

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**Diseño Espigones y Defensa
Ribereña de la Costa Verde**

T E S I S

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Civil**

Julio Delgado Acosta

PROMOCION 90-I

LIMA - PERU

1 9 9 3

SUMARIO

La presente tesis titulada " DISEÑO DE ROMPEOLAS Y DEFENSA RIBEREÑA DE LA COSTA VERDE ", se trata de diseñar un espigón en la zona de Magdalena para aliviar el problema de erosionamiento, que son ocasionados por el oleaje.

La tesis consta de los siguientes capítulos:

PRIMER CAPITULO.- Se da una introducción de la historia de los espigones en la Costa Verde; también una evaluación del estado en que se encuentran los espigones, adicionando fotografías.

SEGUNDO CAPITULO.- Se ha hecho un estudio de los parámetros que influyen en el diseño del espigón en proyecto, dichos parámetros son fundamentales para el diseño en si.

TERCER CAPITULO.- Se trata del estudio de las zonas de arenamiento en la Costa Verde, por intermedio de fotografías aéreas.

CUARTO CAPITULO.- Comprende la elección de la ubicación del espigón en proyecto (zona de Magdalena).

QUINTO CAPITULO.- Es el diseño del espigón tomando en cuenta los parámetros antes mencionado.

SEXTO CAPITULO.- Comprende el diseño de la defensa ribereña en las zonas de erosionamiento.

SEPTIMO CAPITULO.- Es el análisis de costos y presupuestos del espigón en proyecto.

INDICE

<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAG.</u>
1.0. INTRODUCCION	1
1.1. EVALUACION DE LAS DEFENSAS CONTRA LA ACCION EROSIVA DEL MAR EN LA COSTA VERDE.	6
1.1.1. INTRODUCCION	
1.1.2. SITUACION ACTUAL	
1.1.2.1. EL PROBLEMA	8
1.1.2.2. DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL DEL TRAMO Y LAS OBRAS DE PROTECCION.	
1.1.3. LAMINAS	25
1.1.4. FOTOGRAFIAS	28
2.0. PARAMETROS DE DISEÑO.	
2.1. TOPOGRAFIA.	44
2.2. BATIMETRIA.	48
2.3. OLAS.	53
2.4. MAREAS.	59
2.5. VIENTOS.	68
2.6. CORRIENTES.	85
2.7. REFRACCION Y DIFRACCION DE OLAS.	90
3.0. ZONAS DE ARENAMIENTO.	121
4.0. UBICACION DEL ESPIGON.	137
5.0. DISEÑO DEL ESPIGON.	141
6.0. DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA.	200
7.0. COSTO Y PRESUPUESTO.	202

8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	210
9.0. REFERENCIAS.	212
10.0. PLANOS.	213

CAPITULO 1
INTRODUCCION

INTRODUCCION

Hasta los años 40, el litoral Limeño comprendido entre Chorrillos y La Punta era un acantilado continuo al que golpeaban las olas ocasionando su permanente erosión. Solo había pequeñas playas de arena al comienzo y al final de la Bahía: la Herradura y Chorrillos (que era a la vez balneario y puerto de pescadores). En un extremo, y en el otro la Arenilla, en la Punta. Entre ellas había tres establecimientos de baños el de Barranco, constituido por un muelle de rieles con plataforma de madera, que conformaba una rotonda muy concurrida en verano; el de Miraflores, más moderno. Daba acceso a una estrecha playa de piedras; y el de Magdalena, muy parecido al anterior pero con el mar más bravo. La rivera correspondiente a San Miguel, La Perla y el Callao era inaccesible de donde se originaba su nombre "LA MAR BRAVA", impedía su uso como balneario.

Lo que en esa época se llamaba avenida costanera era una pista que corría, a partir de San Miguel y hacia el Norte, en el nivel alto del acantilado; seguía hasta el colegio Militar Leoncio Prado y bajada hacia La Perla, donde continuaba, al borde del mar, hasta La Punta. Esta avenida costanera se fue destruyendo poco a poco: en la parte alta por los continuos derrumbes del pie del talud que obligaron a cerrar el tramo de San Miguel, y en la parte baja por la acción de la "LA MAR BRAVA" que destruyó

el tramo entre La Perla y La Punta.

En 1940 se comenzó la construcción de un espigón de 300 metros entre Barranco y Chorrillos, seguido por otro más hacia el Sur, que provocaron la formación de depósitos de arena que fueron el origen de la playa de Agua Dulce. En 1950 por iniciativa del entonces inspector de obras de la municipalidad de Miraflores, se comenzó a germinar la idea de una gran playa metropolitana, y se continuó la construcción de espigones que, a su vez, dieron nacimiento a otras tantas playas.

Los trabajos se continuaron con la construcción de las pistas en el terreno ganado y que hoy se conoce como "CIRCUITO DE PLAYAS CHACHI DIBOS".

El conocimiento del comportamiento real del mar en nuestro litoral dio lugar a varios intentos que terminaron en rotundos fracasos. El primero fue la iniciativa de un empresario limeño para crear un balneario en La Perla, por los años 30, aprovechando un amplio frente de mar y grandes áreas de terrenos disponibles. Paralelamente al trazo de avenidas y calles y la construcción de grandes residencias se comenzaron las obras de construcción de los diques que habrían de convertir la "Mar Brava" en una apacible playa de verano. No disponemos ahora de la información relativa de la cantidad de roca que fue vertida al mar y que sistemáticamente desapareció arrastrada por el mar.

Unos años después, a alguien se le ocurrió que

hundiendo barcos viejos cerca de las playas se podía atenuar la fuerza del oleaje, y de esa manera arrastraron hasta la Herradura el casco del "CAPLINA", mientras que otro barco, cuyo nombre nunca supimos fue varado frente a la playa de Magdalena. El resultado todavía lo recuerdan muchos limeños: las olas comenzaron por voltear los barcos y la oxidación se encargó de hacerlos desaparecer en unos pocos años.

El último trabajo realizado en la avenida costanera es en tramo de Magdalena San Miguel, se creyó que arrojando relleno al mar (basura en su mayor parte), se iba a consolidar un terraplén que tendría la erosión, justamente en uno de los sectores en donde el mar embate con mayor fuerza y más directamente.

Todos estos casos tienen ciertos puntos de contacto: el primero es la total ignorancia de los métodos del control de la erosión marina; el segundo es el no haber tomado en cuenta un factor determinante, que es la pronunciada pendiente del fondo marino en esos sectores de la costa; y el tercero es la subestimación de la fuerza del mar y su inexorable ataque, la improvisación contra la técnica.

