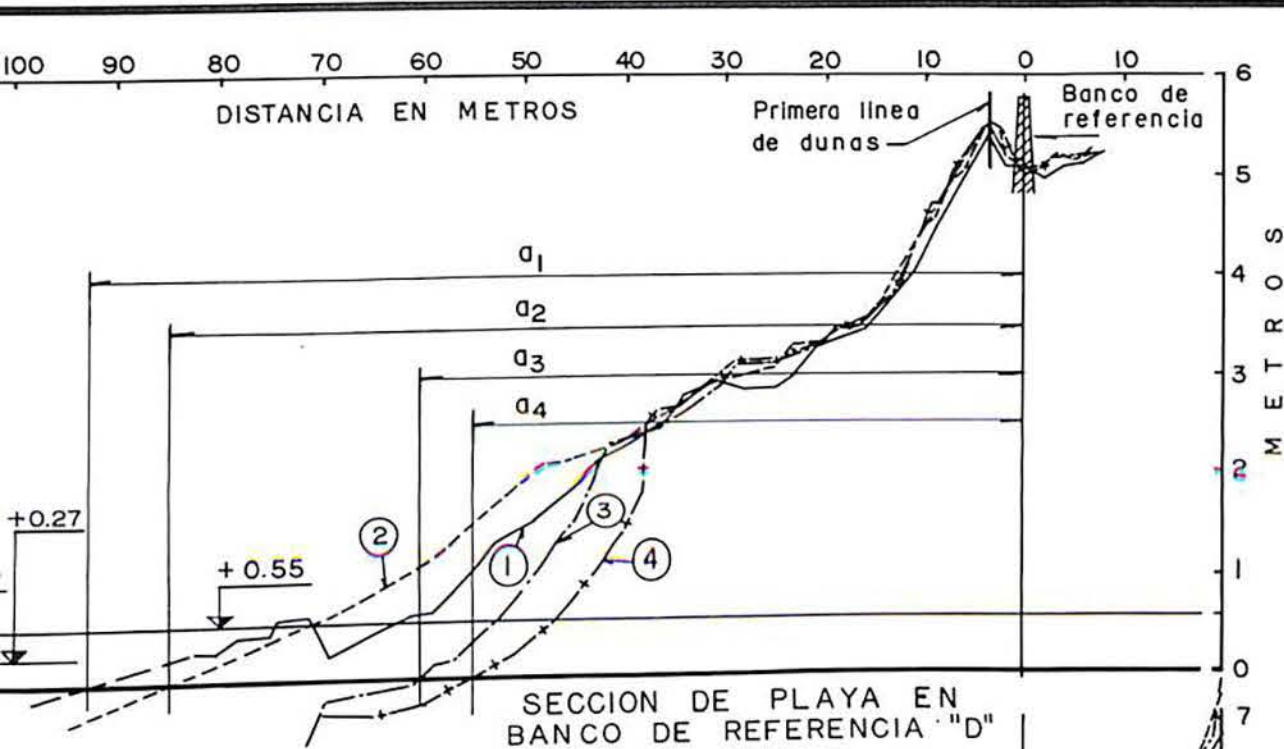
CAMBIOS OBSERVADOS EN LAS PLAYAS DE LA BARRERA EN

SECCION	AZIMUT MAGNETICO	FECHA LEV.#1	D ₅₀ (+)	Q ₁	S ₁	FECHA LEV.#2	Q ₂	CAMBIO EN LA PLAYA	S ₂	FECHA LEV.#3	
	Grados		mm.	mts.	l:		mts.	Tipo	Δa mts.	l:	
A	183°00'	May. 9	0.15	54.50	27	Jun. 23	58.60	Av	4.10	39	
f	"	"	"	54.20	28	"	42.10	Re	12.10	17	
S	"	"	"	46.00	28	Jun. 24	35.50	Re	10.50	17	
†	"	May. 10	"	67.00	28	"	68.00	Av	1.00	20	
U	202°00'	"	"	62.90	21	"	72.60	Av	9.70	19	
V	"	"	"	78.00	16	"	67.60	Re	10.40	20	
W	"	"	"	60.70	16	Jun. 25	70.00	Av	9.30	20	
X	"	"	"	102.60	20	"	93.20	Re	9.40	2.2	
B	210°00'	"	"	93.20	25	"	81.20	Re	12.00	25	
C	"	May. 12	Q20 (60.40)	26	"	"	(42.10)	Re	(18.30)	29	
D	"	"	0.20 (92.60)	33	Jun. 26	84.40	Re	(8.20)	25	Ag	
E	"	"	"	72.70	24	"	66.20	Re	6.50	26	
F	"	May. 13	"	66.40	24	"	51.40	Re	15.00	18	
G	"	"	"	0.19	52.00	25	"	48.40	Re	3.60	22
H	199°00'	"	"	50.00	19	Jun. 27	54.60	Av	4.60	25	
I	"	May. 14	0.20	47.80	26	"	50.60	Av	2.80	33	Ag
J	"	"	"	49.60	22	"	33.20	Re	16.40	15	
K	193°00'	May. 15	0.23	36.80	18	"	29.40	Re	7.40	13	
L	184°30'	May. 16	"	42.10	9	Jun. 28	(53.30)	Re	(6.80)	11	Ag
M	"	"	0.27	No se levantó	"	Jul. p	45.10	1er. levantam.	"	11	
N	"	"	"	"	"	"	28.60	amiento en es-	"	19	
N	"	"	0.27	"	"	"	(80.00)	las secciones.	"	12	

NOTAS:

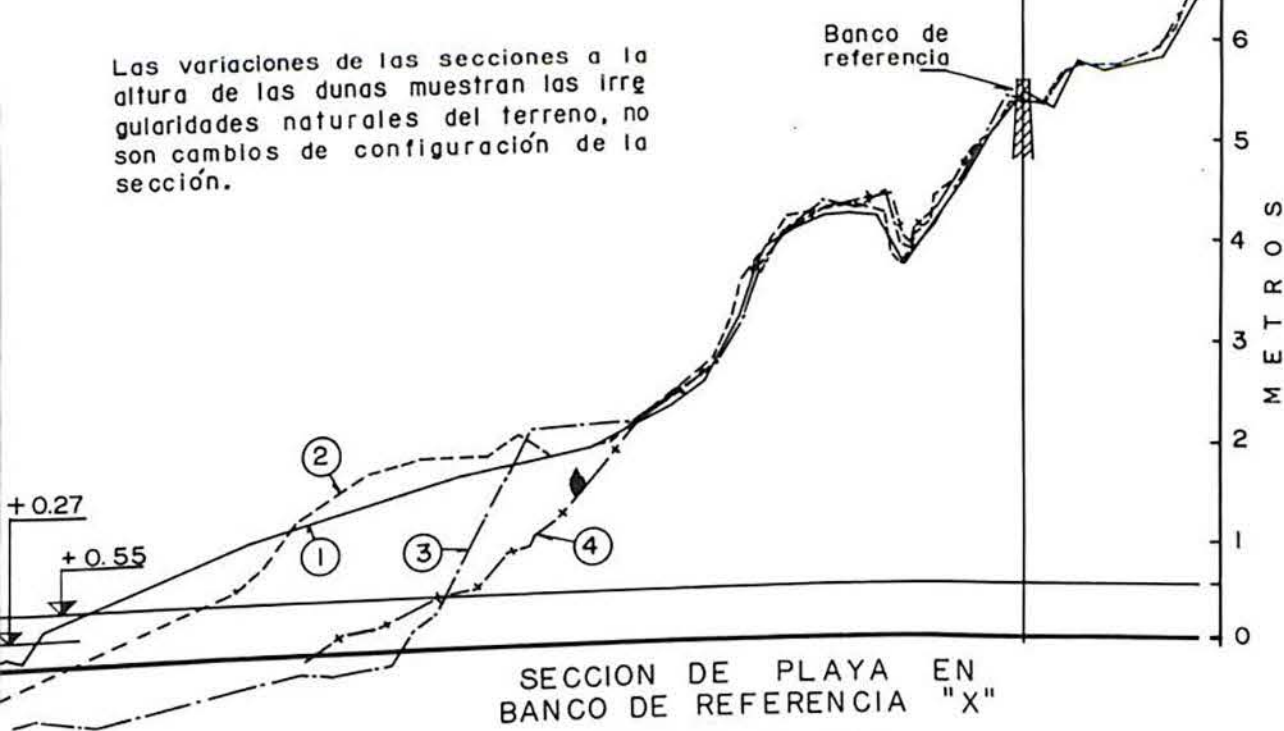
Los movimientos anotados en la tabla sobre el retroceso y avance de la playa - están referidos al primer levantamiento efectuado en cada sección.
 El nivel 0.00 corresponde al nivel medio de mareas bajas extremas diarias (MLLW).
 El nivel +0.55 m. corresponde al nivel medio de mareas altas extremas diarias (MHHW).
 El nivel +0.27 m. corresponde al nivel medio del mar.
 En la sección "D" se muestra gráficamente el significado de los literales siguientes: Q₁, Q₂, etc., son distancias del banco de referencia a la posición del nivel 0.00 hallada en la sección en los levantamientos Nos. 1, 2, etc.

Los valores entre paréntesis están obtenidos por extrapolación de las configuraciones halladas.
 (+) D₅₀ es el tamaño del material más fino del 50% retenido en el análisis granulométrico. Muestras tomadas en Mayo 9 a 11 de 1969.
 (+) D₅₀ en milímetros.
 S₁, S₂, etc., son valuadas entre (MLLW - MHHW) a los levantamientos.



SECCION DE PLAYA EN BANCO DE REFERENCIA "D"

Las variaciones de las secciones a la altura de las dunas muestran las irregularidades naturales del terreno, no son cambios de configuración de la sección.



SECCION DE PLAYA EN BANCO DE REFERENCIA "X"

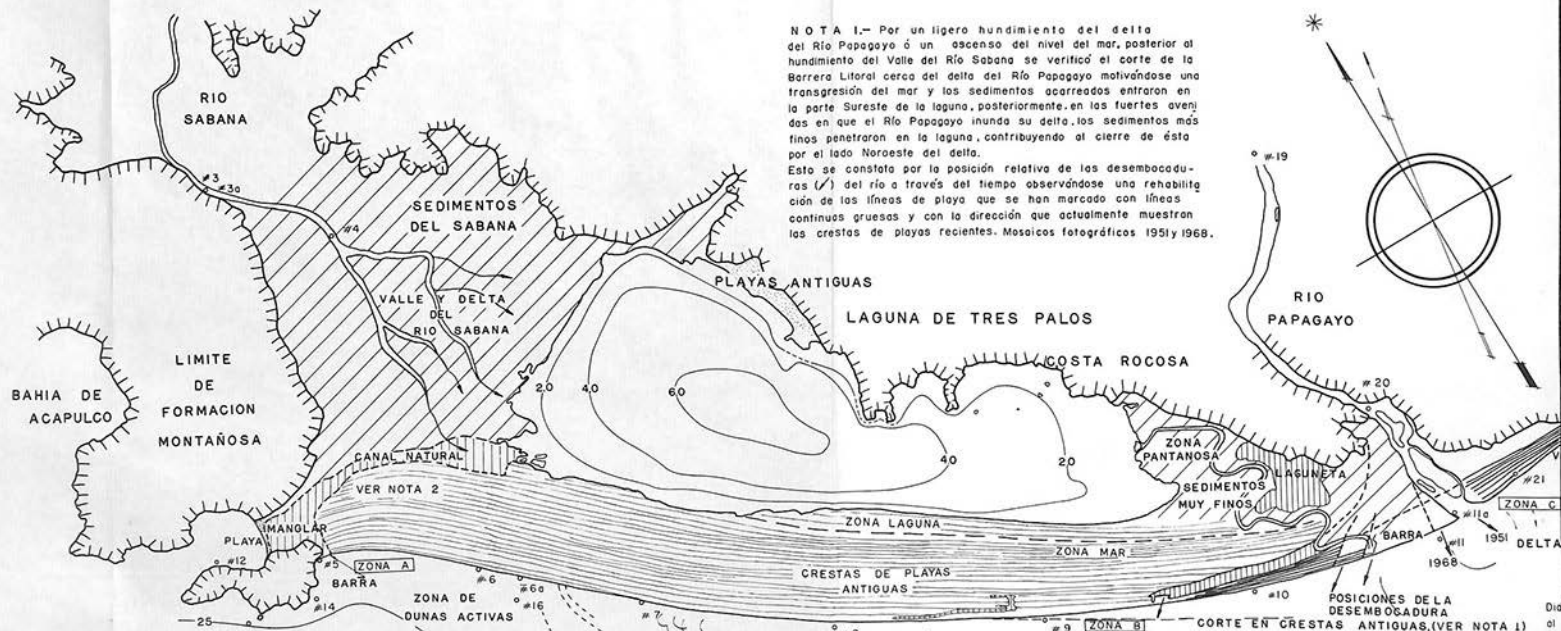
LOS MESES DE MAYO A SEPTIEMBRE DE 1969

CANTONALIDAD / #3	a ₃ mts.	CAMBIO EN LA PLAYA		S ₃ l:	FECHA LEV.#4	a ₄ mts.	CAMBIO EN LA PLAYA		S ₄ l:
		Tipo	Δa mts.				Tipo	Δa mts.	
29	44.00	Re	10.50	21	Sept 19	38.20	Re	16.30	23
"	35.40	Re	18.80	24	Banco removido por la acción del oleaje				
"	33.60	Re	12.40	28	Sept. 3	28.30	Re	17.70	20
30	44.80	Re	22.20	11	"	46.60	Re	20.40	18
"	66.80	Av	3.90	23	"	64.60	AV	1.70	18
Banco removido por maquinaria de construcción trabajando en la zona									
31	65.60	Av	4.90	16	Sept. 3	64.20	Av	3.50	18
"	61.90	Re	40.70	9	Sept. 4	70.50	Re	32.10	23
"	96.70	AV	3.50	27	"	62.60	Re	30.60	19
Banco removido por la acción del oleaje									
"	24.70	Re	(35.70)	10	Sept. 4	55.20	Re	(37.40)	16
"	60.30	Re	(32.30)	14	"	59.60	Re	13.10	20
"	73.10	AV	0.40	25	"	34.80	Re	31.60	18
"	39.40	Re	27.00	15	"	49.60	Re	2.40	24
"	38.20	Re	13.80	15	"	49.75	Re	0.25	20
"	38.30	Re	11.70	15	"	(34.30)	Re	(13.50)	18
"	44.00	Re	3.80	23	Sept. 5	38.80	Re	10.80	14
"	28.80	Re	20.80	13	"	35.80	Re	1.00	20
"	21.70	Re	15.10	11	"	21.00	Re	21.10	11
"	31.10	Re	11.00	12	"	(37.30)	Re	(7.80)	6
"	53.10	AV	8.00	25	Sept. 6	(34.80)	AV	(6.20)	10
"	35.80	AV	7.20	11	"	107.80	AV	(27.80)	11
"	78.10	Re	(1.10)	7	"				

Las pendientes medias de la playa en los niveles 0.00 y +0.55 m. corresponden respectivamente a los puntos Nos. 1, 2, etc.

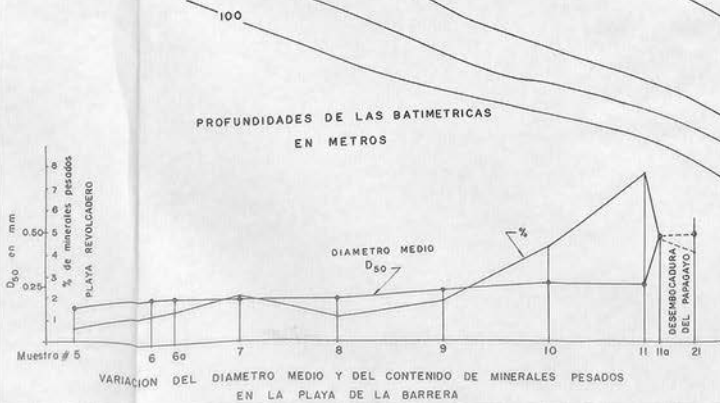
SECCIONES DE CONTROL PARA LA OBSERVACION DE CAMBIOS EN LAS PLAYAS

LAMINA 6-B

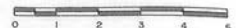
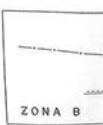
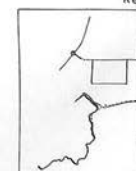
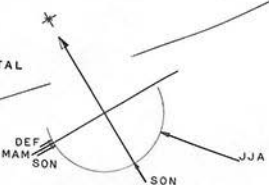


NOTA 1.- Por un ligero hundimiento del delta del Río Papagayo ó un ascenso del nivel del mar, posterior al hundimiento del Valle del Río Sabana se verificó el corte de la Barrera Litoral cerca del delta del Río Papagayo motivándose una transgresión del mar y los sedimentos acarreados entraron en la parte Sureste de la laguna, posteriormente, en las fuertes avenidas en que el Río Papagayo inunda su delta, los sedimentos más finos penetraron en la laguna, contribuyendo al cierre de ésta por el lado Noroeste del delta. Esto se constata por la posición relativa de los desembocaduras (✓) del río a través del tiempo observándose una rehabilitación de las líneas de playa que se han marcado con líneas continuas gruesas y con la dirección que actualmente muestran las crestas de playas recientes. Mosaicos fotográficos 1951 y 1968.

NOTA 2 :
Crestas de playas formadas sobre el delta sumergido del Río Sabana después del hundimiento (de aprox. 30 mts) que sufrió éste en conjunto con la primera laguna (Cap. II-3e y Apéndice A, Referencia h) y que fue menor que del lado del Río Papagayo. Se constata por la presencia de una primera laguna encontrada en el perfil estratigráfico. (lámina 4-B)



AVANCE DE LOS SEDIMENTOS DEL RIO PAPA GAYO
AVENIDAS EN JJA Y SON



NOTAS :
--- Configuración de línea un mosaico fotográfico
— Configuración de línea mosaico elaborado
• Puntos fijos de control

Se muestra la configuración real observada de las crestas de playas antiguas de la barrera arenosa.

RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS EN LAS MUESTRAS (o) TOMADAS EN MAYO 9 A 11 DE 1969

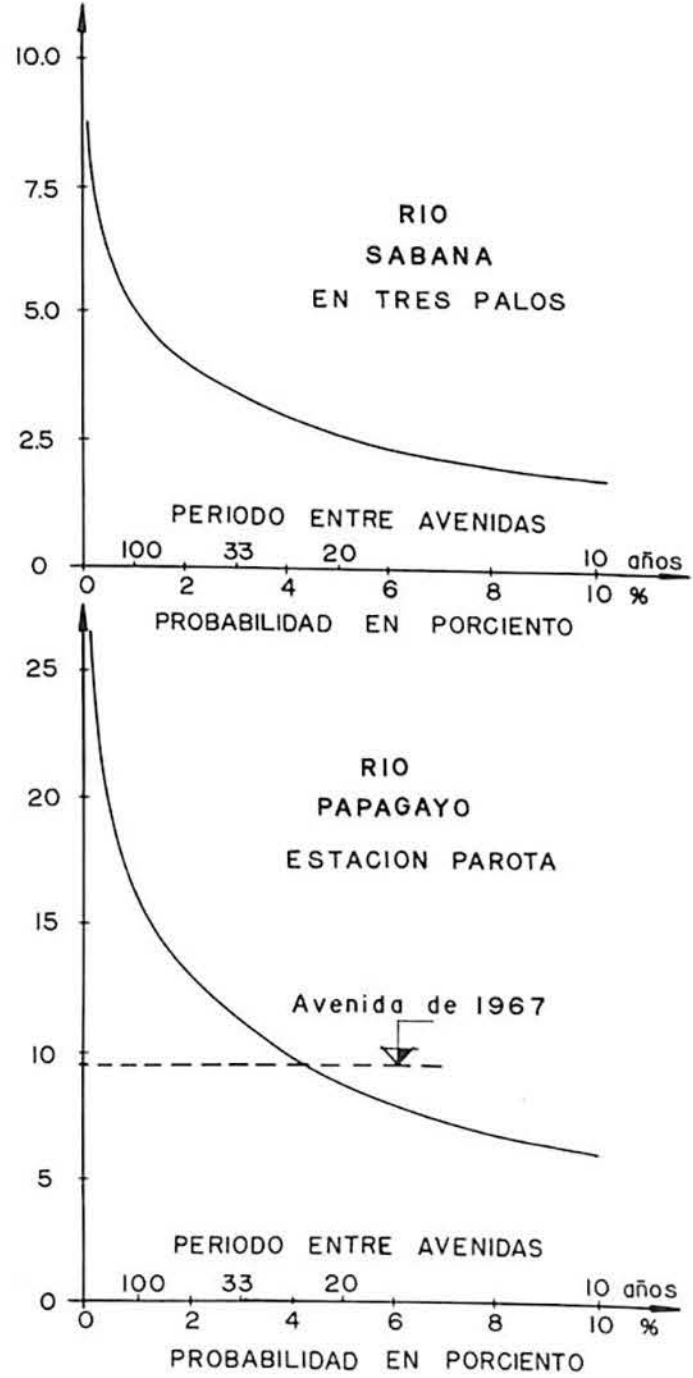
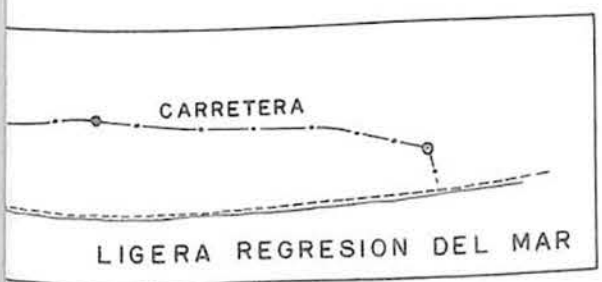
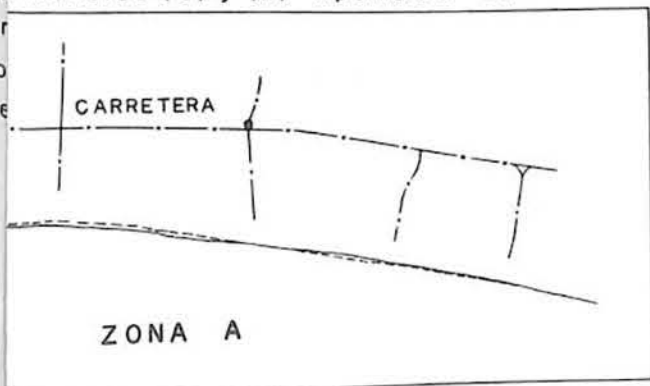
DIAMETROS MEDIOS Y CONTENIDOS DE MINERALES PESADOS EN LAS MUESTRAS SUPERFICIALES		
MUESTRA Nº	D ₅₀ mm	PORCENTAJE DE MINERALES PESADOS %
19	2.00	2.33
20	0.94	1.91
21	0.49	4.10
11a	0.48	4.73
11	0.27	7.63
10	0.27	4.34
9	0.23	1.79
8	0.20	1.13
7	0.19	2.06
6a	0.20	1.41
6	0.20	1.30
5	0.15	0.58
18	0.076	1.19
17	<0.07	0.25
16	0.14	4.15
15	<0.06	0.09
14	0.15	2.55
13	0.13	1.54
3	1.21	1.81
3a	1.05	2.21
4	0.63	2.19
12	0.13	0.34

VER NOTA I

metro D₅₀ es el tamaño correspondiente material más fino del 50% retenido.

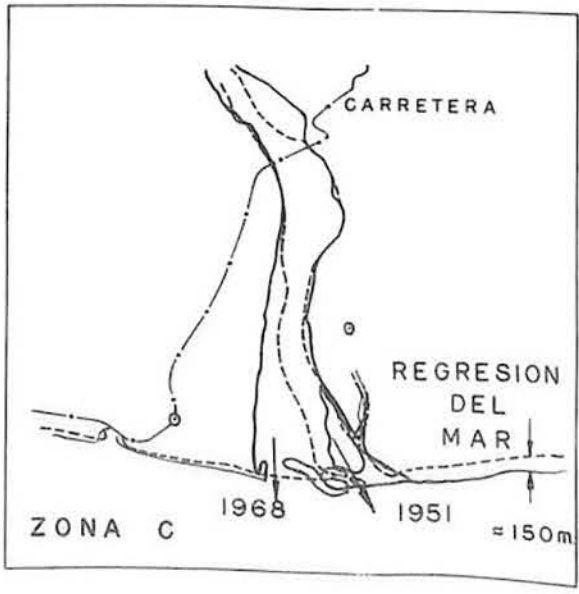
metros D₅₀ tomados de los Estudios Mineralógico y Granulométrico y del Estudio de Mecánica de Suelos

tenido de minerales pesados según reportes de Estudios Mineralógicos y Granulométricos. Referencias (d) y (h) Apéndice A.



GRAFICAS DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE AVENIDAS

Según Estudio Geológico elaborado por H. Lesser J. Referencia (b) Apéndice A



COMPARACION DE LAS LINEAS DE PLAYA DE 1951 Y 1968

as de playas antiguas tomadas de foto de 1951 elaborado por Aerofoto, S.A.

as de playa de 1968 tomada de un mapa por Aerocartografía de México, S.A.

comparación identificados en mosaicos.

CONFIGURACION FISIOGRAFICA GENERAL

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Y PROYECTOS DE COSTAS - INGENIERIA DE COSTAS - T.P.A.



FOTO 1.- DELTA DEL RIO SABANA
LAGUNA DE TRES PALOS AL FONDO



FOTO 2.- PLAYA AL SUR-ESTE DE
PLAYA REVOLCADERO



FOTO 4.- DESEMBOCADURA DEL RIO PAPAGAYO



FOTO 5.- BOCA DEL PAPAGAYO EN MAYO 1969



FOTO 3.- CURVATURA DE LA PLAYA BARRERA
FRENTE AL AEROPUERTO



FOTO 6.- PLAYA AL ESTE DEL RIO PAPAGAYO

ASPECTOS FISIOGRAFICOS ACTUALES

LAMINA
8-B.



1.- PLAYA REVOLCADERO Y LA EVENTUAL SALIDA DE LA LAGUNA NEGRA AL MAR.



4.- ZONA DE PLAYA ENCANTADA

PLANTA DE LOCALIZACION DE FOTOS

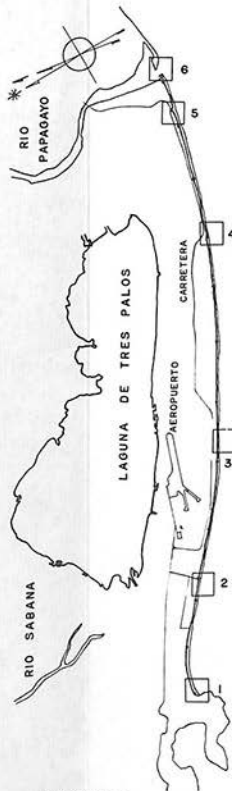


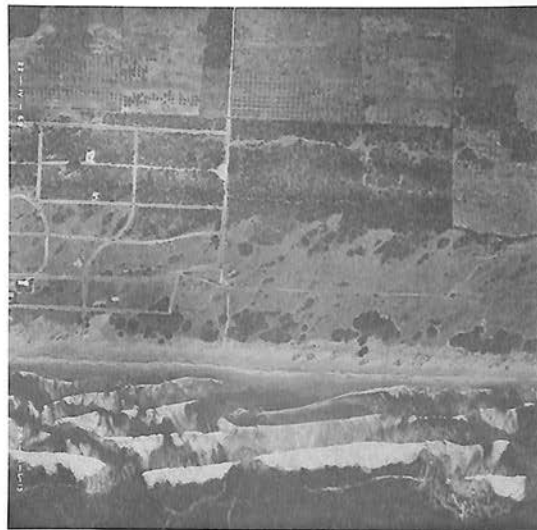
FOTO No.

OBSERVACIONES

- 1.- Oleaje poco intenso, manchas de arena retirada de la playa, salida eventual de la laguna negra.
- 2.- Irregularidades de las líneas de rompientes, formación de corrientes de resaca.
- 3.- Corrientes de resaca, oleajes en dos direcciones. $T = 14 \text{ seg}$ $H_b = 3.5 \text{ m}$.
- 4.- Deflexión del oleaje por corrientes de resaca, oleaje en dos direcciones.
- 5.- Irregularidades de las líneas de rompientes, corrientes de resaca en formación.
- 6.- Deflexión del oleaje en el delta del Rio Papagayo.



FOTOS DEL VUELO REALIZADO EN ABRIL DE 1969



2.- EXTREMO SUR-ESTE DE COPACABANA



5.- PLAYA EN LA EVENTUAL SALIDA DE LA LAGUNA AL MAR EN EL SE.



3.-ZONA DE LA CURVATURA EN LA LINEA DE PLAYA



6.-BOCA DEL RIO PAPAGAYO EN
ABRIL DE 1969

P L A Y A S Y O L E A J E
F O T O G R A F I A S A E R E A S

LAMINA
9-B



FOTO 1: PUNTA RODRIGO AL FRENTE
PUNTA ROCOSA ATRAS



FOTO 2: VISTA DE PUNTA ROCOSA
A PLAYA REVOLCADERO

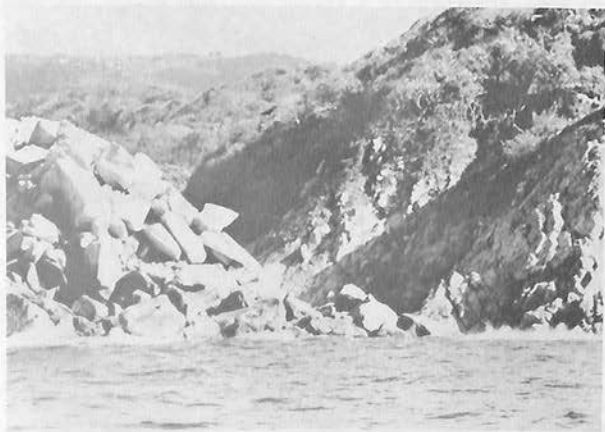


FOTO 4

DETALLES DE LAS FORMACIONES EN PUNTA
ROCOSA

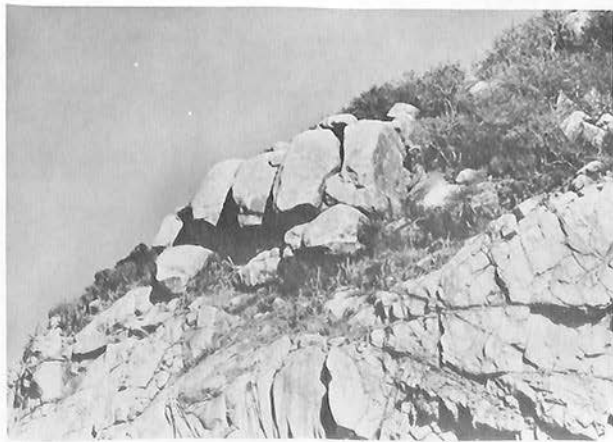


FOTO 5



FOTO 3: PLAYA REVOLCADERO

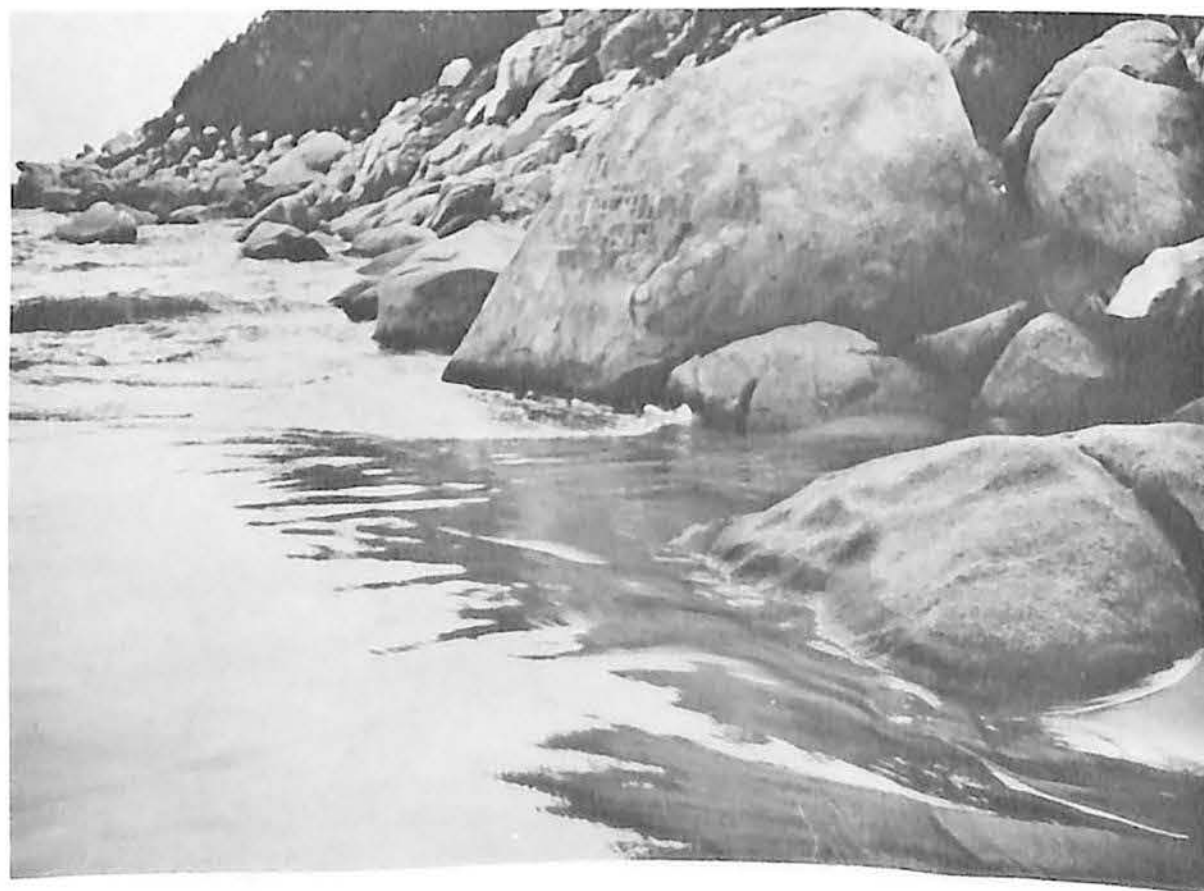
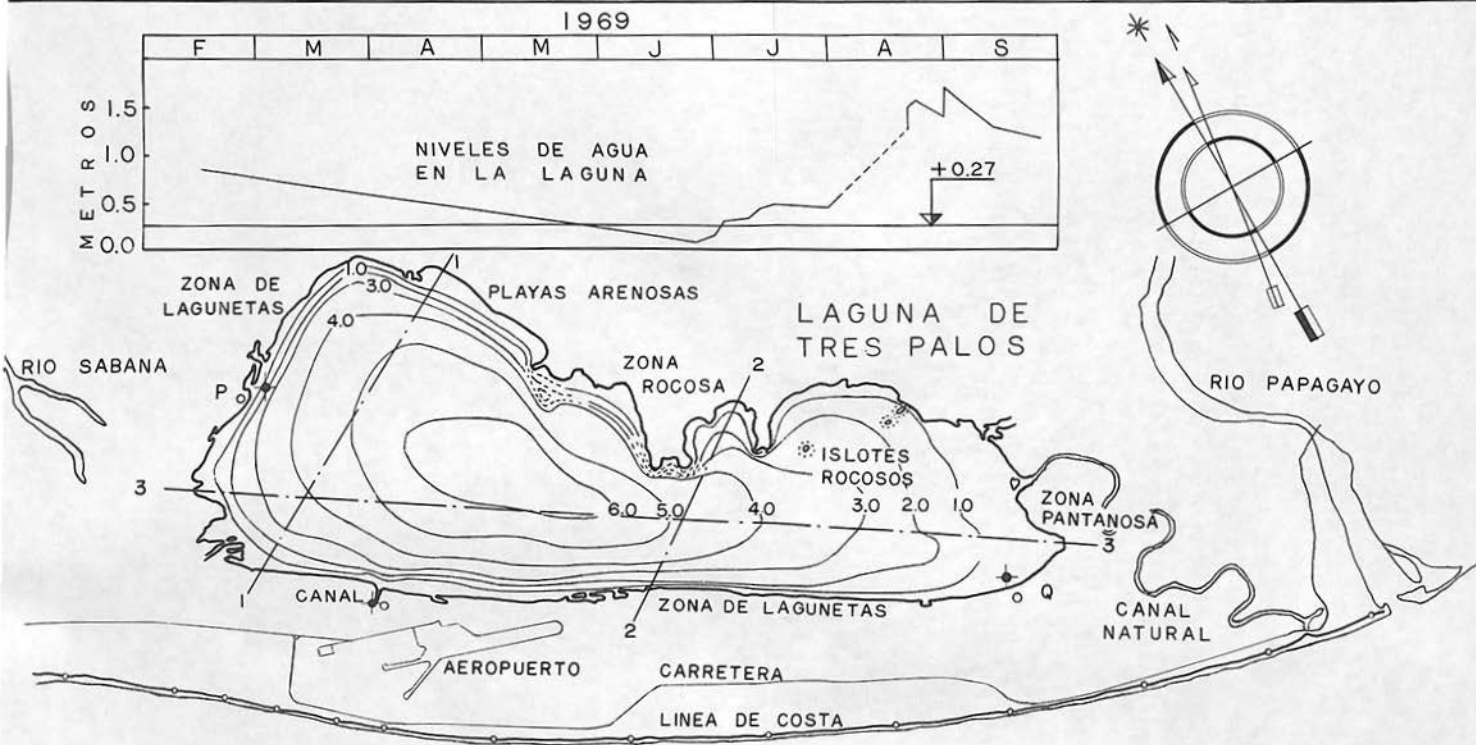


FOTO 6: EXTREMO NOR-OESTE DE PLAYA REVOLCADERO

PUNTA ROCOSA Y PLAYA REVOLCADERO

LAMINA
10-B



CARACTERISTICAS GEOMETRICAS E HIDRAULICAS

CONCEPTO :	AL NIVEL 0.00 DE REFERENCIA GRAL.	AL NIVEL MEDIO DEL MAR (+ 0.27 m)
AREA	58.2 Km ²	60.0 Km ²
VOLUMEN	199 Mill. de m ³	215 Mill. de m ³
PERIODOS DE OSCILACION		
SECCION 1	41 Minutos	
SECCION 2	28 Minutos	
SECCION 3	104 Minutos	
PRISMA DE MAREAS [De 0.00 a +0.55 m]:	33.3 Mill. de m ³	

- Bancos de referencia de nivel en la laguna.
- ✦ Puntos de observación del nivel de aguas en la laguna, en el periodo de Abril-Sept., 1969.
- El nivel 0.00m corresponde al nivel medio de mareas bajas extremas diarias (MLLW)
- El perímetro de la laguna y los ríos fueron tomados de un mosaico fotográfico formado con un vuelo de Enero de 1968 y ajustados a la poligonal de referencia sobre la carretera.