Todos sabemos que las olas se forman por la acción del viento y que la energía que las mueve se transforma, al reventar la ola, en erosión de las riberas. En la bahía de Miraflores, el oleaje que viene de aguas profundas encuentra algunos obstáculos, como las islas San Lorenzo,

El Frontón, La Roca Horadada y La Roca del Diablo, por un lado y el Morro Solar por el otro, que definen su orientación. Como la dirección predominante es de Sur a Norte, las olas inciden en Chorrillos y Barranco en forma oblicua a su costa por el efecto de difracción y en San Miguel y La Perla la ola se aproxima de modo casi perpendicular a la costa por efectos de refracción de allí que los espigones construidos hacia el Sur de la bahía hayan sido favorecido por la deposición de sedimentos, lo que no ha ocurrido más al Norte. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que la energía del mar, cuando encuentra elementos que la desvían, como los espigones construidos en Chorrillos y Barranco, cambia la dirección de las corrientes locales aumentando la velocidad y capacidad erosiva de las olas en el lado Norte inmediato.

El mar transporta sedimentos y arena en dirección Sur-Norte y, al contornear el Morro Solar, encuentra una zona de poca profundidad que permite su sedimentación, limitando a la zona de Chorrillos y Barranco. Más al Norte, las playas son mayormente pedregosas y su reemplazo por arena se ve dificultada por la mayor pendiente que allí tiene el suelo marino, de acuerdo con la teoría y observaciones directas las olas revientan cuando su altura sobre el nivel del mar es casi igual a la profundidad del suelo. Una simple observación del litoral nos muestra una zona en donde las olas revientan a gran distancia de la costa, lo que, por un lado, significa que el fondo es poco

profundo .

Más al norte, especialmente en San Miguel y la Mar Brava, las olas revientan al pie de los acantilados, lo que indica que el suelo alcanza una significativa profundidad a pocos metros de la costa y en este último caso, la energía se transforma en erosión y reflexión.

En dicho lugar se han ocasionado múltiples derrumbes en la costa verde y a los accidentes que frecuentemente ocurren en esa vía; todos estos inconvenientes obedecen a la falta de estudios técnicos al momento de llevar a cabo esta elección.

1.1.- EVALUACION DE LAS DEFENSAS
CONTRA LA ACCION EROSIVA DEL MAR
EN LA COSTA VERDE.

EVALUACION DE LAS DEFENSAS CONTRA
LA ACCION EROSIVA DEL MAR EN LA COSTA VERDE

1.1.1.- INTRODUCCION.

1.1.2.- SITUACION ACTUAL.

1.1.2.1.- EL PROBLEMA

1.1.2.2.- DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL DEL TRAMO
Y LAS OBRAS DE PROTECCION.

1.1.2.3.- EVALUACION DE LAS OBRAS DE DEFENSA

1.1.3.- LAMINAS.

1.1.4.- FOTOGRAFIAS.

1.- INTRODUCCION.

Al haberse realizado la extensión de la Via "ALMIRANTE GRAU" por el pie del acantilado en el Distrito de Magdalena del Mar, en un tramo de 1 + 175 m. Entre la bajada de Mar Bella y la Avenida Brasil, y por lo tanto al ganar espacio al mar, esta zona queda expuesta al embate del oleaje, previo a la prolongación de esta vía ya se tenía conocimiento de la erosión al pie de los acantilados con los siguientes derrumbes la que ahora se observa al relleno de la vía.

En el presente trabajo se procede a una evaluación de la situación actual del relleno de la vía y de los espigones que se encuentran como protección en el tramo, para poder dar soluciones que puedan defender la vía en el periodo de bravezas.

2.- SITUACION ACTUAL:

2.1.- EL PROBLEMA.

El tramo de la carrera costanera de aproximadamente de 1,575 m. de longitud trazado al pie del acantilado a lo largo de la línea de playa del Distrito de Magdalena del Mar, entre la Bajada Perez Aranibar y Avenida Brasil, al haberse ganado tierra al mar, se encuentra expuesto a la acción erosiva directa de las olas que anteriormente afectaban el pie del acantilado provocando derrumbes.

El material de relleno que conforma el terraplen del tramo de la Costa Verde en el Distrito de Magdalena, es

finalmente erosionable por las olas y necesita protección por cuanto los tres espigones ya construidos en dicho tramo requieren de trabajos adicionales que hagan más efectivo su influencia en la acción erosiva de las olas.

2.2.- DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL DEL TRAMO Y LAS OBRAS DE PROTECCION EN LA BAHIA MIRAFLORES.

ESPIGON Nº 1 E(1) (FOTO Nº 1 Y 2)

Ubicado en la playa Agua Dulce Distrito de Chorrillos, tiene una longitud aproximada de 200 mt. en el lado Sur se observa una gran acumulación de arena, por el transcurso del tiempo, llegando a alcanzar la punta del espigon.

Esto evita que el transporte de sedimentos de arena sean trasladados hacia otro espigon teniendo en cuenta que las olas no son tan fuertes en esta zona.

Por el lado Norte hay una gran longitud de espigon descubierta la cual no existe acumulación de arena, esto indica que las olas atacan por el Sur.

El espigon esta formando por rocas de gran peso, aproximadamente de 1 mt. de diametro y de un peso aproximado de 1300 Kg.

ESPIGON Nº 2 E(2) (FOTO Nº 3 Y 4)

Ubicado en la playa de las Sombrillas Distrito de Chorrillos, tiene una longitud aproximada de 130.50 mt. formando un angulo aproximado de $100^{\circ}30'$ con respecto a la playa.

En el lado Sur se observa una gran acumulación de arena y tambien relleno de material sobrante con esto se ha ganado espacio al mar, esta longitud de acumulación de sedimentos es aproximadamente 70 mt.

En el lado Norte se observa el espigon en su longitud real notandose que esta conformado con roca de peso medio y de aproximadamente 0.90 mt de diametro.

Entre E(2) y E(3)

Existe acumulación de roca pequeña de un tramo de 50 mt. desde el E(2) hacia el E(3) puede decirse que es de una fracturación de rocas debido por acción de las olas ó de las rocas puestas como protección.

ESPIGON NO 3 E(3)

Esta ubicado entre las playas las Sombrillas y la playa los Yuyos Distrito de Barranco. Tiene una longitud aproximada de 80 mt. con una longitud de acumulación de arena aproximada de 40 mt. formando un angulo con la playa de $90^{\circ}30'$.

Conformado de roca mediana (0.50 mt), tambien se observa gran cantidad de arena acumulada en el lado Sur, con el transcurso del tiempo se colmatará y ya no podrá retener arena, dejando pasar los sedimentos de arena.

ESPIGON Nº 4 E(4)

Esta ubicado en la playa barranco y la playa los Yuyos Distrito de Barranco.