FOTO 1: ZONA PANTANOSA AL SUR-ESTE



FOTO 2: LAGUNETAS AL SUR



FOTO 4: ORILLA AL NOR-OESTE



FOTO 5: PLAYAS ANTIGUAS AL NOR-ESTE



FOTO 3: LAGUNETAS AL SUR-OESTE

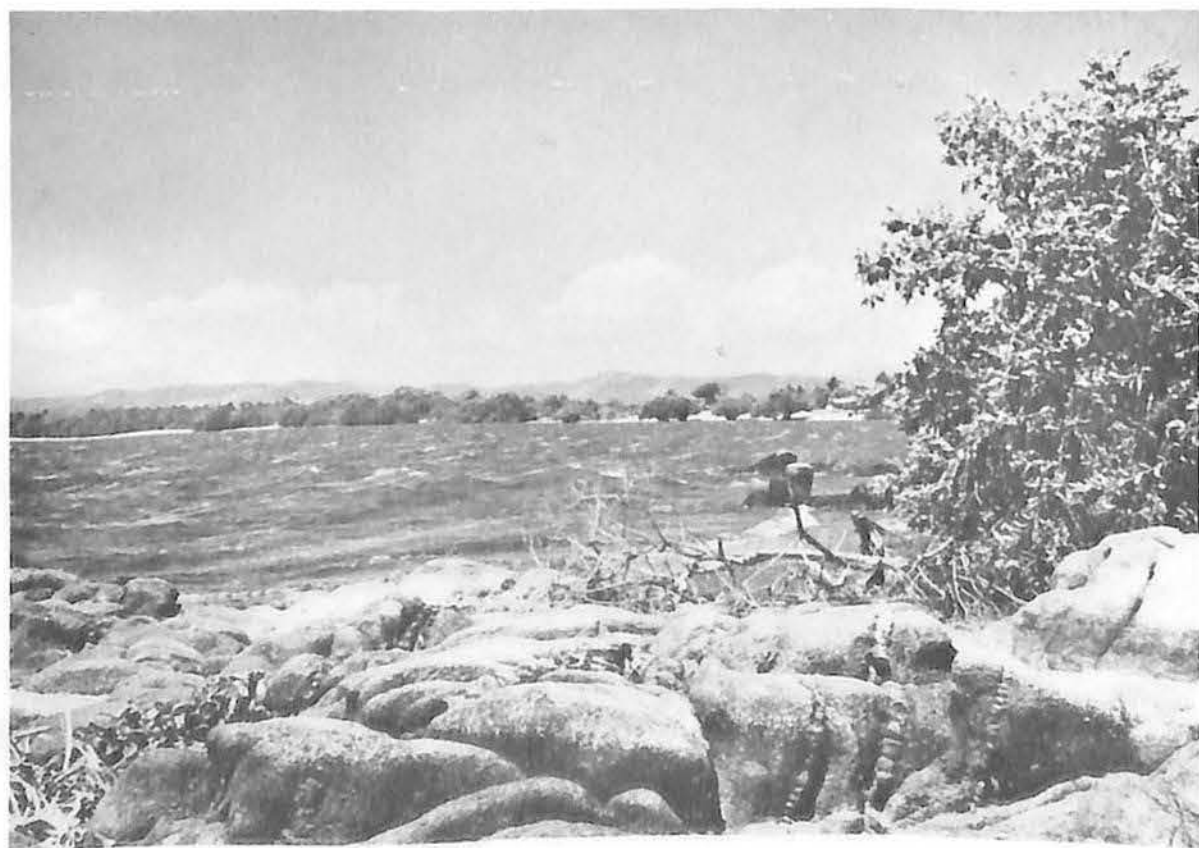
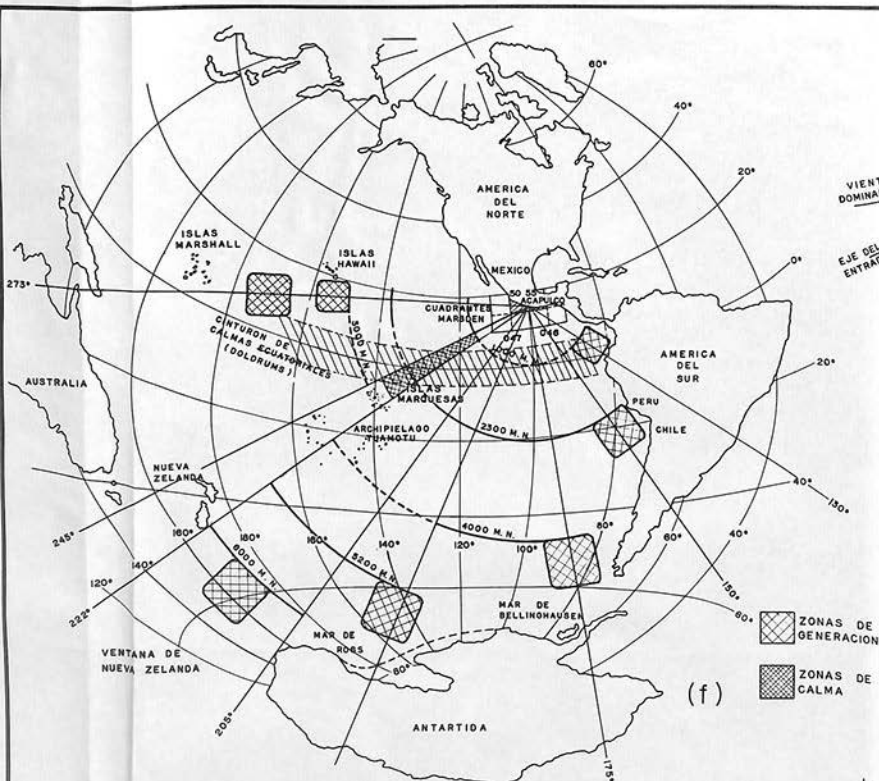


FOTO 6: ORILLA ROCOSA AL NOR-ESTE

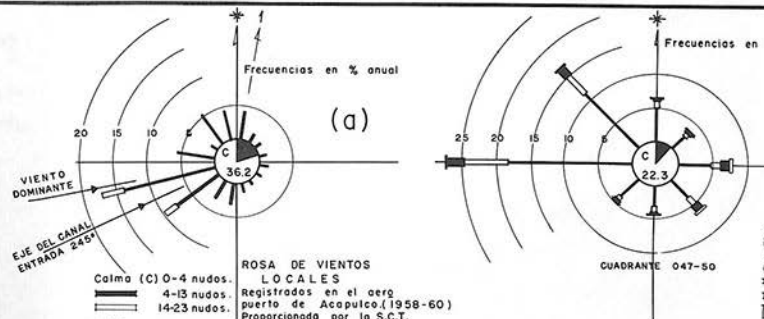
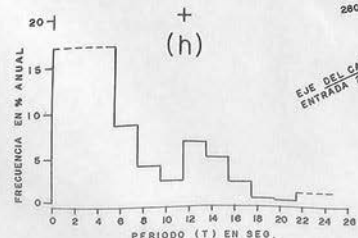
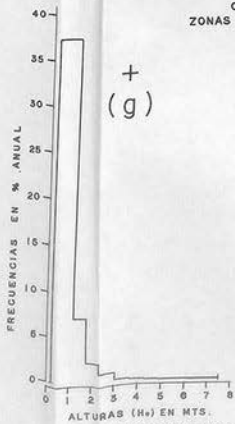
ORILLAS EN LA LAGUNA DE TRES PALOS

LAMINA
12-B

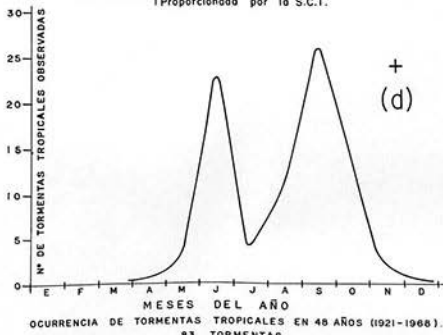


CROQUIS INDICATIVO DE LOCALIZACION DE ZONAS DE GENERACION DE OLAJES EXTRAORDINARIOS

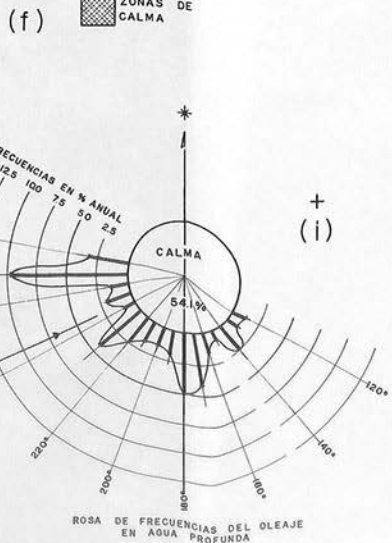
+ Gráficas formadas de acuerdo con la información contenida en la referencia (a) Apéndice A. Reporte de Marine Advisers, Inc.



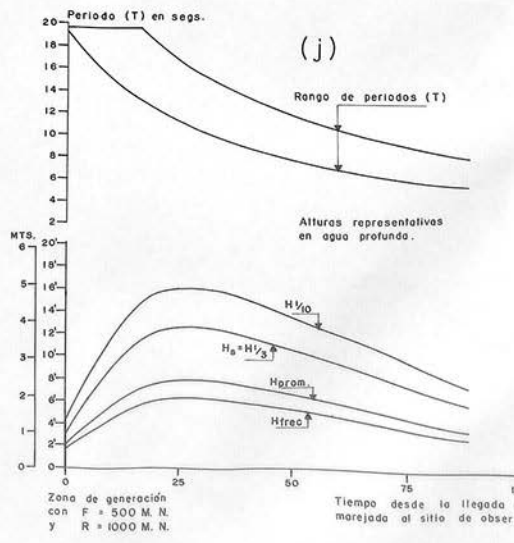
LOCALES Registrados en el aeropuerto de Acapulco (1958-60) Proporcionado por la S.C.T.



OCURRENCIA DE TORMENTAS TROPICALES EN 48 AÑOS (1921-1968). 83 TORMENTAS



ROSA DE FRECUENCIAS DEL OLAJE EN AGUA PROFUNDA



Zona de generación con $F = 500$ M.N. y $R = 1000$ M.N. Tiempo desde la llegada marejada al sitio de observación

CARACTERISTICAS DE OLAJE OBSERVADO FRENTE A LAS COSTAS DE ACAPULCO, GRO.

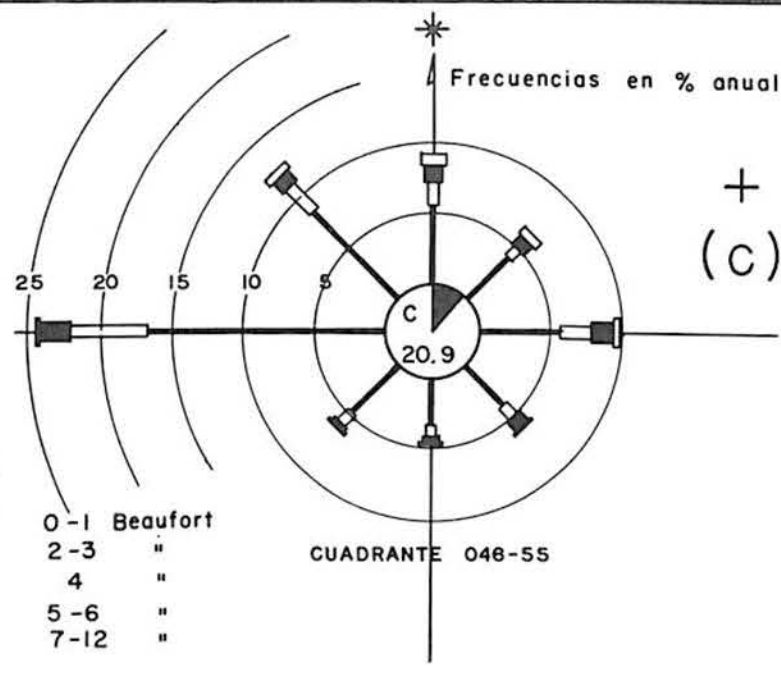
RESULTADO DE LA PREDICCIÓN DE UNA MAREJADA

anual

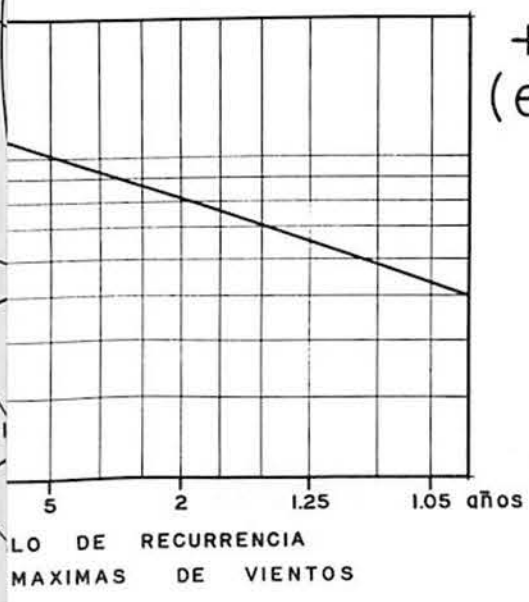
(b)

ROSAS DE VIENTOS
 servados en los cuadrantes
 rsden 046-55 Y 047-50.

Ima (C)	0-2.6 nudos	0-1 Beaufort
	3.5-10.4 "	2-3 "
	11.3-15.7 "	4 "
	16.5-27.0 "	5-6 "
	27.8-65.2 "	7-12 "

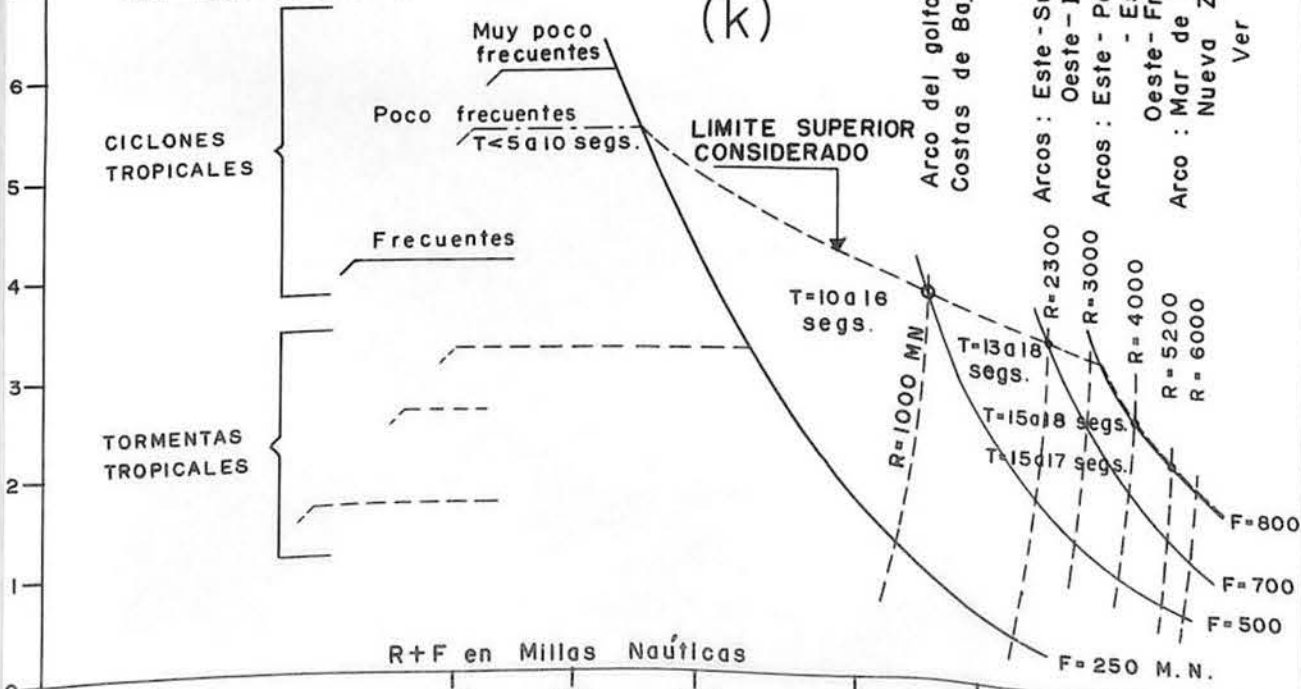


(c)



VENTA NUEVA

ALTA SIGNIFICATIVA H_s EN METROS (EN AGUA PROFUNDA)



Arco del golfo de Panamá a Costas de Baja California.