Tiene una longitud total aproximada de 39 mt. con una acumulación de arena en el lado Sur de aproximadamente 12 mt. y en el lado Norte tenemos una acumulación de arena en un ancho aproximado de 25 mt. medidas desde la pista hacia el mar.

Esto se debe al transporte de arena, por que el espigon deja pasar los sedimentos del Sur.

ESPIGON Nº 5 E(5) (FOTO Nº 5)

Esta ubicado entre la playa de Barranco y la playa de Barranquito en el Distrito de Barranco. Tiene una longitud

aproximada de 126 mt.

Por el lado Sur vemos una acumulación de arena de 88 mt. ocasionando el paso de sedimentos hacia el otro lado.

El espigon en la parte de la punta esta siendo erosionado por las olas quedando fracturadas las rocas, dejando sin protección el espigon.

En la tercera parte del espigon se observa como las olas han erosionado fracturando las rocas.

El espigon forma un angulo aproximado de $90^{\circ}30'$ con respecto a la playa teniendo un ancho variable de 12 mt.

ESPIGON Nº 6 E(6) (FOTO Nº 6, 7 Y 8)

Esta ubicado entre las playas las Piedritas y la playa las Cascadas tiene una longitud aproximada de 150 mt.

En el lado Sur tenemos acumulación de arena de 50 mt. y 74 mt. de tierra (relleno), en el cual se ha construido el restaurant Costa Verde.

Este espigon tiene buena protección por el enrocado hecho en el talud, en el lado Norte se observa un poco desprotegido entre el tramo E(6) y E(7).

El espigon forma un ángulo de 85° con la playa, teniendo un ancho variable de 10 mt. a 15 mt.

ESPIGON NO 7 E(7) (FOTO NO 9)

Ubicado en la playa la Estrella, Distrito de Miraflores, tiene una longitud aproximada de 52 mt. formando ángulo recto con la playa.

En el lado Sur hay 25 mt. de acumulación de arena. El espigon esta conformado con roca mediana de 0.90 mt. de diametro; en la punta esta erosionando la roca, en su inicio falta relleno.

ESPIGON NO 8 E(8) (FOTO NO 10)

Ubicado en la playa Costa Verde, Distrito de Miraflores, tiene una longitud aproximada de 250 mt. conformado por roca grande, que forma un ángulo de 90° con la playa.

En su lado Sur y Norte la playa esta formada por cantos rodados, notandose como las olas golpean la orilla con gran fuerza, en el espigon se ha construido un restaurant llamado Rosa Nautica por medio de pilotes hincados en el mar.

ESPIGON Nº 9 E(9) (FOTO Nº 11 Y 12)

Esta ubicado en la playa Makaha, Distrito de Miraflores tiene una longitud aproximada de 10 mt. gran acumulación de cantos rodados, roca chica aproximadamente de 0.50 mt de diametro.

Este espigon no cumple su función al 100 %, sino un 30 %, por que se observa acumulación de cantos en forma de semi - circulos loops.

ESPIGON Nº 10 E(10) (FOTO Nº 13)

Ubicado en la playa Makaha, Distrito de Miraflores. Tiene una longitud aproximada de 142 mt. bien conformado por roca grande de aproximadamente 1 mt de diametro, en su parte Sur se tiene gran acumulación de cantos con una longitud de 5 mt. y 20 mt. de tierra o relleno.

En su lado Norte se observa formaciones de semi circunferencias, esto es debido a las olas que inciden en la playa, el espigon forma un ángulo recto con la playa.

ESPIGON NO 11 E(11) (FOTO NO 14)

Esta ubicado en la playa Makaha y Pampilla, Distrito de Miraflores, tiene una longitud aproximada de 31 mt. conformado por roca mediana, forma un ángulo de 100° con la playa, en temporada de invierno las olas pasan de altura del espigon. Tiene un ancho variable de 8 a 11 mt.

ESPIGON NO 12 E(12) (FOTO NO 15, 16)

Ubicado en la playa la Pampilla, Distrito de Miraflores, tiene una longitud aproximada de 54 mt. formando un ángulo de 90° con la playa.

En dicho espigon se ha construido un restaurant, para su protección se ha construido un muro de contención, para la protección del muro seha colocado en el lado Sur material de construcción como pedazos de losas que no protege en nada, en el lado Norte se ha colocado enrocado pobre, que al pasar el tiempo las olas erosionaran con facilidad.

Se recomienda hacer un enrocado alrededor del espigon para que las olas no erosionen el muro de contención.

En el lado Sur del espigon se observa la acumulación de cantos rodados, en pequeñas cantidades.

ESPIGON NO 13 E(13) (FOTO NO 17)

Ubicado en la playa los Delfines y la Pampilla, Distrito de Miraflores, tiene una longitud aproximada de 125 mt. forma un ángulo perpendicular con la playa.

En la parte de la punta se ve que las olas han erosionado y ha quedado sin protección. En la parte inicial se encuentra erosionado de tal forma que el nivel del mar cubre esa zona quedando el espigón dividido en dos partes.

ESPIGON NO 14 E(14) (FOTO NO 18)

El espigón E(14) ubicado en la progresiva 0+70, tiene una longitud aproximadamente de 100 mt. y se orienta perpendicularmente a la playa.

Aproximadamente hasta la mitad de su longitud esta cubierto de chaflán por un relleno cuyo pie se ha protegido con rocas de dimensiones medias del orden de los 0.50 mt. de diametro aproximadamente; como se aprecia en la fotografia NO 18.

Este espigón se encuentra afectado por el oleaje que ha diseminado las rocas de su recubrimiento exterior en su base, pero sin embargo constituyen a la refracción del oleaje disipando su energia y a disminuir su altura y capacidad de mover los solidos de fondo.

Este efecto de refracción se muestra en la fotografia NO

18, donde se observa un tren de olas de menor altura que antes de llegar al espigón E(15) se mantienen un alineamiento definitivo en curva, pero ya típica de una playa definida.

Apartir de esos 120 mt., la playa, presenta unos 200 mt. un alineamiento recto con erosiones en seccion circunferencias o cresps.

La diferencia de la berma de verano y la berma de invierno ver lamina nº 2, para ilustración de la nomenclatura típica de una playa, no esta clara en el tramo por el propio relleno que se hechó para construir la prolongación de la vía Costa Verde, que esta dejando una plataforma adicional a la vía con un ancho de 5 mt. con derrame hacia la playa con tramos 1:1 expuesto al efecto del oleaje.

En las formas semi-circulares, el movimiento del material del lecho es violento y puede observarse cantos de hasta 4" moverse violentamente y saltar.