Arco : Este - Sur de Perú-Polinesia
 Oeste - Is. Marquesas - Hawaii
 Arco : Este - Pacifico Antártico
 Oeste - Frente Is. Marshall
 Arco : Mar de Ross - Ventana de Nueva Zelanda
 Ver figura (f)

CARACTERISTICAS DE LAS OLAS SIGNIFICATIVAS DE OLEAJES EXTRAORDINARIOS, OBTENIDAS POR PREDICCIÓN EN CONDICIONES MAXIMAS DE GENERACIÓN.

horas
de la
ción

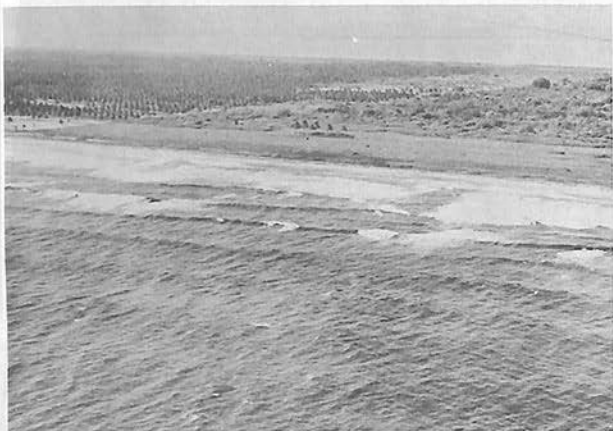


FOTO 1: ASPECTO DE DOS OLEAJES SIMULTANEOS
MAR Y MAREJADA



FOTO 2: ASPECTO DE UNA ROMPIENTE MEDIA $H_b=3.20m$.
NOTESE HORIZONTE AL FONDO

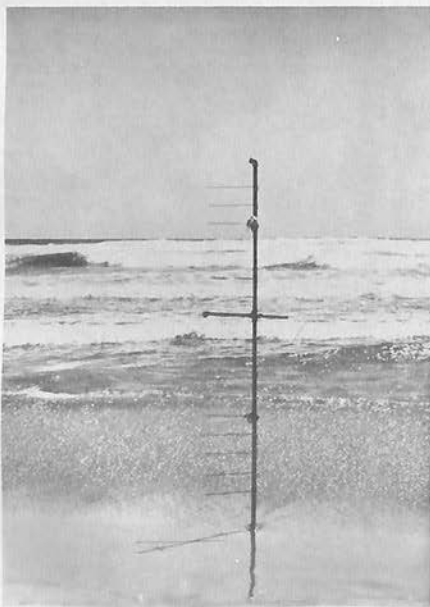


FOTO 4: REFERENCIA DE ELEVACION PARA
MEDICION DE ALTURAS DE ROMPIENTES
HORIZONTE AL FONDO

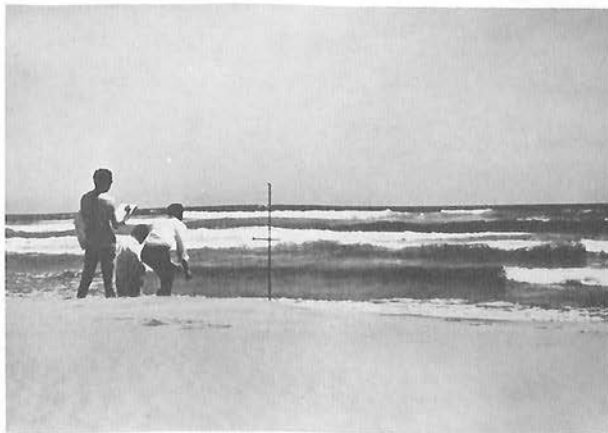


FOTO 5: MEDICION SIMULTANEA DE
PERIODOS Y ALTURAS DE ROMPIENTES

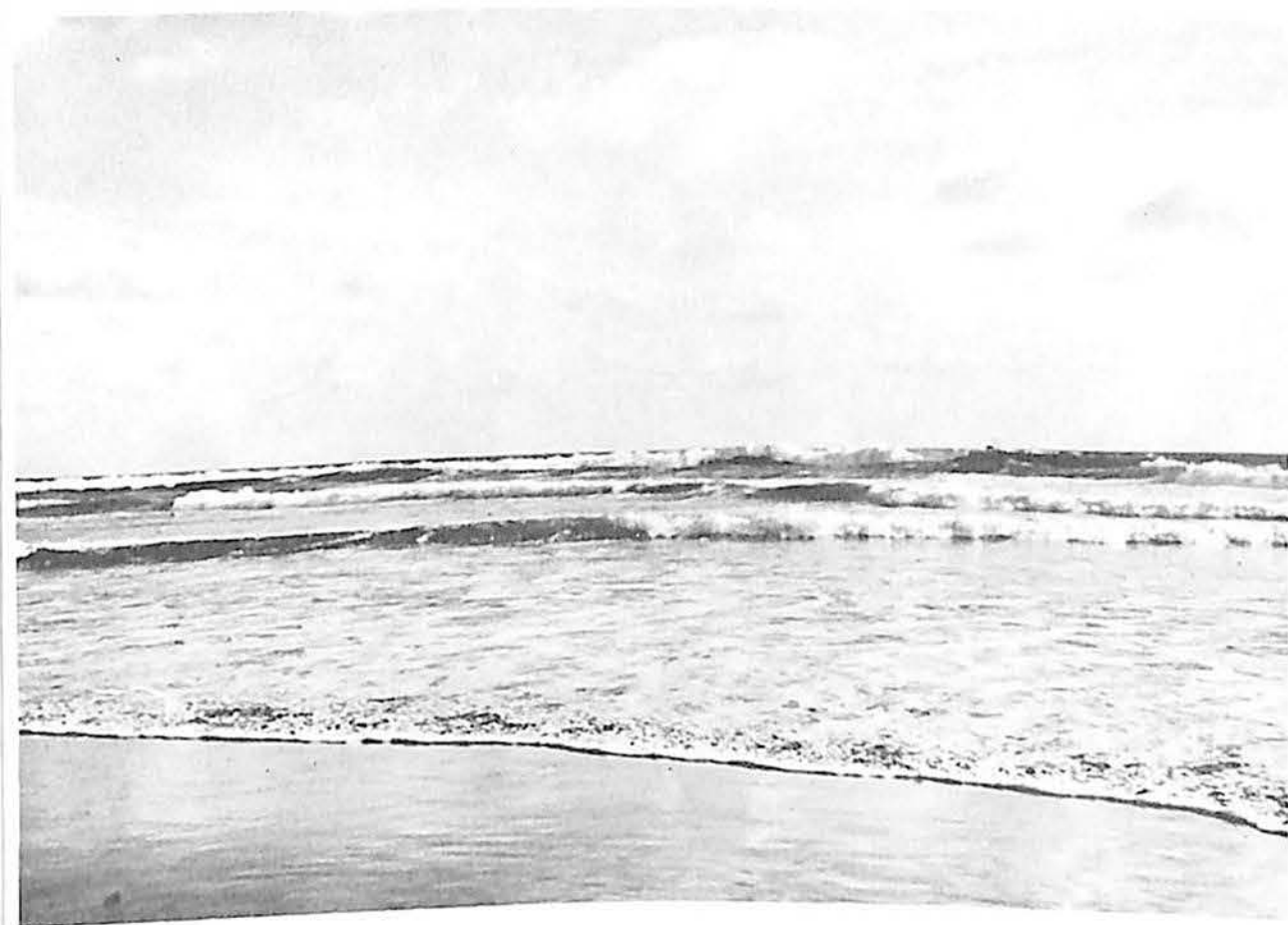


FOTO 3: ASPECTO DE LA VARIACION DE LA
ALTURA DE UNA ROMPIENTE MEDIA

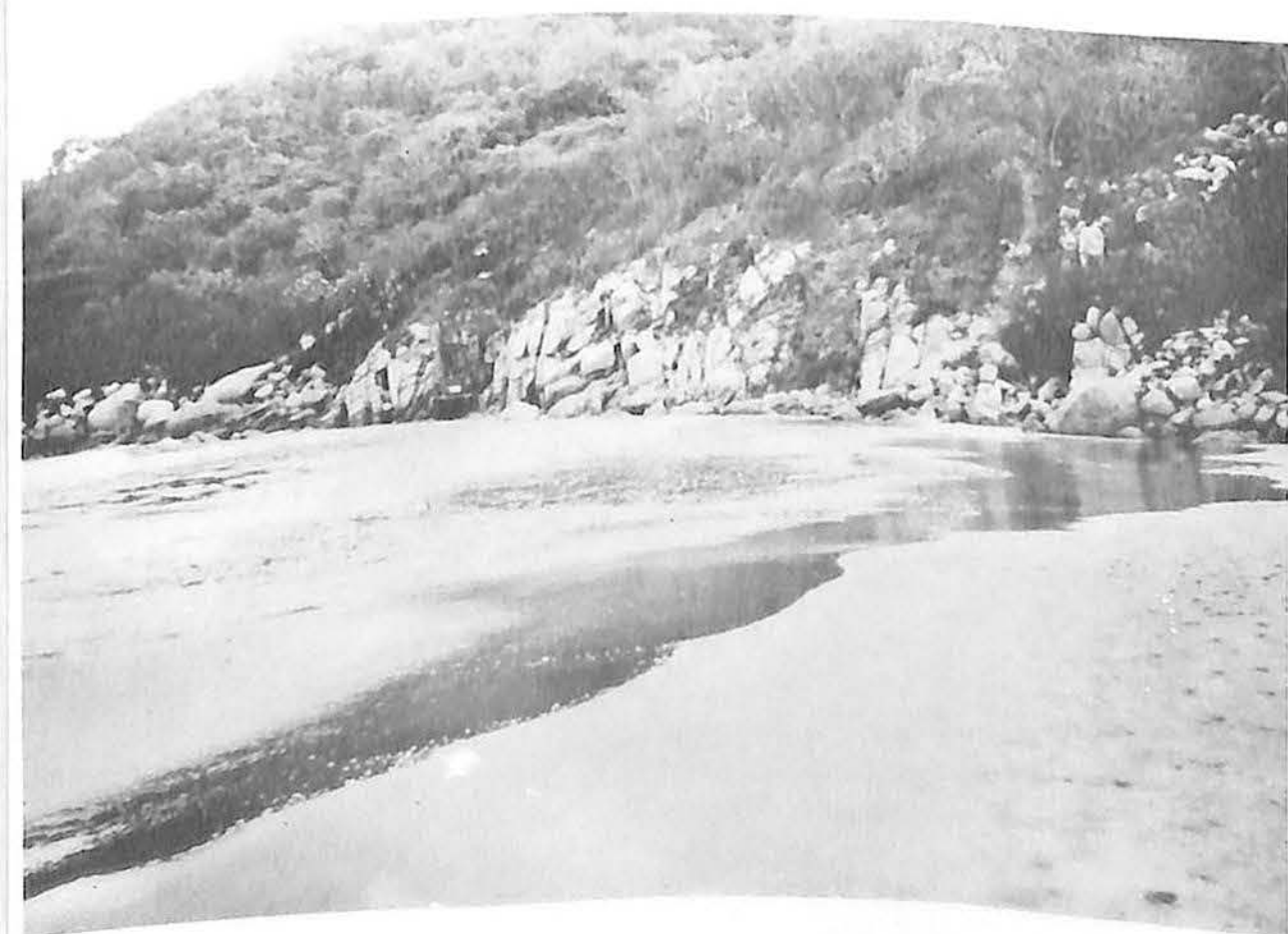
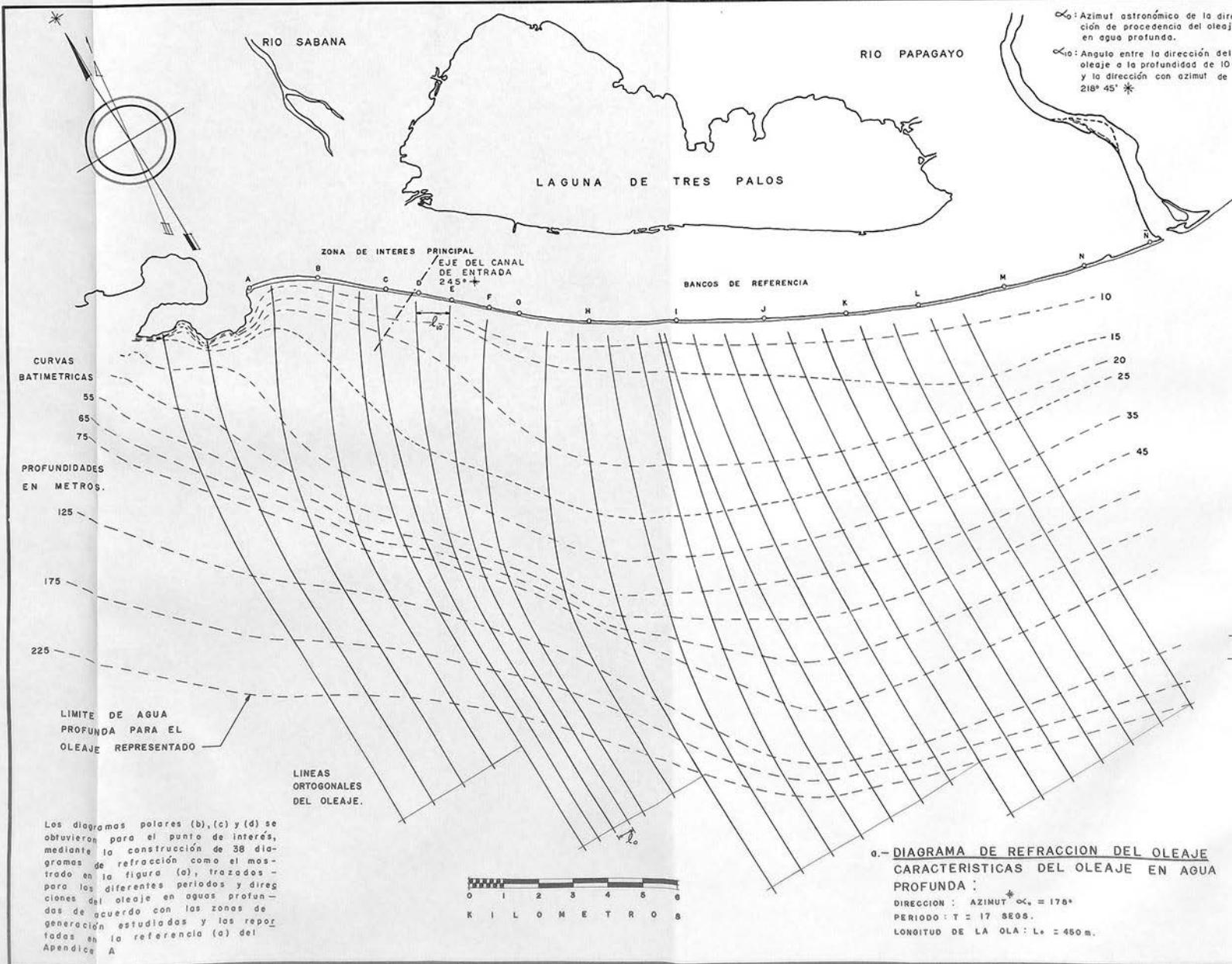


FOTO 6: MEDICION DE LA SOBREELEVACION
EN PLAYA REVOLCADERO

OBSERVACIONES DEL OLEAJE

LAMINA
14-B



☉: Azimut astronómico de la dirección de procedencia del oleaje en agua profunda.

∠: Angulo entre la dirección del oleaje a la profundidad de 100 y la dirección con azimut de 218° 45' *

RIO SABANA

RIO PAPAGAYO

LAGUNA DE TRES PALOS

ZONA DE INTERÉS PRINCIPAL
EJE DEL CANAL DE ENTRADA
245° *

BANCOS DE REFERENCIA

CURVAS
BATIMÉTRICAS

55
65
75

PROFUNDIDADES
EN METROS.

125

175

225

LÍMITE DE AGUA
PROFUNDA PARA EL
OLEAJE REPRESENTADO

LÍNEAS
ORTOGONALES
DEL OLEAJE.

Los diagramas polares (b), (c) y (d) se obtuvieron para el punto de interés, mediante la construcción de 38 diagramas de refracción como el mostrado en la figura (a), trazados para los diferentes períodos y direcciones del oleaje en aguas profundas de acuerdo con las zonas de generación estudiadas y los reportados en la referencia (a) del Apéndice A

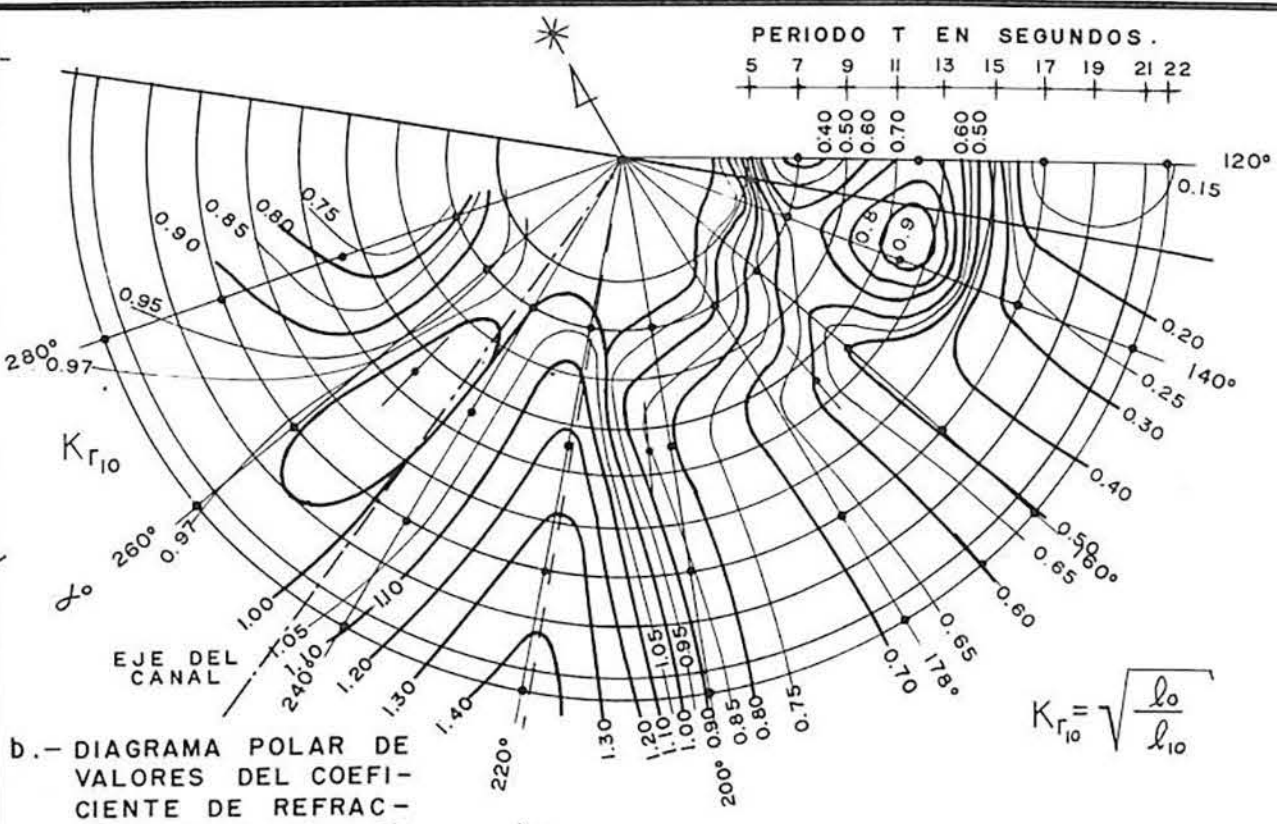
0 1 2 3 4 5 6
KILOMETROS

0.- DIAGRAMA DE REFRACCION DEL OLEAJE
CARACTERISTICAS DEL OLEAJE EN AGUA
PROFUNDA:

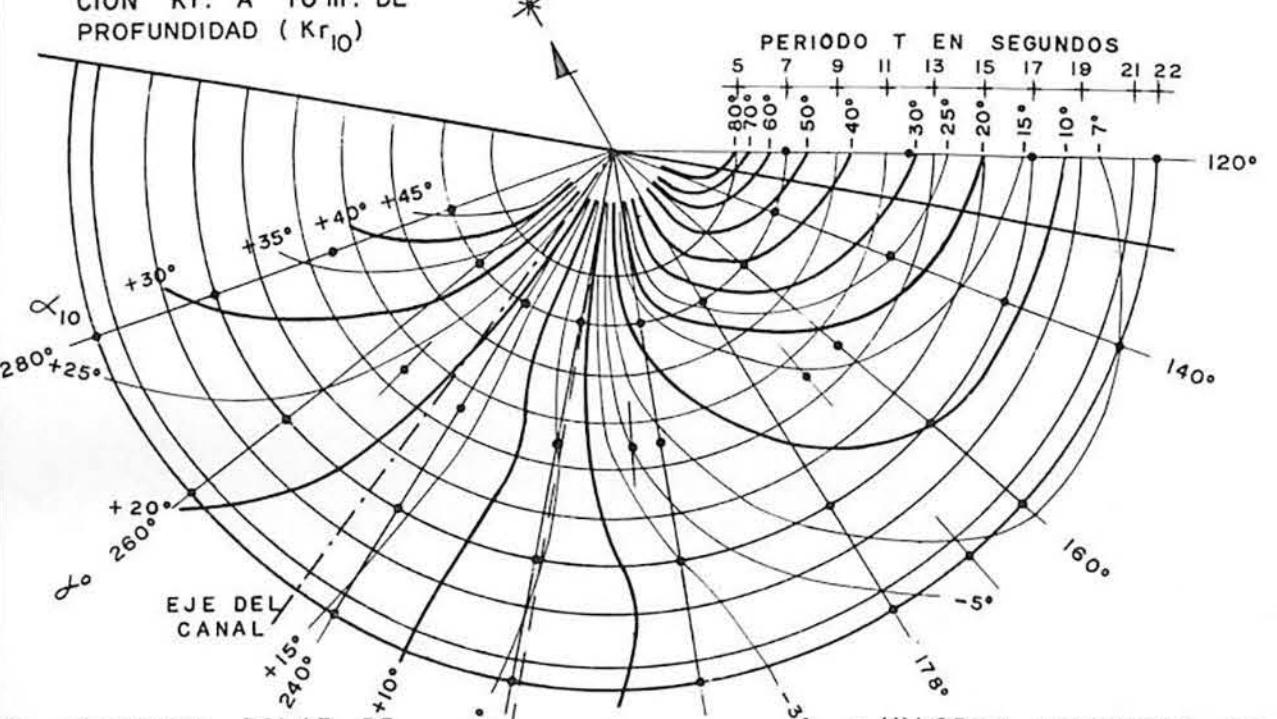
DIRECCION: AZIMUT * = 176°

PERIODO: T = 17 SEGS.

LONGITUD DE LA OLA: L* = 450 m.

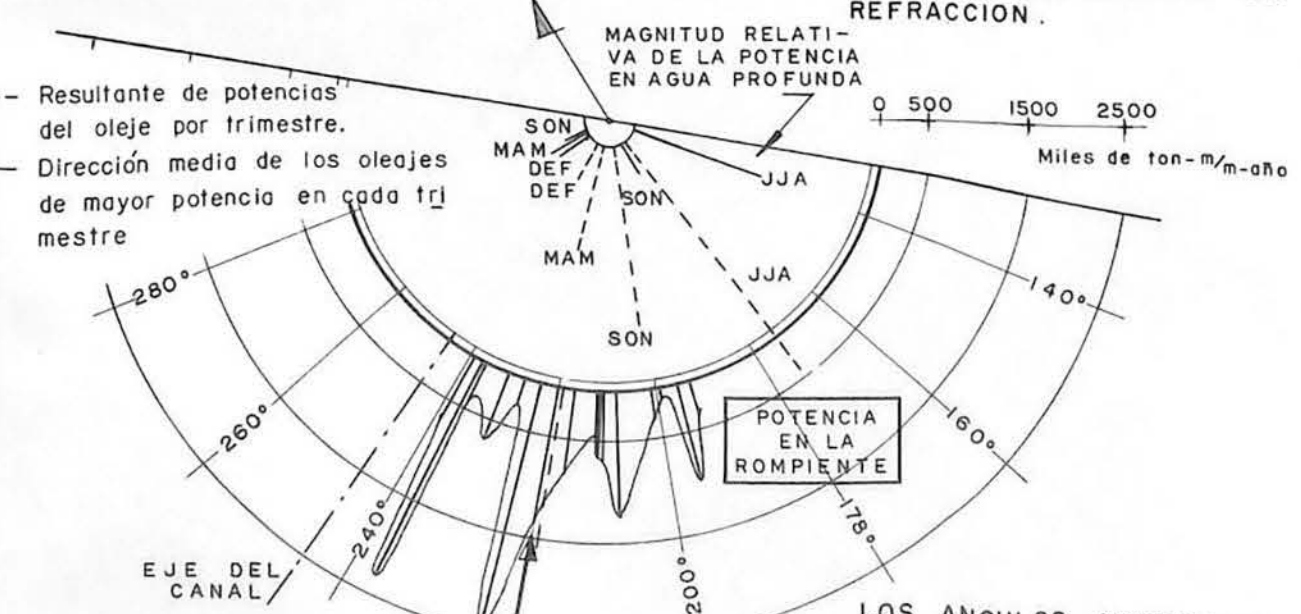


b.- DIAGRAMA POLAR DE VALORES DEL COEFICIENTE DE REFRACCION K_r . A 10 m. DE PROFUNDIDAD (K_{r10})



c.- DIAGRAMA POLAR DE VALORES DEL ANGULO DE LLEGADA DEL OLEAJE A 10 m. DE PROFUNDIDAD (α_{10})

• VALORES OBTENIDOS DE LOS 38 DIAGRAMAS DE REFRACCION CONSTRUIDOS PARA EL ESTUDIO DE LOS ANGULOS Y COEFICIENTES DE REFRACCION.

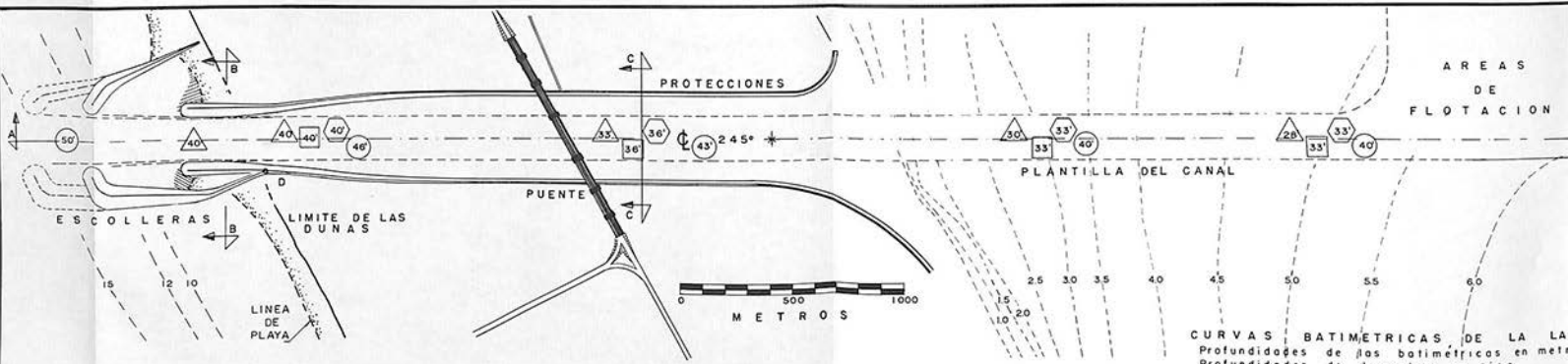


d.- ROSA DE POTENCIAS DE LOS OLEAJES

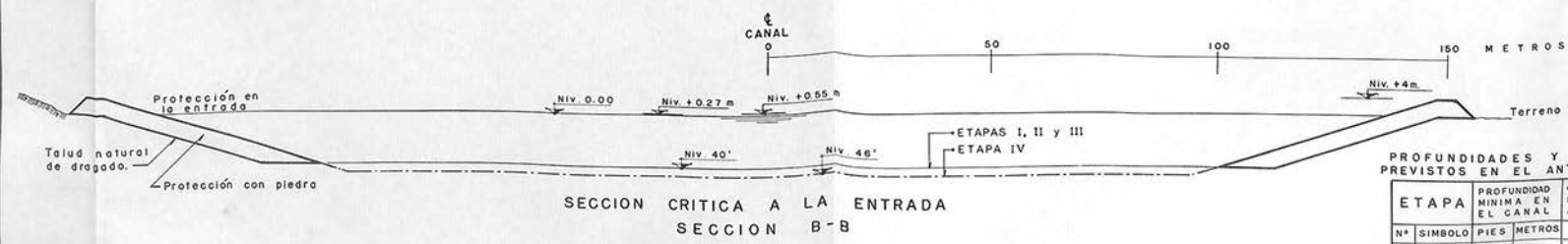
DIRECCION DE LA RESULTANTE ANUAL GENERAL DE POTENCIAS EN LA ROMPIENTE

LOS ANGULOS MOSTRADOS EN CADA COMPONENTE, CORRESPONDEN A LA DIRECCION RESULTANTE DE CADA SECTOR ESTUDIADO.

DIAGRAMAS POLARES PARA LA ZONA FRENTE AL BANCO DE REFERENCIA "D".

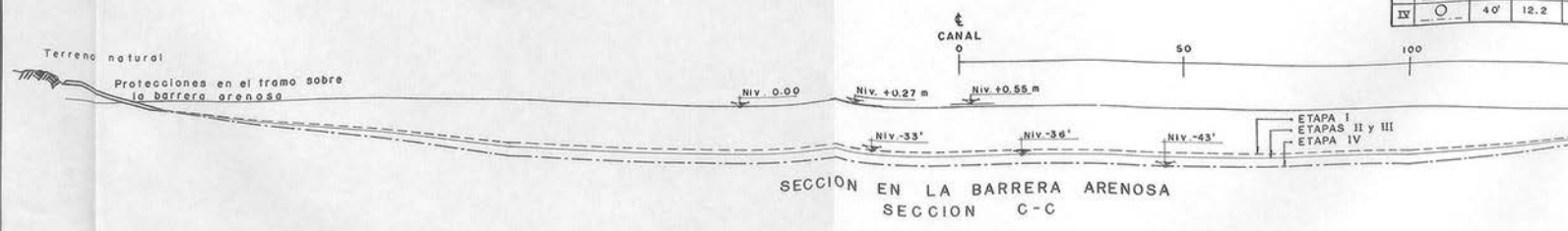


CURVAS BATIMETRICAS DE LA LAGUNA
 Profundidades de las batimétricas en metros
 Profundidades de dragados en pies.
 0.00 es el nivel medio de mareas bajas extremas del mar (m).
 +0.27 es el nivel medio del mar (m).
 +0.55 es el nivel medio de mareas altas extremas del mar (m).
 5000 6000

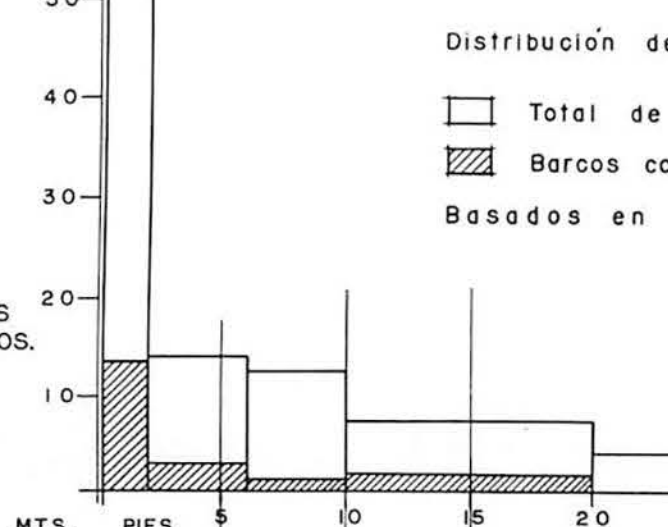
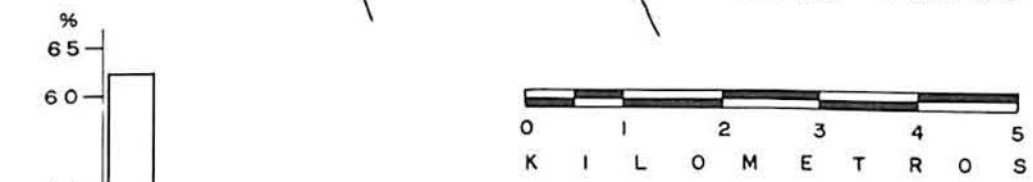
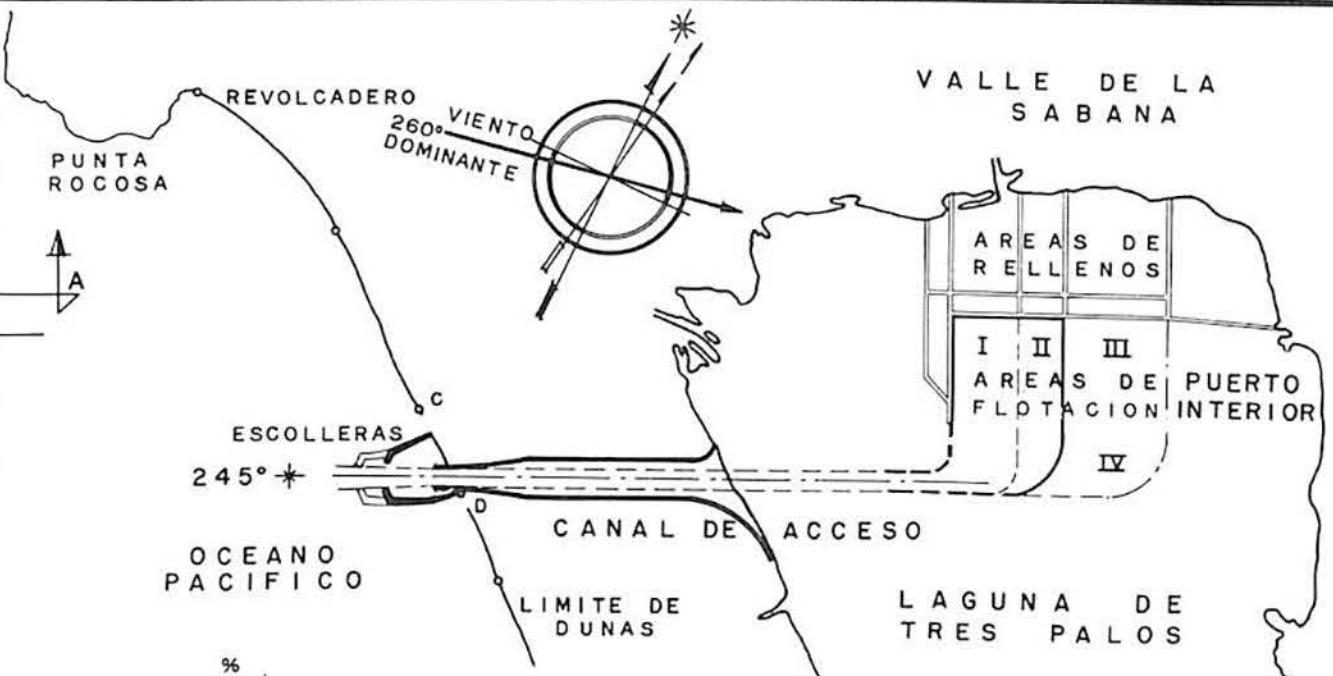


PROFUNDIDADES Y PREVISTOS EN EL ANTO

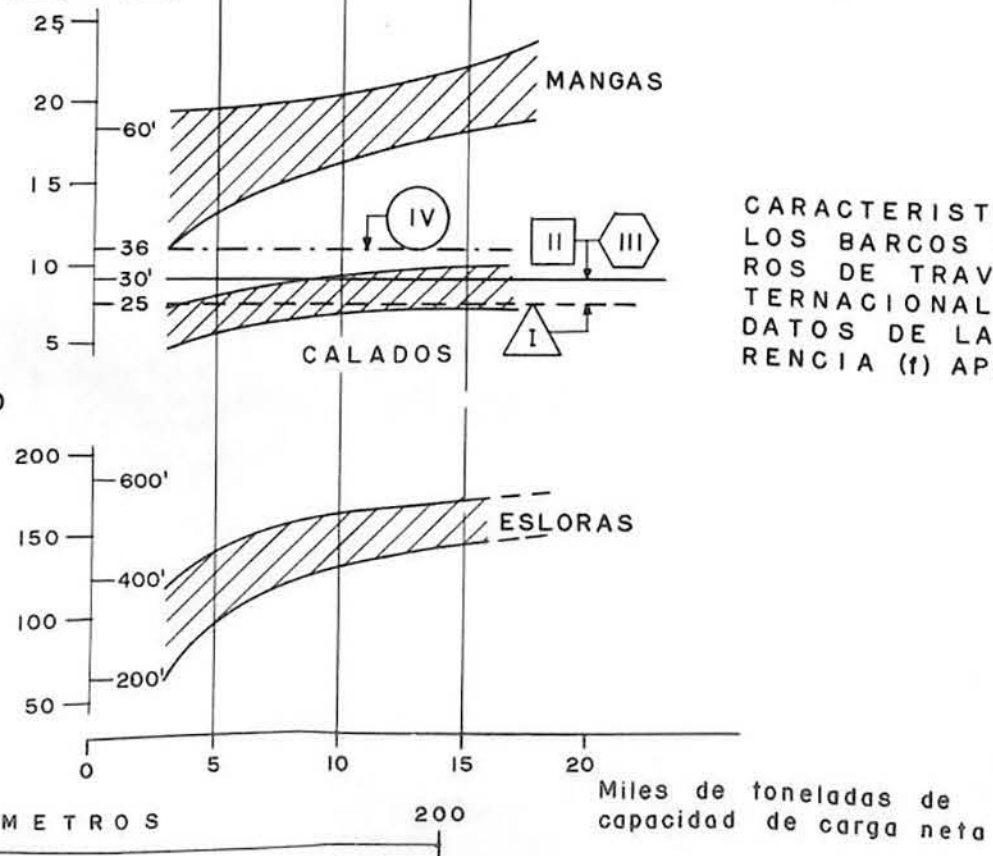
ETAPA	PROFUNDIDAD MINIMA EN EL CANAL	PIES	METROS	C.M.A.
I	2'8"	8.5		
II	3'3"	10.0		
III	3'3"	10.0		
IV	4'0"	12.2		