ESPIGON Nº 15 E(15) (FOTO Nº 19)

El espigón E(15), tambien de aproximadamente en la progresiva 0+530 de la vía, presenta tambien un relleno en su base.

La fotografia nº 19 es una vista mirando a la dirección del movimiento del litoral, Sur a Norte, muestra la orientación del frente de olas ordenada al entrampamiento del

transporte del litoral en el lado Norte del espigon, la lámina n^o 3 muestra esquemáticamente la intersección del oleaje, la playa y los espigones.

La fotografía n^o 19 es una vista de la cara Norte del espigon donde se observa una gran erosión del relleno desde el propio espigon y que esta protegiendo con enrocado.

La fotografía n^o 19 muestra el frente de las olas desde el espigon E(15) hasta el E(16) con altura de olas del orden del 1.20 mt. que rompen muy cerca de la berma de verano indicando al mismo tiempo un talud del fondo del mar bajo el nivel medio del mar, más parado que en el tramo anterior, E(14) al E(15), las rocas diseminadas son el resultado de la fuerza del oleaje y un tramo no suficiente de estas rocas que han sido removidas del espigon. Las formaciones en media circunferencia o cusps muestran una playa sin protección.

La fotografía n^o 20 muestra los trabajos de enrocado teniendo dimensiones de aristas hasta de 1.50 mt. asegurando la estabilidad de la defensa.

El tramo entre el espigon E(15) y el espigon E(16) presenta tres subtramos, uno de 1.50 mt. a 200 mt.

Comenzando desde el espigon E(16), con formaciones semicirculares, a continuación otro tramo con alineamiento recto de unos 500 mt. a 600 mt. y un tercer tramo con formaciones semi circulares siguiendo la curva de la vía Costa Verde hasta el espigon E(16), la fotografía n^o 21 ofrese una vista panoramica de este tramo.

ESPIGON N° 16 E(16) (FOTO N° 20)

Este espigon de otros 100 mt. de longitud se ubica en la progresiva 1+575, ha sido protegido en su base con relleno y enrocado.

ESPIGON N° 17 E(17) (FOTO N° 21, 22)

Tiene una longitud aproximada de 25 mt. conformado p r rocas sin nada de relleno, en tiempos de invierno la avenida amanece con agua, ocasionando daños al asfalto. Esto se presenta por que el enrocamiento del talud de la berma es pobre faltando tambien relleno de material. El espigon debe ser alargado para que las olas no erosionen en forma brusca hacia la berma. Se observa que al reventar las olas transportan gran cantidad de cantos rodados bruscamente. Tambien los acantilados en esta zona son con un talud vertical lo que ocasiona un desmoronamiento y causando accidentes.

ESPIGON N° 18 E(18) (FOTO N° 23 Y 24)

Longitud aproximada de 35 mt. muy pobre de rocas, no siendo suficiente para la defensa de las olas.

Por la parte Norte esta bien protegido de enrocado, pero faltando más relleno en la berma de pista.

En toda la vía que da a la costa se observa humedad en el lado Norte lo cual esta descomponiendo el asfalto.

Este espigon se encuentra protegido por el espigon E(16), sobre su acantilado ocurre igual al anterior.

ESPIGON N° 19 E(19) (FOTO N° 25)

Tiene una longitud aproximada de 20 mt. su conformación es de pura roca y nada de relleno, es muy pobre para la defensa de la vía.

A su lado Norte se observa una serie de enrocados los cuales no estan ubicados como deben ser, la erosión de las olas estan atacando los taludes de la vía, produciendo corrosiones de la pista asfaltada formando unos huecos enormes y pueden ocasionar accidentes.

En cuanto al acantilado tiene un talud aproximado verticalmente el cual permite el desmoronamiento de los cantos que conforma dicho acantilado, ocasionando accidentes a los automovilistas.

En tiempo de marea alta la erosión de las olas es mayor y

perjudicial por que la protección de la vía no es suficiente ni adecuada.

ESPIGON N° 20 E(20) (FOTO N° 26, 27, 28, Y 29)

Esta conformado por material de cantos rodados como relleno, tiene una conformación lateral de rocas de un promedio de 0.50 mt de diametro aproximadamente, los cuales no son suficiente para la protección del terraplen del espigon, el colocado de rocas en la parte lateral no son suficiente ya que el erosinamiento de las olas son tan altas que el material de relleno se esta descomponiendo en pequeñas particulas que son trasladadas por las olas al colisionar con las rocas.

En la fotografia se puede observar como el material de relleno en los costados estan siendo desgregados por las olas sobre todo en el transcurso del tiempo, este espigon dejara de cumplir su función de defender la costa.

En el lado Sur se observa una serie de enrocados desde el espigon hasta el otro espigon, siendo insuficiente y mal ejecutado la obra por que no se cumple en proteger el margen de la avenida.

El erosionamiento de las olas forma en gran parte paqueños semi circulos slups, lo cual las olas estan transportando cantos rodados hacia la orilla con gran fuerza.

Tambien se puede observar como ha sido erosionado la berma

de la avenida con un poco de pista por la parte donde falta protección de enrocado.

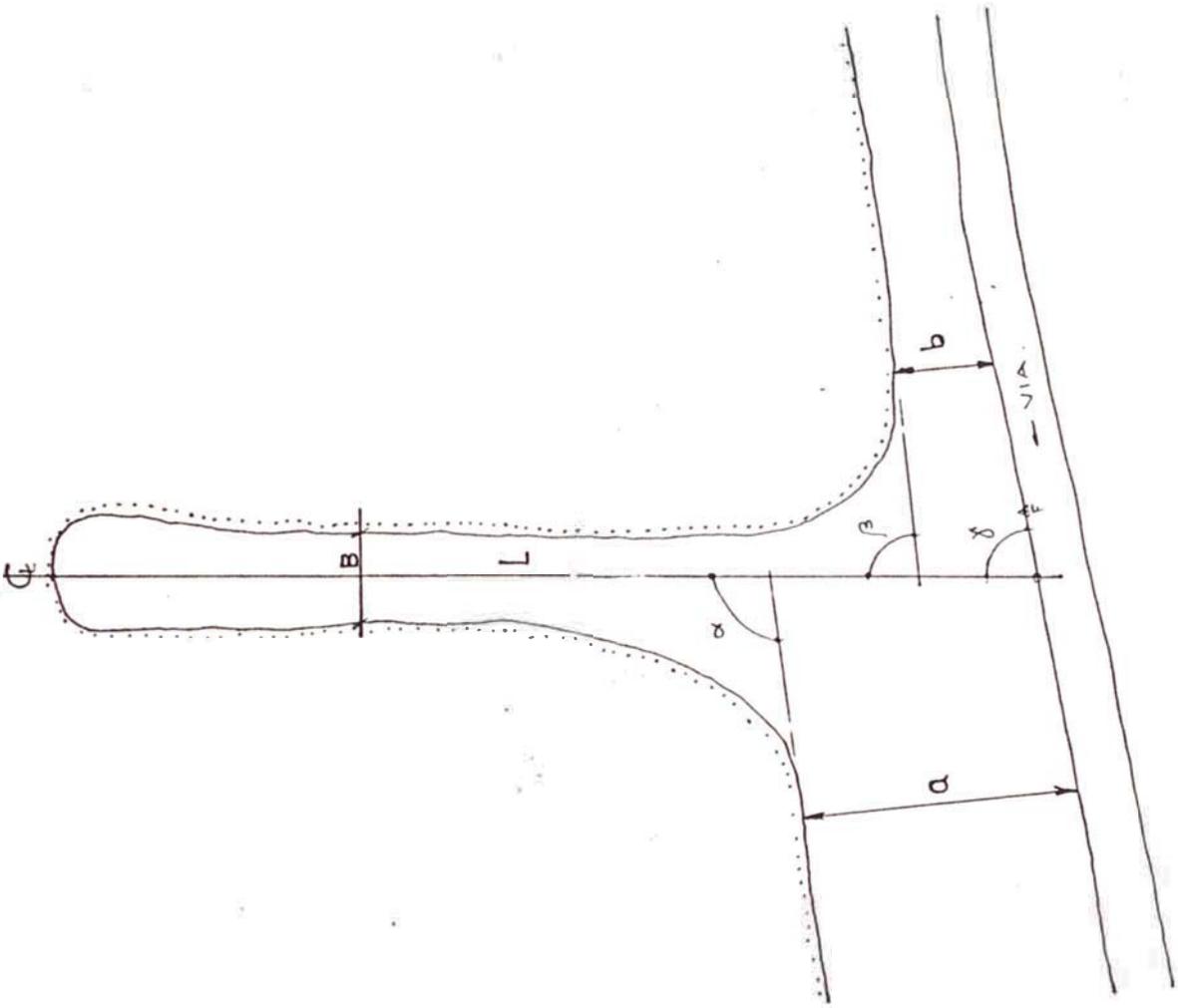
El espigon tiene aproximadamente una longitud de 100 mt. con una dirección perpendicular a la playa.

En el lado Norte se observa un enrocado pobre en el cual las rocas están sobrepuestas unas que otras, en otro tramo se ve que hay rocas aisladas, también se observa la formación de slups (semi circunferencias).

CUADRO DE DATOS DE LOS ESPIGONES DE LA RIBERA COSTANERA DE LIMA METROPOLITANA

ESPIGON #	UBICACION		DISTANCIAS			ANGULOS			TALUD	PERIODO seg.	ANCHO mts.
	DISTRIT	PLAYA	a	b	L		β				
1	CHORRI	A. DULCE	234.7	101	255.8	85	82	87	1:2	14.8	6.75
2	CHORRI	SOMBRIL	130.5	85	245.3	100	95	96	1:2	14.9	6.5
3	BARRAN	SOMBRIL	76.5	18.4	92.7	90	95	82	1:2.1	15	5.6
4	BARRAN	YUYOS	27.1	25.1	38.8	95	92	91	1:2	15.1	3.5
5	BARRAN	BARRANC	108	21	153	94	91	91	1:2.3	15.2	12.1
6	BARRAN	PIEDRITA	124.1	50.2	192.3	85	93	100.1	1:2	14.9	9.6
7	MIRAFL	ESTRELL	55	30	122	95	92	100	1:2	14.9	5
8	MIRAFL	C. VERDE	65	24.7	270	95	93	98	1:1.9	16.8	8.5
9	MIRAFL	C. VERDE	47.2	22	57.3	105	91	92	1:2.1	16.1	10
10	MIRAFL	MAKAHA	45	20	165	85	93	100	1:2.3	16	4.2
11	MIRAFL	MAKAHA	15	24.5	47	100	91	95	1:2.5	15.8	9.5
12	MIRAFL	PAMPILL	30	32	135	98	89	91	1:2.2	15.9	6.2
13	MIRAFL	DELFIN	32	25	154.3	95	86	98	1:2	15.6	4.5
14	S. ISIDR	S. ISIDRO	105	100	120	99	95	100	1:2.1	15.8	3.8
15	MAGDAL	M. BELLA	95	126	185	105	98	110	1:2.3	16	4.2
16	MAGDAL	-	25	20	120	110	99	100	1:2	16.1	4.5
17	MAGDAL	-	55	45	65	105	100	99	1:2.5	15.9	2.5
18	MAGDAL	-	35	30	45	100	98	98	1:2	16.2	2.6
19	S. MIGU	-	34	41	46	98	97	96	1:2.1	16.3	2.8
20	S. MIGU	-	25	23	123	108	99	97	1:2	16	4.8

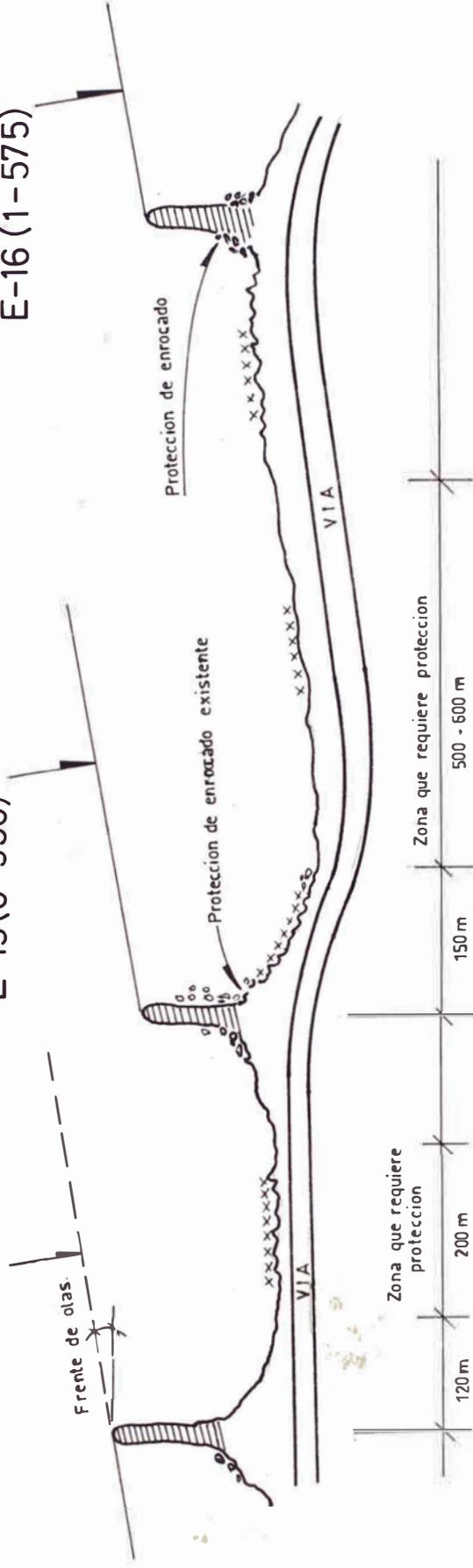
ESQUEMA



E-14(0-070)