CONFIGURACIONES TEORICAS DE LAS SECCIONES DEL CANAL DE ACCESO



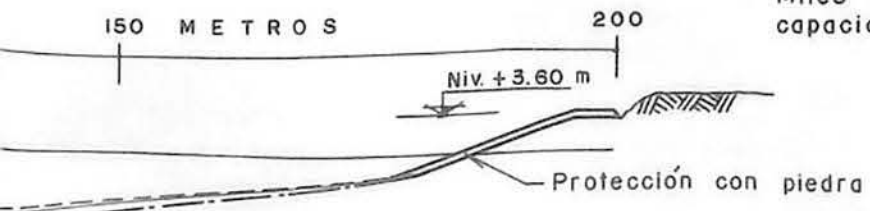
CARACTERISTICAS DE LOS BARCOS CARGUEROS DE TRAVESIA INTERNACIONAL SEGUN DATOS DE LA REFERENCIA (f) APENDICE A

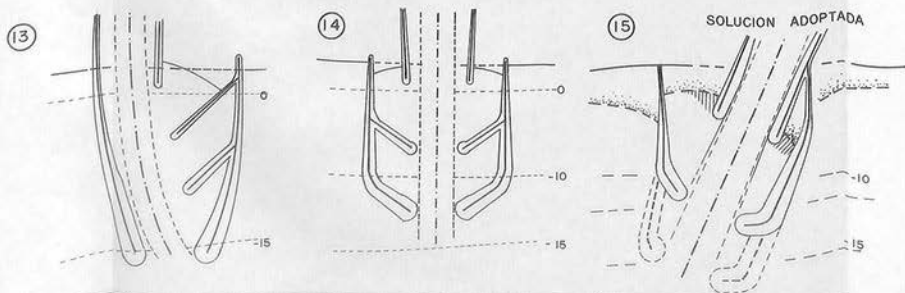
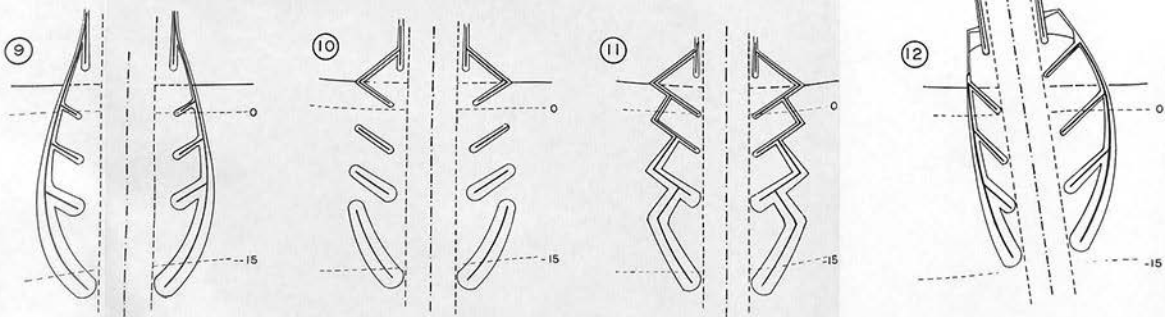
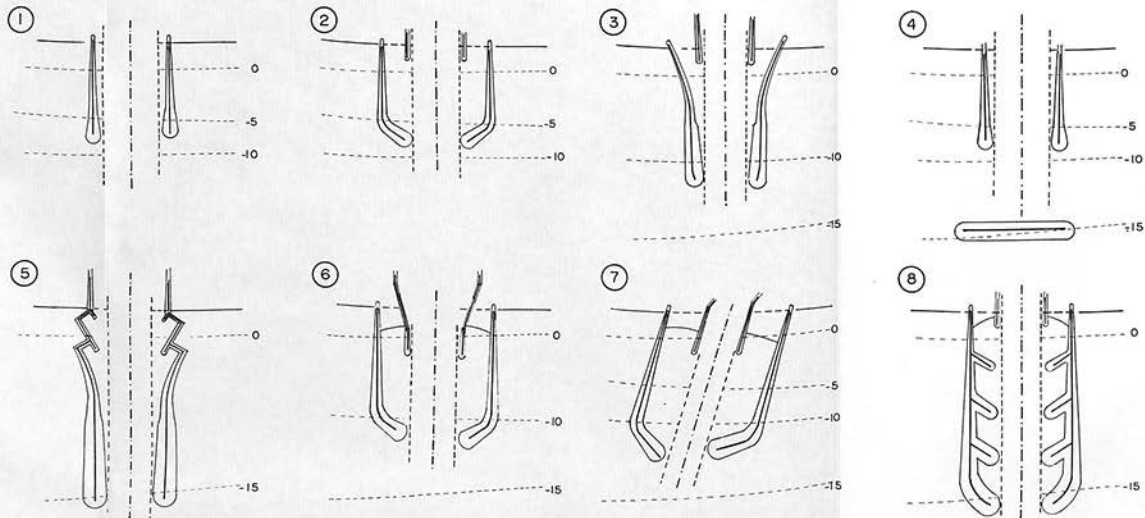


DEPOSITOS ARCILLOSOS.
 ARENAS.

CALADOS DE PROYECTO

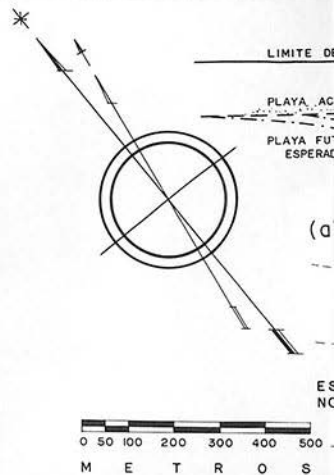
CALADO MAXIMO ADMISIBLE
PIES
25'
30'
30'
36'



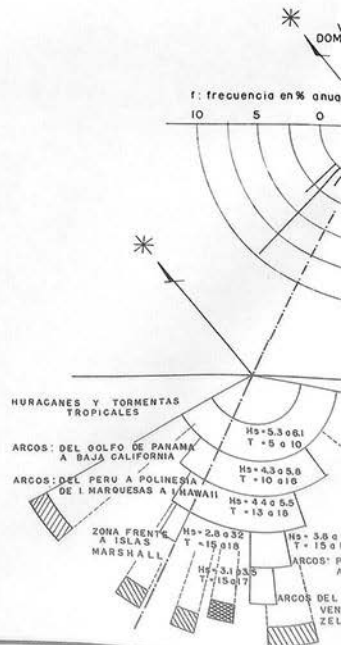


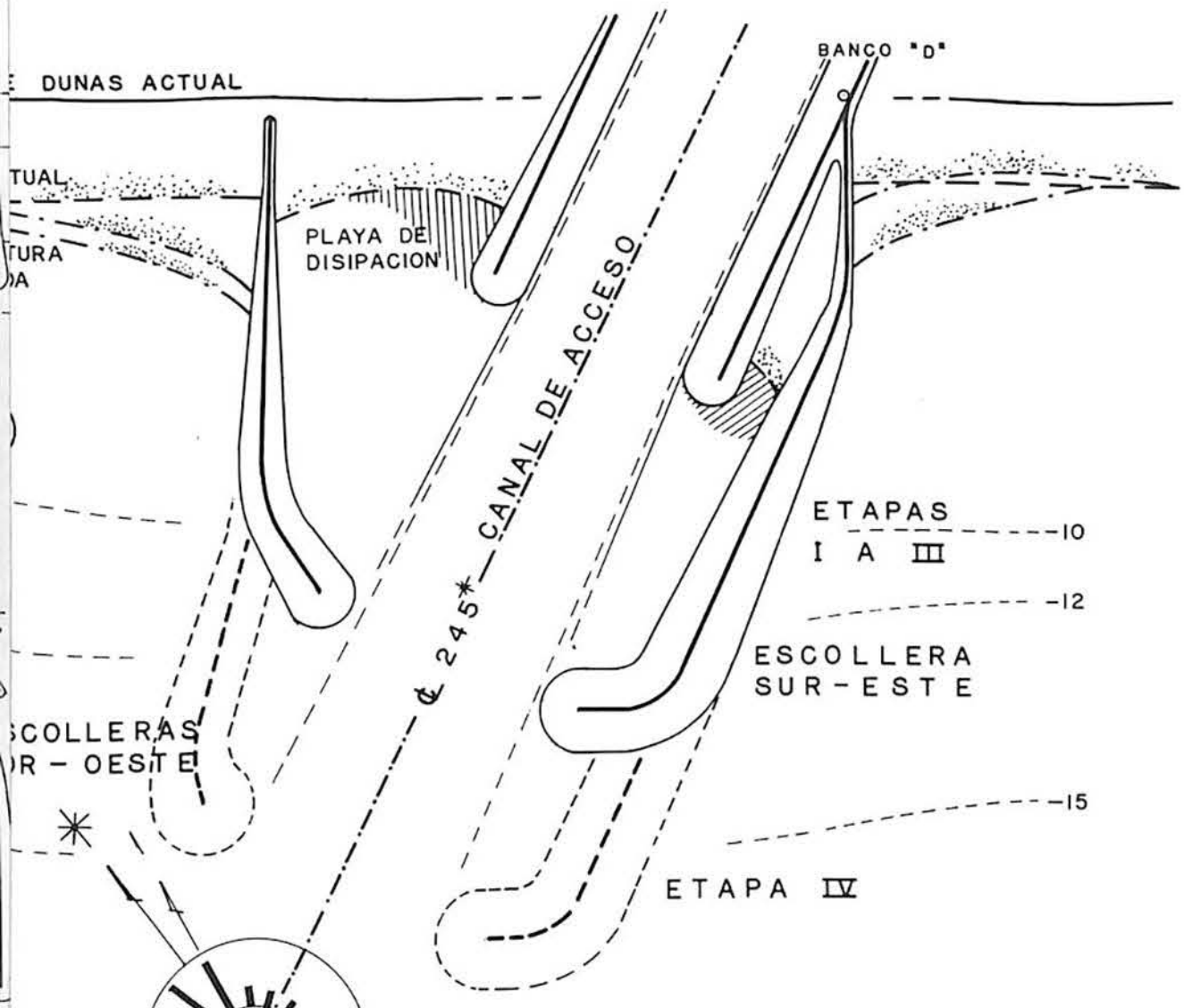
0 100 200 400 600 800 1000
M E T R O S

— Límite actual de las dunas
- - - Líneas batimétricas
- - - Límite del canal
Profundidades de las batimétricas en metros
El nivel 0.00 corresponde al nivel medio de mareas bajas extremas diarias (MLLW)



CLIMA DE VIENTO Y DE OLEAJE EN LA ENTRADA

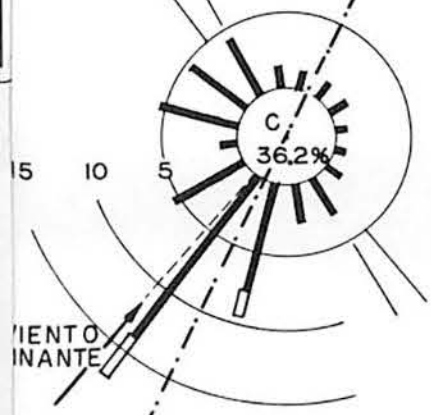




(b)

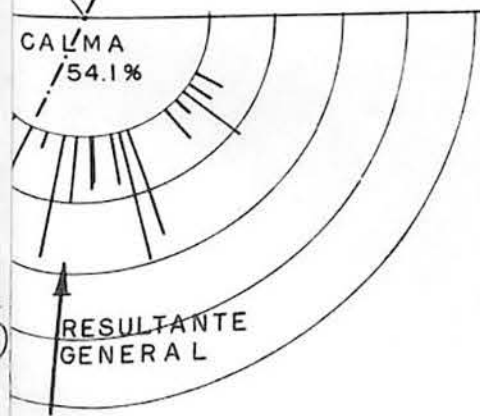
ROSA DE VIENTOS LOCALES

- C Calma 0-4 Nudos.
- ▬ 4-13 Nudos
- 14-23 Nudos



(c)

FRECUENCIA DEL OLEAJE GENERAL



(d)

CARACTERISTICAS DE LOS OLEAJES EXTRAORDINARIOS

- Sectores donde no se reportan oleajes con alturas iguales ó mayores que los extraordinarios en agua profunda.
- Sector donde se presenta el oleaje de mayor altura frente a la entrada. Según datos de observaciones reportados por Marine Advisers, Inc. Apéndice A, Ref. (a).

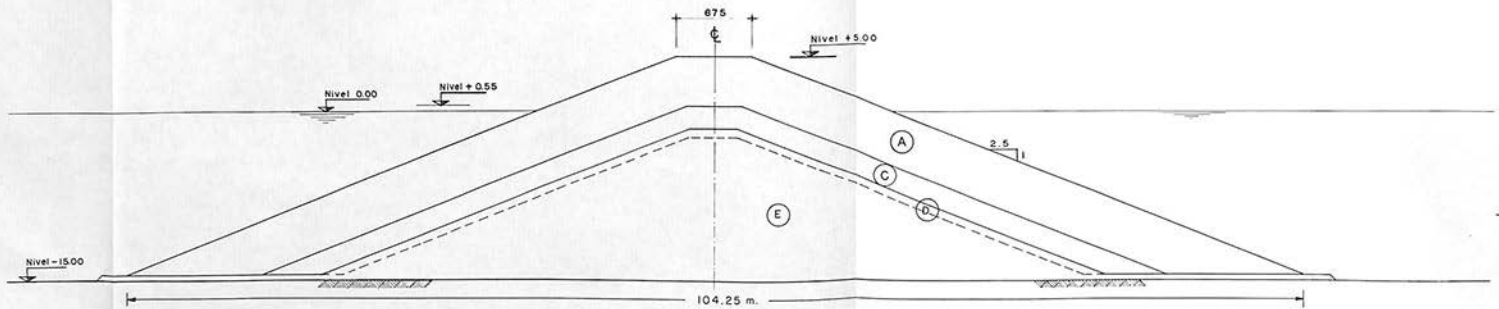
CIFICO ANTARTICO
NUEVA ZELANDA

AR DE ROSS A
ANA DE NUEVA
NDA

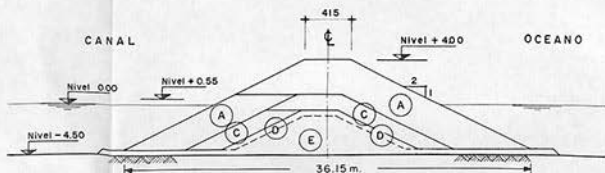
Hs= Altura de la ola significativa (metros)
T = Periodo (segundos)

ESCOLLERAS
FORMA Y ORIENTACION

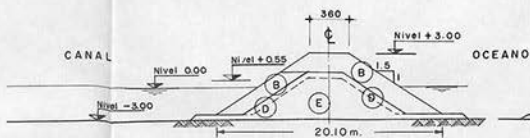
LAMINA
17-B



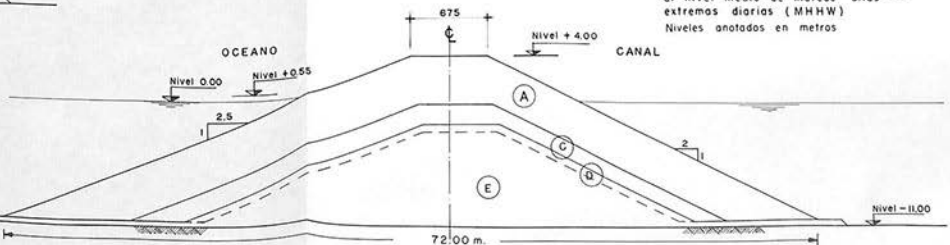
ESCOLLERA SUR-ESTE MORRO. SECCION A-A



ESCOLLERA SUR-ESTE. SECCION C-C



ESCOLLERA SUR-ESTE. SECCION D-D



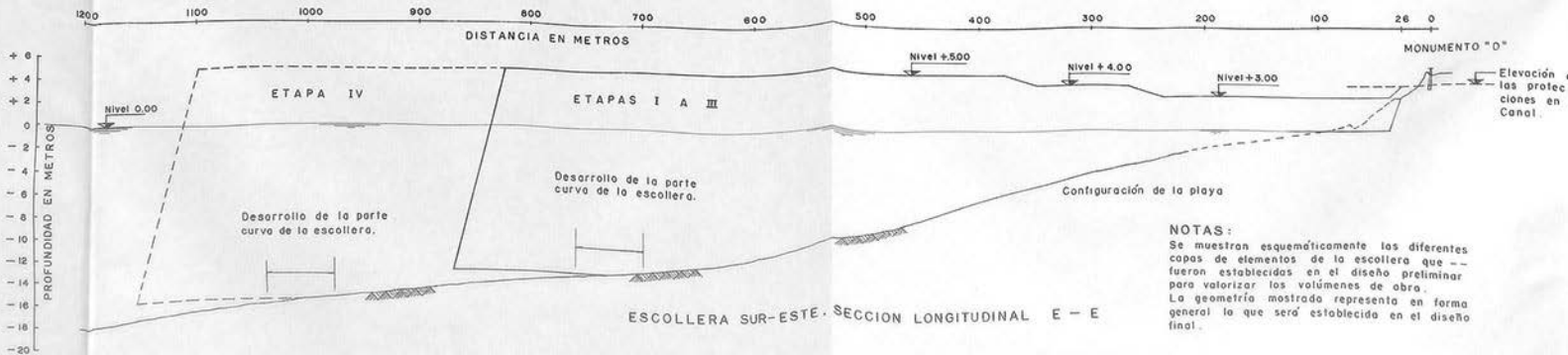
ESCOLLERA NOR-OESTE. SECCION B-B



M E T R O S
ESCALA GRAFICA NATURAL EN
LAS SECCIONES TRANSVERSALES

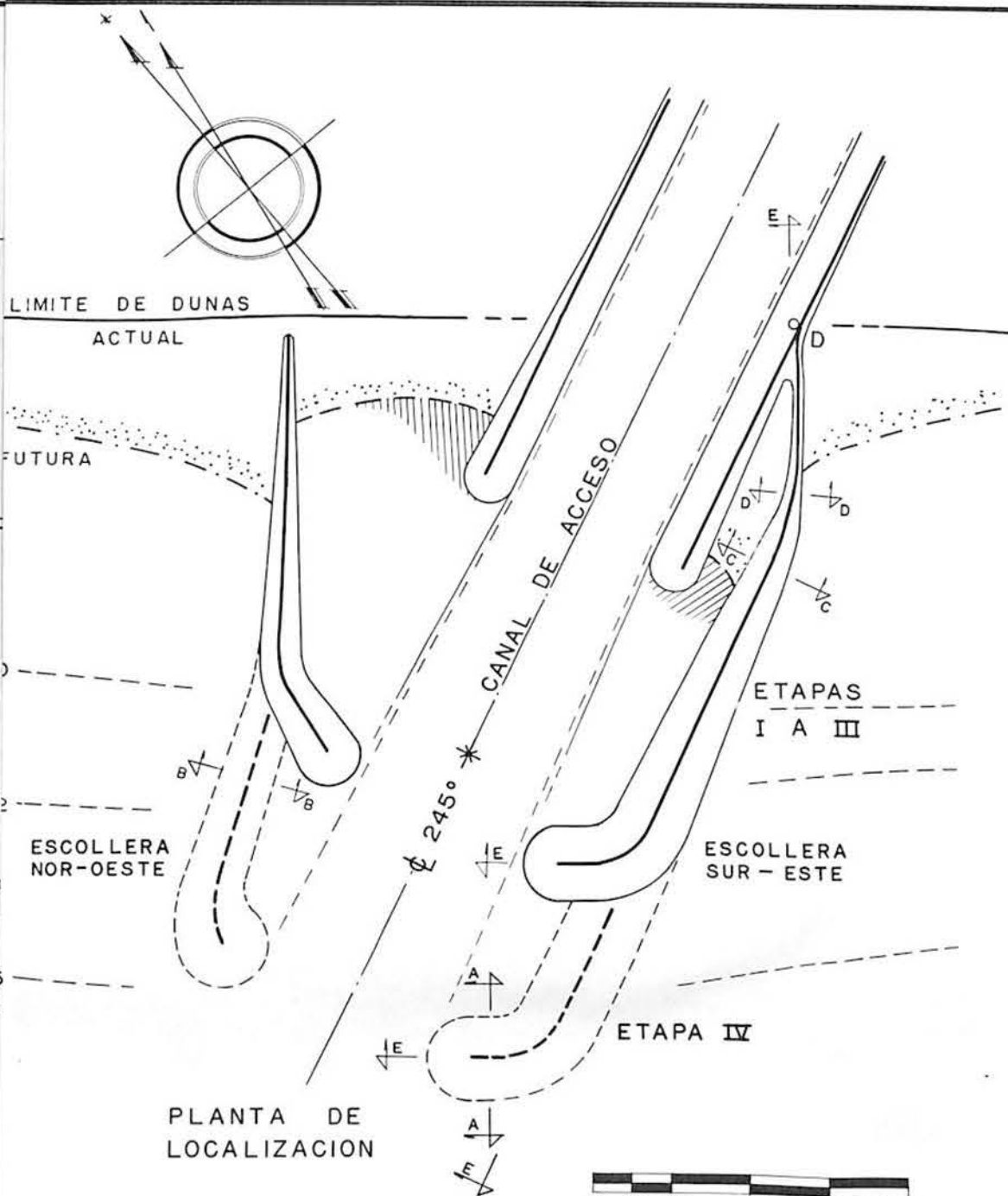
El nivel 0.00 corresponde al nivel medio de mareas bajas extremas diarias (MLLW) y el nivel +0.55m. al nivel medio de mareas altas -- extremas diarias (MHHW) Niveles anotados en metros

- A. - Corozos con elementos de concreto
- B. - Corozos de piedra. Tamaño grande y mediano.
- C. - Subcorozos de piedra. Tamaño grande y mediano.
- D. - Protecciones del núcleo. Piedra chica.
- E. - Núcleo y plantillas. Piedra chica y finas.

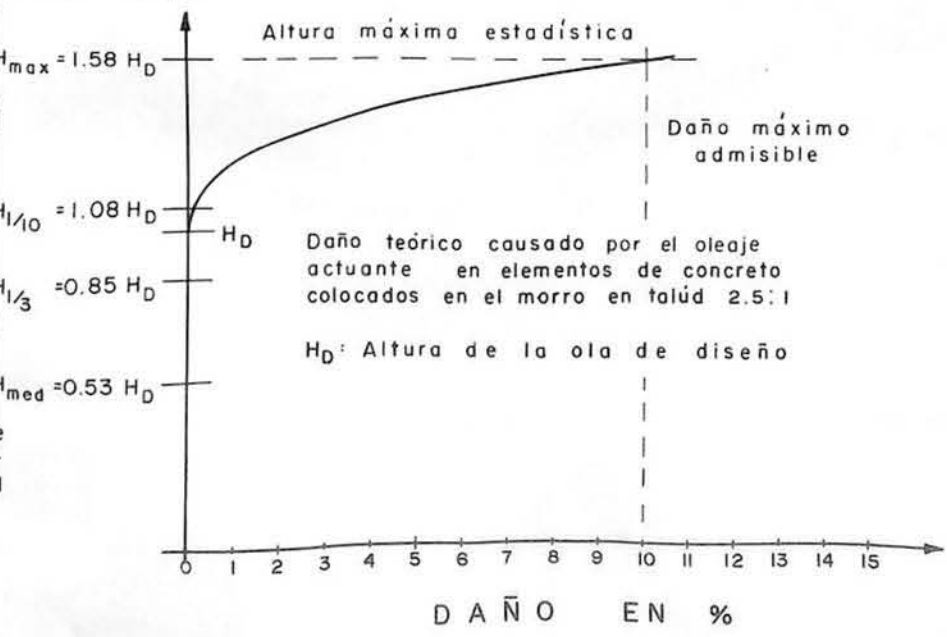
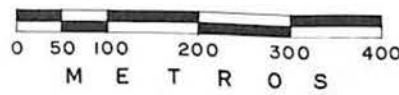


ESCOLLERA SUR-ESTE. SECCION LONGITUDINAL E - E

NOTAS:
Se muestran esquemáticamente los diferentes copos de elementos de la escollera que -- fueron establecidas en el diseño preliminar para valorizar los volúmenes de obra. La geometría mostrada representa en forma general lo que será establecida en el diseño final.

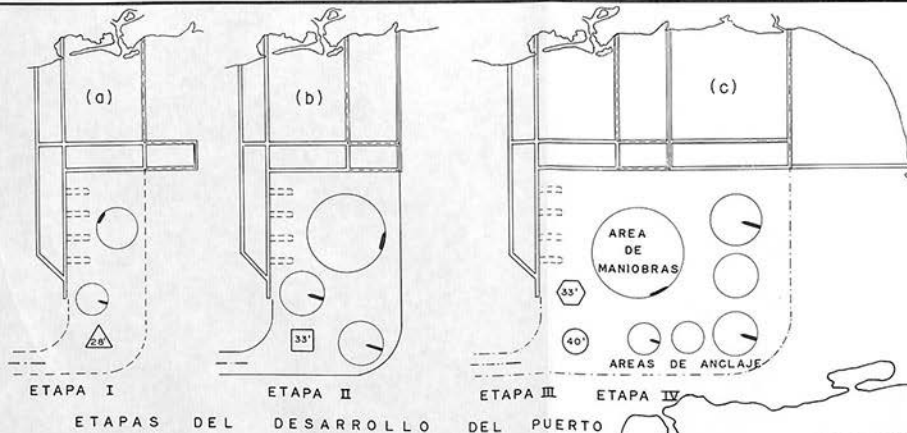


Curvas representativas del oleaje

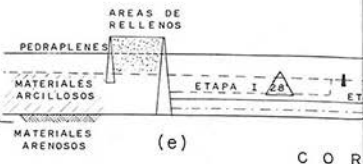
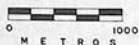


A ACAPULCO

Se indican esquemáticamente los muelles y áreas de instalaciones portuarias. Serán motivo de estudio posterior de acuerdo con las necesidades particulares de las dependencias y organizaciones que harán uso del puerto



ETAPAS DEL DESARROLLO DEL PUERTO



ETAPA I

RELLENOS

MUELLES FRONTALES

VIENTO DOMINANTE

PEDRAPLENES

(d)

FRACCIONAMIENTO COPACABANA

PUENTE

CANAL DE ACCESO

LIMITE DE LAS DUNAS

LINEA DE PLAYA

AL AEROPUERTO

A PINOTEPA NACIONAL, OAX

CURVAS BATIMETRICAS DEL MAR

-10

-12

-15

ETAPA IV ETAPAS I A III
ESCOLLERAS

CURVAS BATIMETRICAS DE LA LAGUNA

2.0

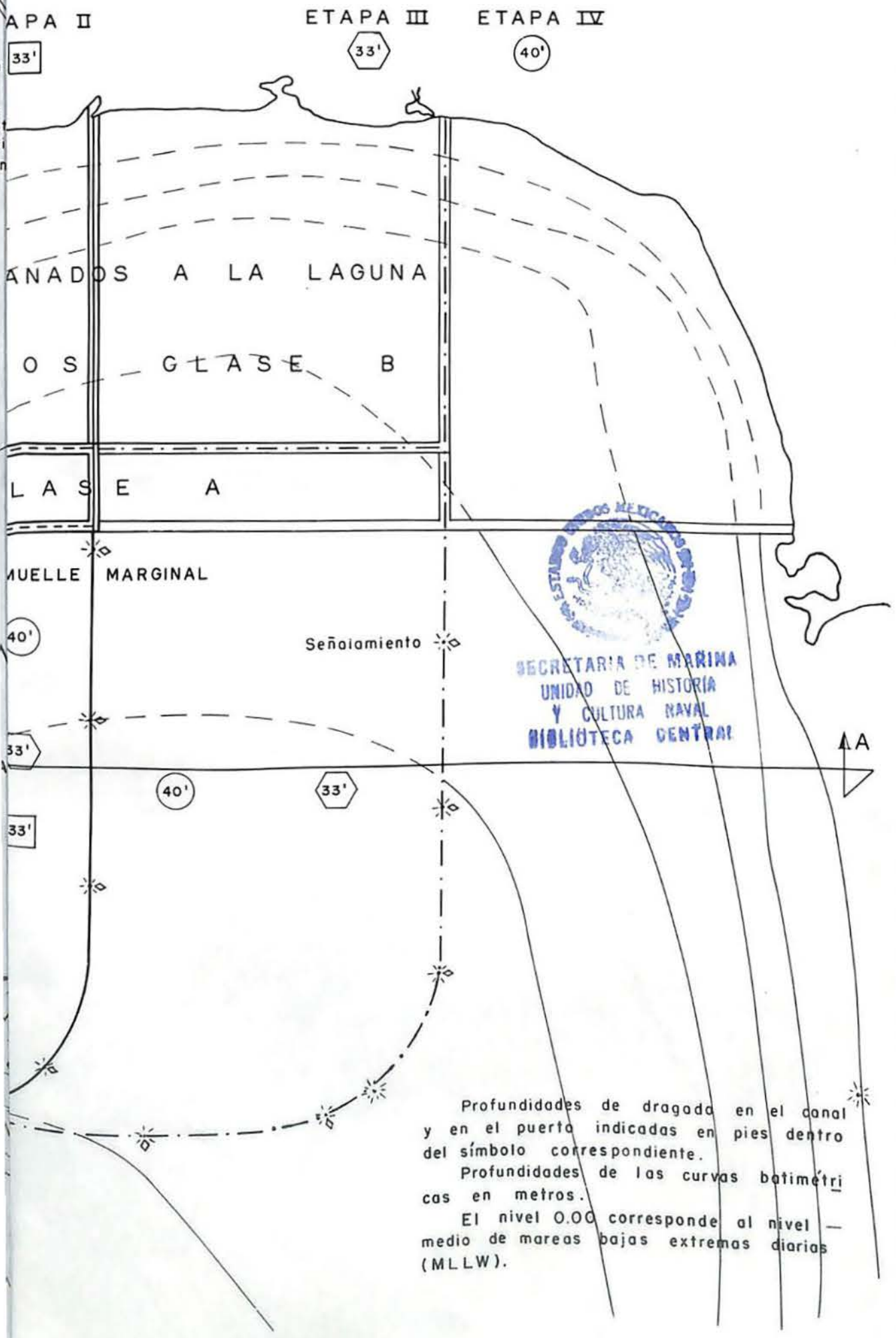
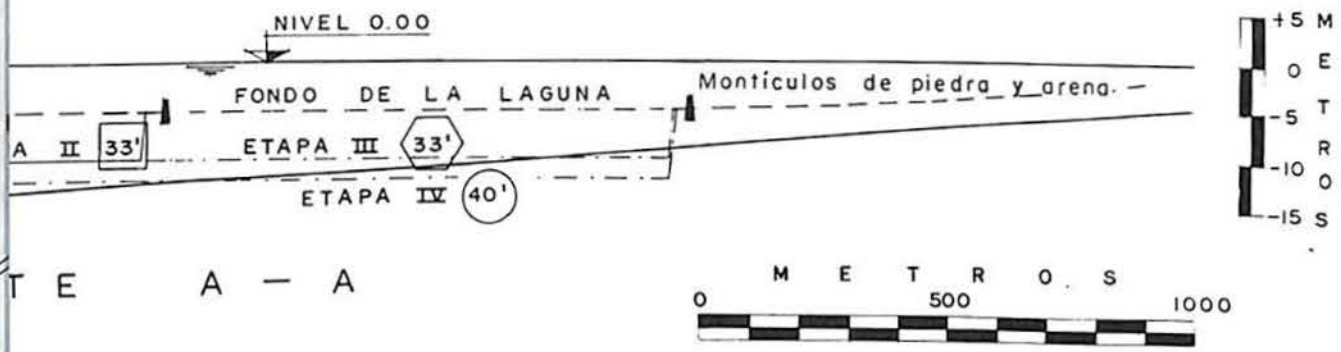
1.0

3.0

4.0

5.0

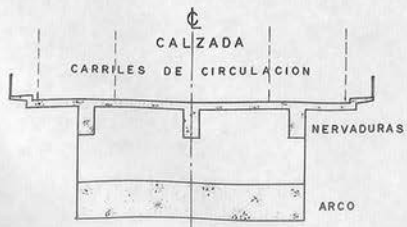
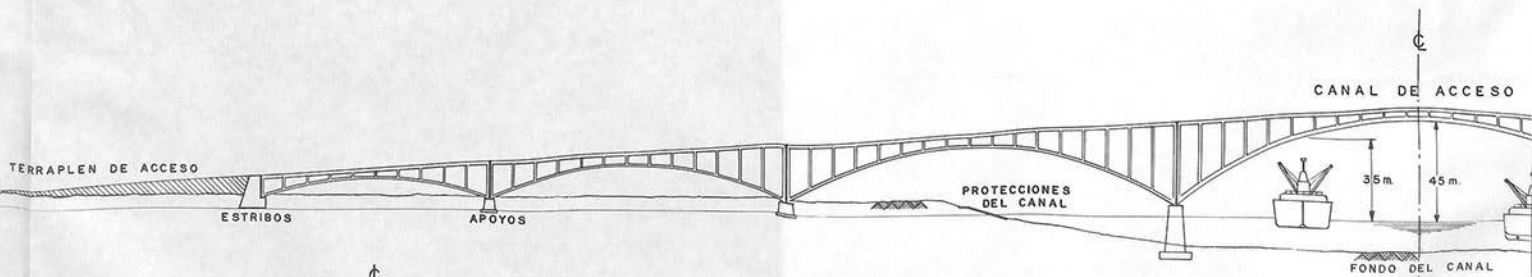
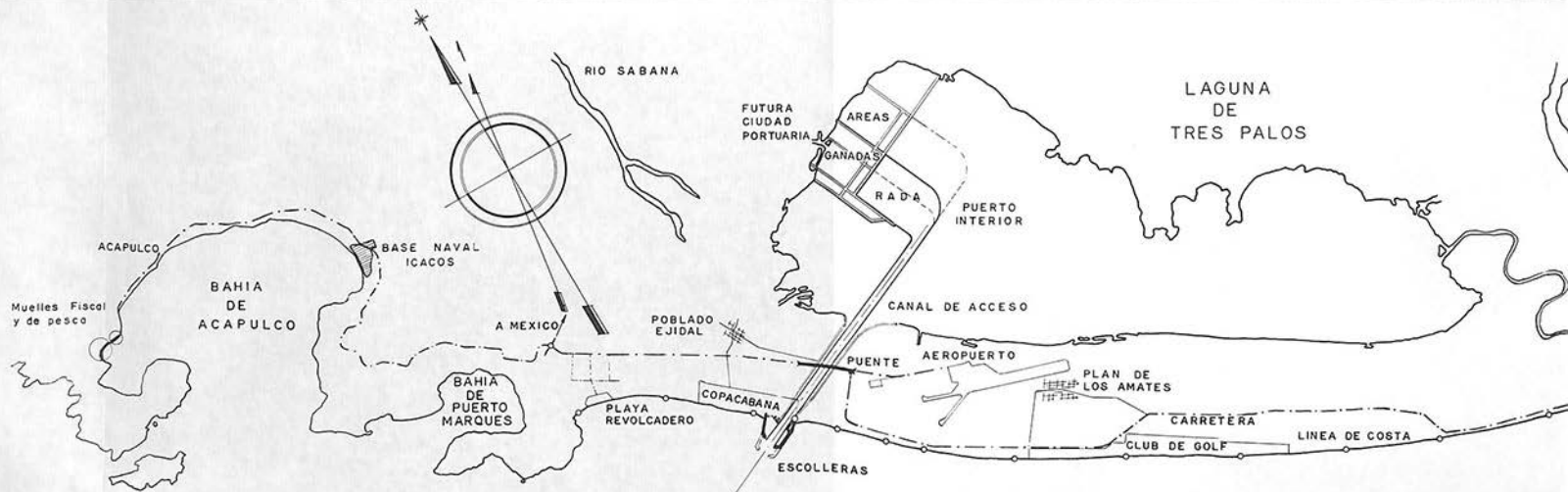
6.0



Profundidades de dragado en el canal y en el puerto indicadas en pies dentro del símbolo correspondiente.
 Profundidades de las curvas batimétricas en metros.
 El nivel 0.00 corresponde al nivel medio de mareas bajas extremas diarias (MLLW).