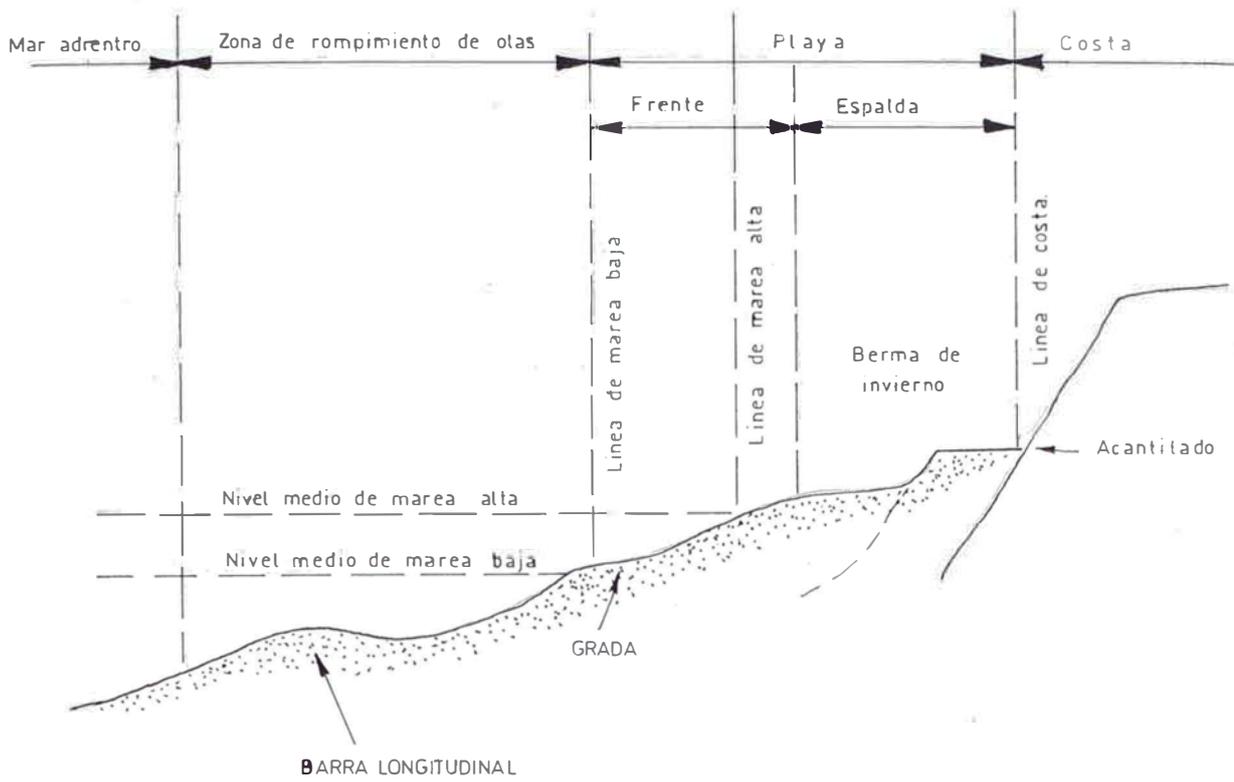
E-15(0-530)

E-16(1-575)

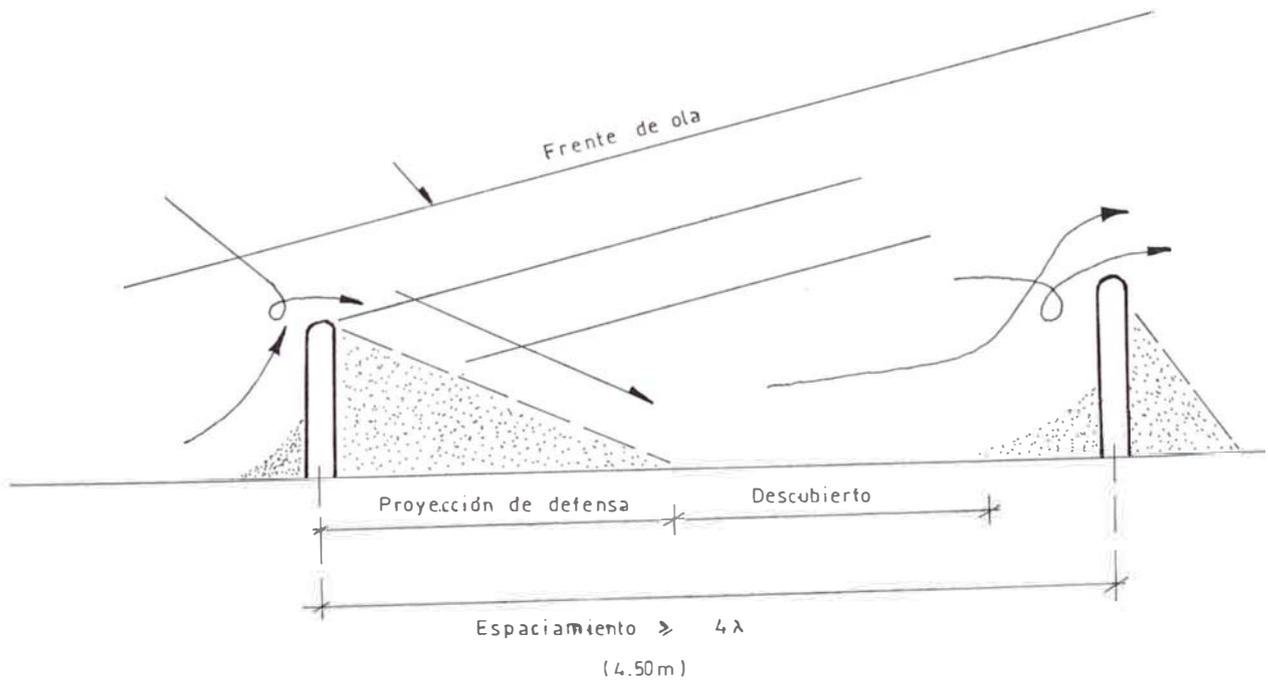


xxxxxx PROTECCION RIBEREÑA RECOMENDA INICIALMENTE.