PUERTO INTERIOR
 ETAPAS Y DIMENSIONES GENERALES

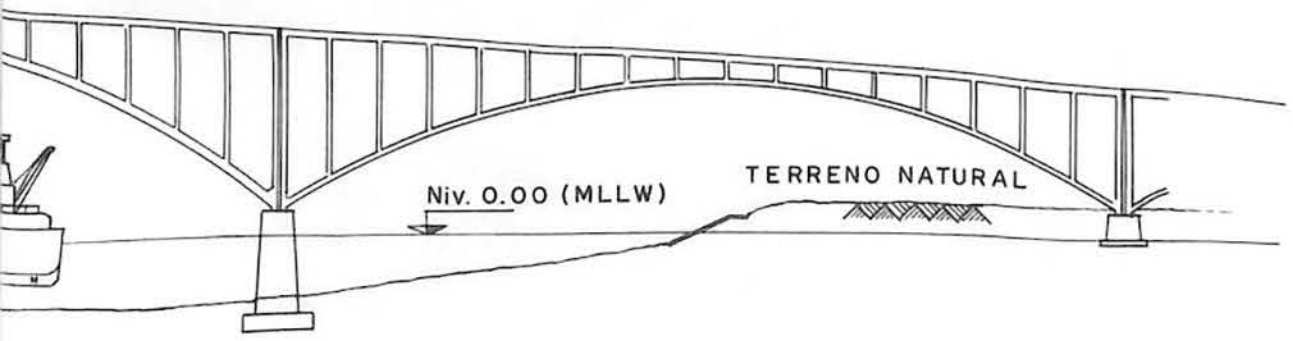
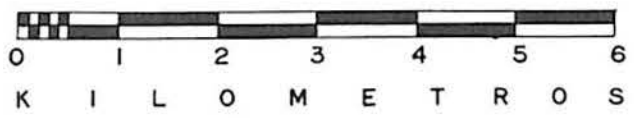
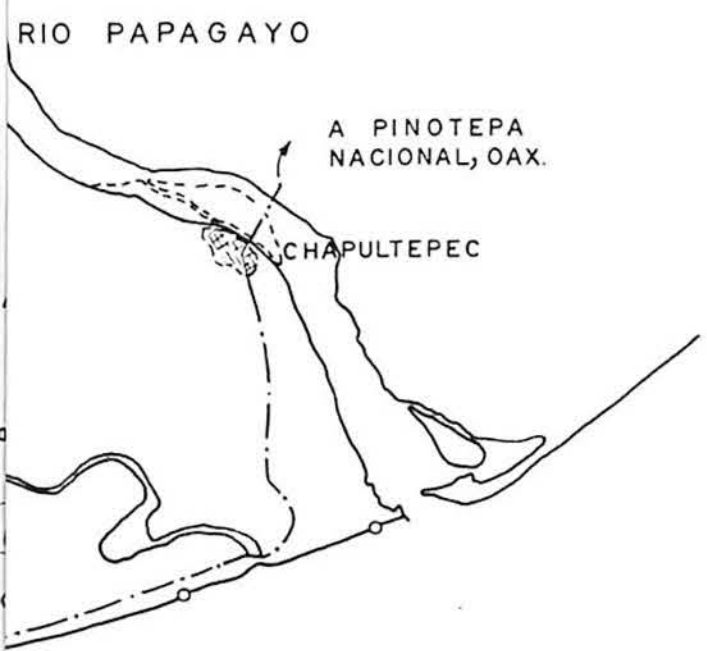
SECRETARÍA DE MARINA
 PERLASA - Ingeniería de Costas - PROYECTO TPA



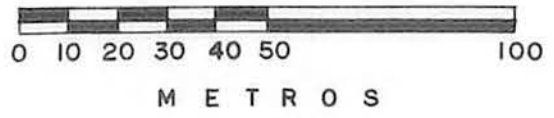
SECCION TRANSVERSAL TIPICA



0 1 2 3 4 5
METROS

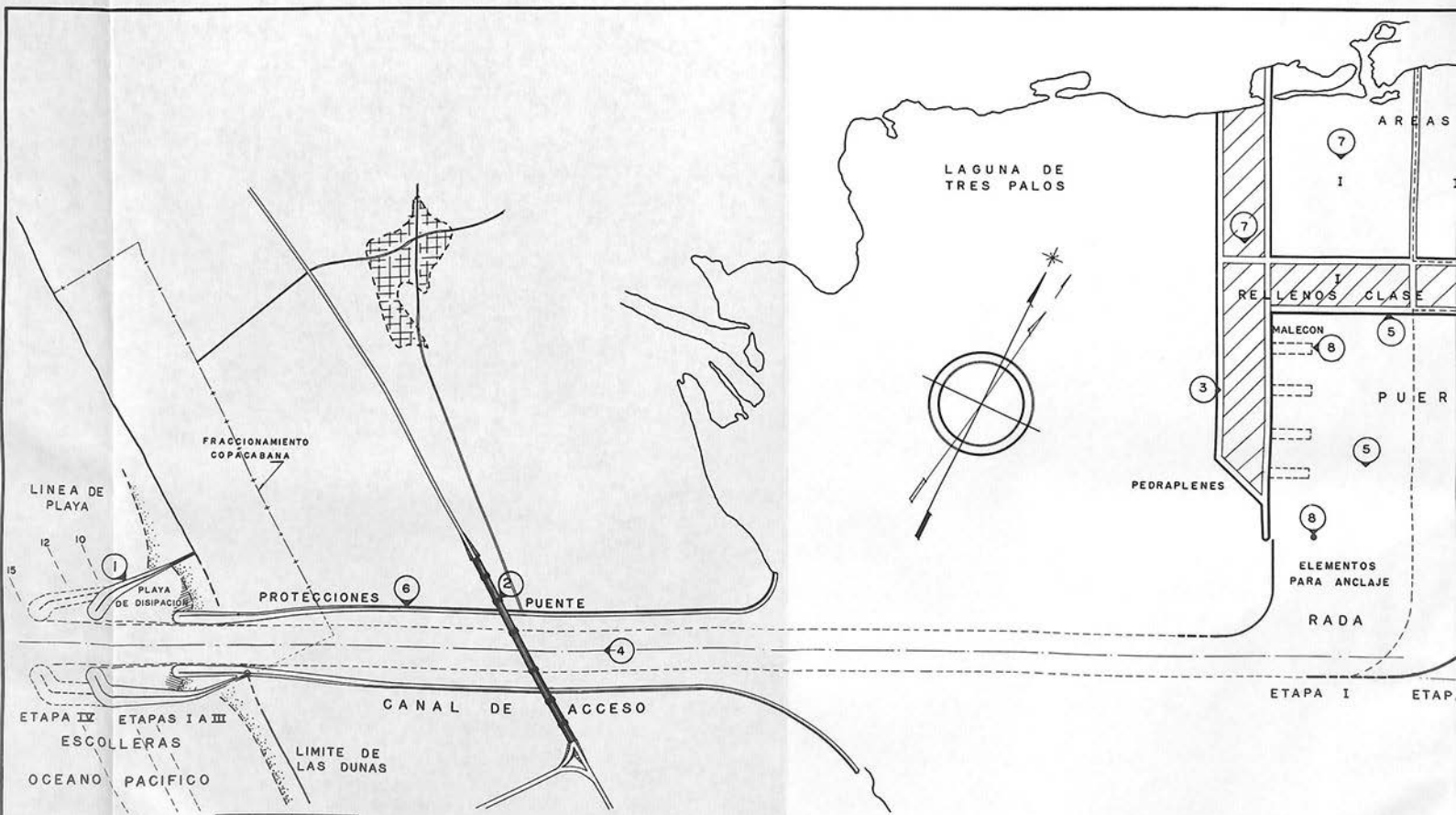


EL PUENTE



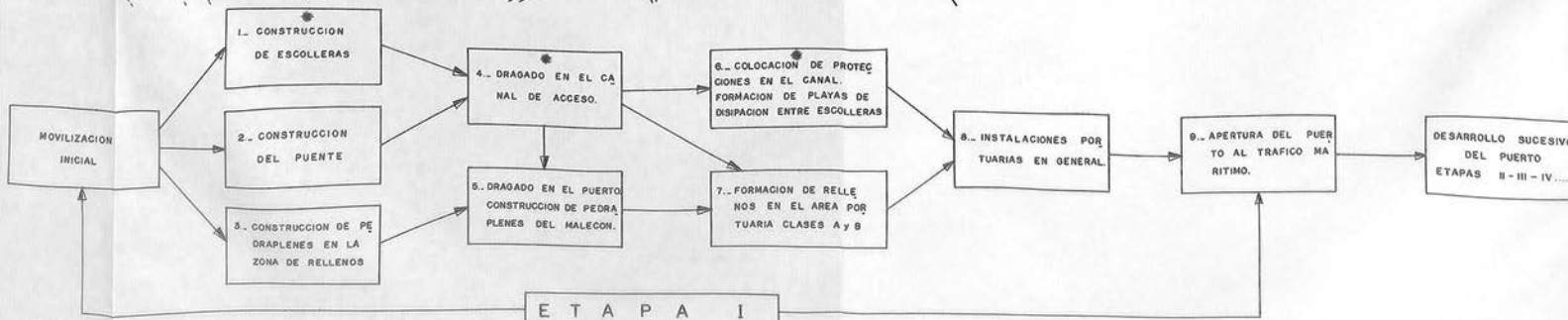
PUENTE PARA CRUCE DEL CANAL DE ACCESO

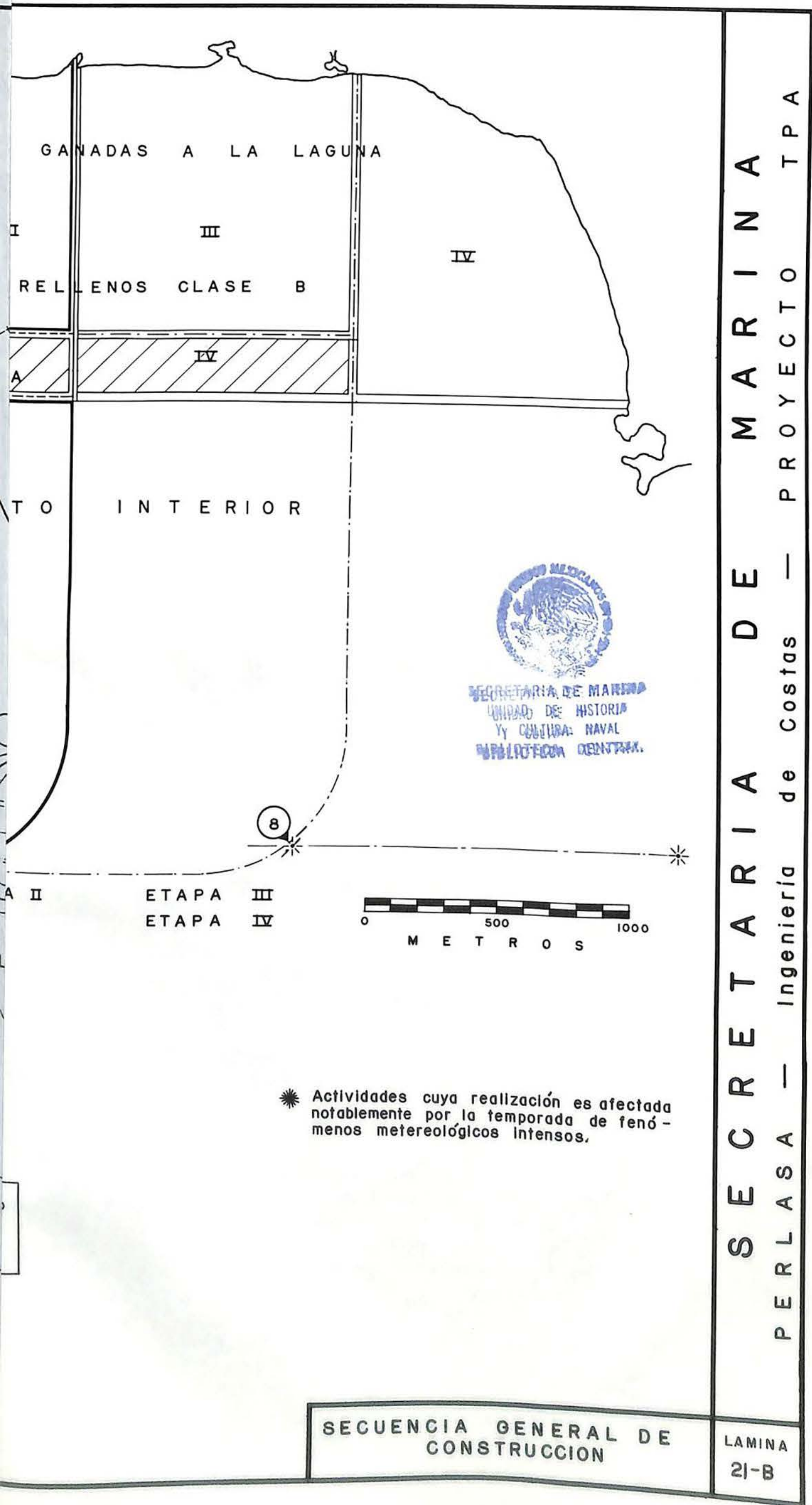
LAMINA 20-B



ETAPA IV
ETAPAS I-III
ESCOLLERAS
OCEANO PACIFICO

LIMITE DE LAS DUNAS





SECRETARIA DE INGENIERIA DE COSTAS — PROYECTO TPA


 SECRETARIA DE MARINA
 UNIDAD DE HISTORIA
 Y CULTURA NAVAL
 BIBLIOTECA CENTRAL

ETAPA III
 ETAPA IV

0 500 1000
 M E T R O S

* Actividades cuya realización es afectada notablemente por la temporada de fenómenos meteorológicos intensos.

SECUENCIA GENERAL DE CONSTRUCCION	LAMINA 21-B
-----------------------------------	----------------

**PRINCIPALES CANTIDADES DE MATERIALES Y TRABAJOS NECESARIOS CONTENIDOS EN EL ANTEPROYECTO PARA
PUERTO DE ALTURA EN LA LAGUNA DE TRES PALOS , ACAPULCO , GUERRERO .**

CONCEPTOS :			ETAPA I		ETAPA II		ETAPA III		ETAPA IV	
Area de flotación.			1 230 000 m ²		2 000 000 m ²		3 890 000 m ²		3 890 000 m ²	
Area de rellenos.			1 320 000 m ²		1 660 000 m ²		2 600 000 m ²		3 900 000 m ²	
Profundidad en la entrada.			40 pies		40 pies		40 pies		50 pies	
Profundidad en el Puerto.			28 pies		33 pies		33 pies		40 pies	
Calado máximo de barcos usuarios.			25 pies		30 pies		30 pies		36 pies	
	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
ESCOLLERAS										
Elementos de concreto	m ³	\$ 850.00	113 000	96.1	113 000	96.1	113 000	96.1	240 000	201.6
Piedra	ton	90.00	467 000	42.0	467 000	42.0	467 000	42.0	1 090 000	98.1
Sub- Total	Millones de pesos			138.1		138.1		138.1		
PROTECCIONES EN EL CANAL										
Piedra	ton	90.00	200 000	18.0	270 000	24.3	270 000	24.3	270 000	24.3
PROTECCIONES EN EL PUERTO										
Piedra	ton	70.00	1 940 000	135.8	2 050 000	143.5	2 320 000	162.4	2 980 000	210.6
DRAGADOS Y EXCAVACIONES										
Excavación en el canal.	m ³	11.00	4 200 000	46.2	4 200 000	46.2	4 200 000	46.2	4 200 000	46.2
Dragado en el canal.	m ³	9.00	12 700 000	114.3	13 800 000	124.2	13 800 000	124.2	16 900 000	151.8
Dragado en el puerto.	m ³	13.00	5 300 000	68.9	10 800 000	140.4	19 700 000	256.1	28 000 000	365.0
Sub - Total	Millones de pesos			229.4		310.8		426.5		
ESTRUCTURA ANEXA										
Puente para cruce del canal con la carretera Acapulco-Aeropuerto - Pinotepa Nacional	Unidad			50.0		50.0		50.0		
COSTO TOTAL	Millones de pesos			571.3		666.7		801.3		
RECUPERACION EN TERRENOS										
			CANTIDAD	VALOR *	CANTIDAD	VALOR *	CANTIDAD	VALOR *	CANTIDAD	VALOR *
En la laguna.	m ²		1 320 000	111.6	1 660 000	120.1	2 600 000	134.2	3 900 000	315.9
En Icacos al Nor-este de la cost.	m ²		62 000	17.1	62 000	17.1	62 000	17.1	62 000	17.1
En Icacos al Sur-oeste de la costera	m ²		189 000	225.5	189 000	225.5	189 000	225.5	189 000	225.5
En la zona del muelle fiscal.	m ²		13 000	39.0	13 000	39.0	13 000	39.0	13 000	39.0
VALOR TOTAL RECUPERABLE DE LOS TERRENOS	Millones de pesos			393.2		401.7		415.8		
COSTO NETO	Millones de pesos			178.1		265.0		385.5		

UN
IV
0 m2
0 m2
ies
ies
ies
Costo
204.0
98.1
302.1
24.3
208.6
46.2
152.1
364.0
562.3
50.0
1147.3
VALOR
*
180.8
17.1
225.5
39.0
462.4
684.9

N O T A S :

1.- En la tabla adjunta se muestran las cantidades de materiales y trabajos necesarios para la construcción del Puerto de altura en la laguna de Tres Palos en Acapulco, Gro. las etapas I, II, III y IV (lámina 19-B) indican la forma progresiva en que está planeada la construcción del Puerto, desde su mínimo requerimiento (etapa I) hasta lo que pudiera llamarse dimensión óptima pero no limitativa (etapa IV), las profundidades de dragado en las diferentes zonas desde la entrada hasta el Puerto se indican para cada etapa. Al estudiarse éstas etapas en forma progresiva queda implícito que todos los trabajos que se realicen en una de ellas, serán útiles en las siguientes, de modo que las inversiones hechas en las primeras mantienen su productividad en las sucesivas.

2.- Las estimaciones de cantidades mostradas en la tabla se han efectuado sobre la base de adoptar en principio, la solución necesaria en lo que respecta a escolleras de protección de entrada y canal de acceso, desde los dos puntos de vista implicados en este proyecto: de navegación, para satisfacer las condiciones indispensables de protección al tráfico marítimo y, técnico, para satisfacer los requisitos que deben cumplirse para resistir las fuerzas del mar y obtener un funcionamiento hidráulico adecuado del canal de entrada a la laguna.

3.- No se muestran en la presente tabla las cantidades relativas a muelles, debido a que este concepto debe ser motivo de especial estudio, de acuerdo con las necesidades particulares de las dependencias y organizaciones que harán uso del Puerto que se proyecta, a saber: Petroleos Mexicanos, Secretaria de Marina Nacional, Marina Mercante, Embarcaciones Pesqueras y de Cabotaje.

* Valores totales asignados de acuerdo con el avalúo efectuado por el Ing. R. Sánchez Juárez, en Octubre de 1969.
 Costos y valores en millones de pesos, redondeados a décimos de millón.