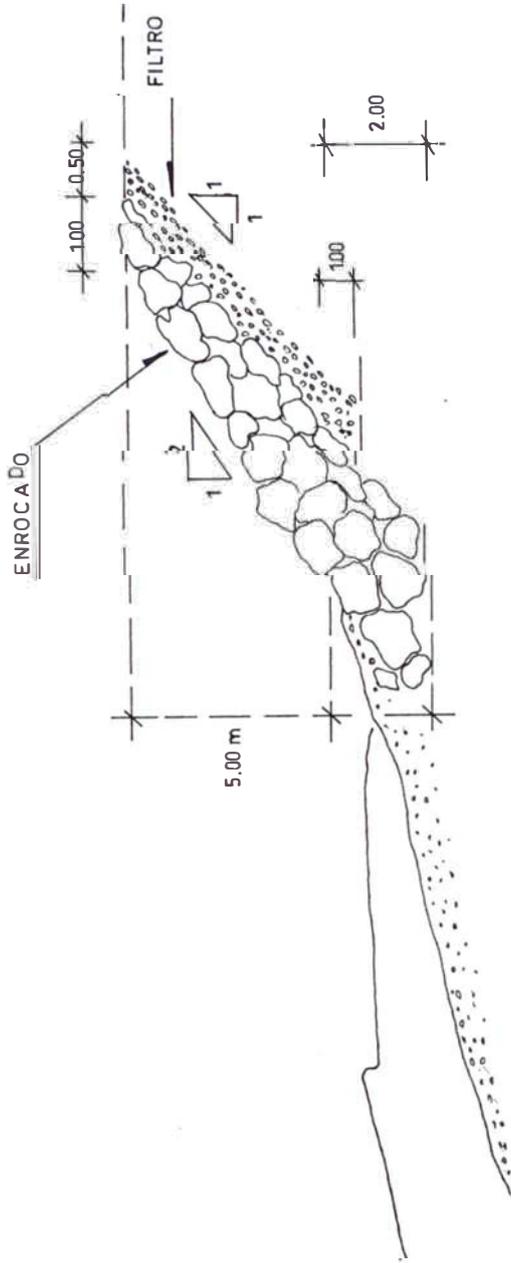
Lamina1 Tramo en estudio y ubicacion de los espigones.



Lamina 2 Ilustración de la nomenclatura en la playa



Lamina 3 Esquema de interacción del oleaje



Lamina 4 Sección típica del enrocado.



1.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON Nº 1
ZONA DE EROSION



2.- VISTA DEL LADO SUR DEL ESPIGON Nº 1
ZONA DE ARENAMIENTO



3.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON Nº 2

ZONA DE EROSION



4.- VISTA DEL LADO SUR DEL ESPIGON Nº 2

ZONA DE ARENAMIENTO



5.- VISTA DEL LADO SUR DEL ESPIGON Nº 5

ZONA DE ARENAMIENTO



6.- VISTA PANORAMICA DEL ESPIGON Nº 6

ZONA DE ARENAMIENTO



7.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON Nº 6
ZONA DE EROSION



8.- VISTA DEL LADO SUR DEL ESPIGON Nº 6
ZONA DE ARENAMIENTO



9.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON N° 7

ZONA DE EROSION



10.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON N° 8

ZONA DE EROSION



13.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGONES N^o 10
ZONA DE EROSION



14.- VISTA DEL LADO SUR DEL ESPIGON N^o 11
ZONA DE ARENAMIENTO



15.- VISTA DEL ESPIGON Nº 12 PROTECCION
DEL MURO DE CONTENSION



16.- VISTA DEL LADO SUR DEL ESPIGON Nº 12
ZONA DE EROSION



17.- VISTA PANORAMICA DEL LADO SUR DEL ESPIGON Nº 13

ZONA DE EROSION



18.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON Nº 14
ZONA DE EROSION



19.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON Nº 15
ZONA DE EROSION



20.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON N° 16
- ZONA DE EROSION



21.- VISTA PANORAMICA DE LA ZONA DE ENROCADO
ENTRE LOS ESPIGONES N° 16 Y 17, ZONA DE
EROSION



22.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGONES Nº 17
ZONA DE EROSION



23.- VISTA DEL LADO SUR DEL ESPIGON Nº 18
ZONA DE ARENAMIENTO



24.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGONES Nº 18
ZONA DE EROSION



25.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON Nº 19
ZONA DE EROSION



26.- VISTA DEL TRAMO ENTRE LOS ESPIGONES
Nº 19 Y 20, ZONA DE EROSION



27.- VISTA DEL LADO NORTE DEL ESPIGON Nº 20
ZONA DE EROSION



28.- VISTA DE LA ZONA DAÑADA POR EL SOBREPASO DE
OLAS EN EL ESPIGON Nº 20, ZONA DE EROSION



29.- VISTA DE LA ZONA DAÑADA POR EL OLAJE DEL
ESPIGON Nº 20, ZONA DE ARENAMIENTO
ZONA DE EROSION

CAPITULO 2

PARAMETROS DE DISEÑO

2.1.- TOPOGRAFIA

TOPOGRAFIA

La topografía siendo un elemento necesario para el estudio ya que indica las elevaciones y depreciones del terreno se realizó detalladamente orientándose con respecto al norte magnético.

Las mediciones topográficas comprendieron el levantamiento de la franja costera a partir de la carretera hasta la parte más baja de la playa con curvas de nivel cada 1 y 2 metros, debido a la pendiente pronunciada.

El levantamiento topográfico se realizó tomando como punto de referencia un B.M. (BENCH MARK) conocido, como el "MANICOMIO LARCO HERRERA" (Torre Reloj) con una Latitud $12^{\circ}05'46".831$ y Longitud $77^{\circ}03'48".434$ con coordenadas $8'661,929.86$ Norte (Y), $275,400.81$ Este (X) con una elevación de 74.96 m.s.n.m.

Mediante el B.M. se halló la cota del hito "N" ubicandose cercano al campamento del EX- PECV (Proyecto Especial Costa Verde) y recorre toda la berma de la carretera hasta la altura de la Av. Universitaria formando una poligonal abierta de 16 lados tal como figura en el plano BT-1.

INSTRUMENTAL UTILIZADO

- 1 Teodolito Kern - Kern DK-1
- 1 Mira Wild de 4 mts. centimetrada, parlante y plegable.
- 2 Miras Wild de 3 mts. centimetrada, parlante y plegable.
- 2 Jalones de aluminio de 2 mts. desmontables.
- 2 Niveles Esfericos
- 1 Wincha de acero no certificada de 20 mts.

DATOS DE LA POLIGONAL ABIERTA A LO LARGO DE LA
AUTOPISTA AV. COSTANERA MIGUEL GRAU

PUNTO	COTAS	LADOS	DIST.	COORDENADAS MAGNETICAS	
				X	Y
N	5.936			3,000.000	5,000.000
M	7.402	N-M	108.50	2,987.655	5,107.795
K	7.342	M-K	85.60	2,915.543	5,153.917
J	7.892	K-J	310.40	2,629.824	5,275.214
H	7.689	J-H	214.50	2,459.145	5,405.132
G	10.109	H-G	159.93	2,311.000	5,465.388
F	10.658	G-F	227.95	2,090.715	5,524.001
E	11.114	F-E	232.10	1,863.619	5,571.938
D	9.758	E-D	174.32	1,698.119	5,626.685
C	8.127	D-C	196.15	1,538.643	5,740.888
B	9.182	C-B	233.00	1,316.142	5,810.042
A	8.745	B-A	275.39	1,049.586	5,879.233
A'	8.888	A-A'	219.60	839.674	5,943.738
B'	10.561	A'-B'	211.00	633.521	5,988.702
C'	12.653	B'-C'	178.50	463.369	6,042.650
D'	17.346	C'-D'	187.00	289.316	6,111.021
E'	18.514	D'-E'	218.00	76.243	6,157.105

2.2.- BATIMETRIA

BATIMETRIA

La batimetría efectuada al frente de Mar Bella hasta la altura de la Av. Universitaria, cubre un área aproximada de 736 has.

Las mediciones batimétricas se iniciaron a partir del campamento de ex- P.E.C.V hacia el Nor Oeste en un tramo de 3.2 Km. de longitud siguiendo la línea de playa y mar afuera hasta cota M.L.W.S -13 mts. tal como figura en el plano BT-1.

INSTRUMENTAL Y EQUIPO EMPLEADO

- 2 Teodolitos Kern - Tipo K 1-R (Autoreductores con trípode centrados u brújula tubular.
- 1 Teodolito Kern - Kern DK - 1
- 1 Sextante Plath
- 3 Cronómetros
- 1 Mira Wild de 4 mts. centimetrada, oparlante y plegable.
- 2 Miras Wild de 3 mts. centimetrada, parlante y plegable.
- 2 Miras de 4 mts. centimetrada mudas no plegables.
- 2 Jalones de aluminio de 2 mts. desmontables
- 4 Niveles esféricos
- 1 Wincha de acero no certificada de 20 mts.
- 6 Banderines de 0.90 x 1.20 m. en dos franjas de colores

- de 0.60 x 0.90 m.
- 2 Prismáticos.
 - 2 Espejos circulares.
 - 1 Escandallo de plancha de 20 lbs., de acero.
 - 1 Jarcia sisal de 1" graduada en metros, medio metros y decímetros con listones cocidos de 1/2" y 1/4" de colores y acoplada al escandallo.
 - 1 Lancha a motor de 6 mts. de eslora por 2.4 de manga.
 - 1 Ecosonda de precisión.
 - 2 Radios transmisores y receptores.

METODOLOGIA

- a. Corrección, ajuste y graduación de instrumentos y equipos.
- b. Control al segundo de los tres cronómetros (1 por cada teodolito y 1 para las observaciones en el mar).
- c. Cada punto de sondaje se ha tomado como vértice de intersección directa de un triángulo de base conocida y determinada por dos puntos de control básico terrestre.

Por esta razón se han determinado coordenadas y elevaciones de 4° orden según las normas del U.S. Geodesic Survey, para cada punto en la siguiente forma:

Ubicación de la lancha en la primera hilera de puntos de sondaje, en un sector en el cual los ángulos de intersección estén comprendidos entre 15°

y 165° . Estos ángulos se determinaron inicialmente en forma aproximada con el sextante.

Estacionamiento de los dos teodolitos en dos puntos pertenecientes al control básico terrestre, y determinación de la cota de anteojo por lectura del trípode centrado sumada a la cota de punto.

Observaciones angulares de arranque: Desde cada estación se tomaron dos medidas angulares horizontales de dirección, cada una con dos observaciones en las posiciones de anteojo directo e invertido así como sus respectivas mediciones angulares verticales en arranque y cierre al horizonte (para compensar cualquier error de colimación horizontal o vertical, excentricidad del eje y cruce).

Estas observaciones angulares eran dirigidas por lo menos dos puntos del control básico, de preferencia uno de ellos ocupado por el otro teodolito (aunque no necesariamente) y en algunos casos también hacia algún punto notable fijo como referencia de ubicación.

En cada medición horizontal directa se han tomado los rumbos con la brújula tubular, para control de los resultados.

- d. Observaciones angulares de puntos de sondaje: Para la iniciación de las observaciones angulares hacia cada punto de sondaje, se para verticalmente el jalón y se

levanta en posición vertical fija el banderín rojo-blanco en la lancha. Las estaciones respondían con igual señal con los banderines negro-amarillo y apuntaban hacia el jalón (pelo central sobre el borde superior para todos los casos de observación).

A la bajada del banderín rojo-blanco, se anotaban simultáneamente los tres tiempos con los cronómetros y se fijaban los tornillos para las lecturas (con anteojo directo) de los ángulos horizontal y vertical. Desde los teodolitos agitaban rotativamente los banderines blanco-rojo, para que la lancha continúe su marcha hasta el próximo punto de sondaje. Para pasar a otro perfil de sondaje, por llegar al límite convenido, o por razón de ángulo de intersección, bastaba que de una o ambas estaciones, o desde la plancha, se hicieran señas con dos banderines para ser respondidos por los otros en igual forma y la lancha tanteando profundidades pasaba a otra hilera de sondajes para recorrerla en sentido inverso.

- e. Término de las observaciones angulares de sondaje: Al finalizar las observaciones angulares de los puntos de sondaje, desde las estaciones se ejecutaban las observaciones angulares de cierre, consistentes en repetir las mediciones de dirección horizontal y de ángulos verticales hacia los mismos puntos observados en el arranque incluyendo la lectura final de rumbos de comprobación.

2.3.- OLAS

CARACTERISTICAS DEL OLEAJE

Frente a la costa peruana se presentan dos tipos de oleaje. Las olas "SWELL" que se generán entre los 40° y 50° de latitud Sur en la zona de tormentas frente a la costa de Chile y que viajan en forma de ondas hacia el Norte, donde llegan a nuestras costas.

Otro tipo son las olas "SEA" o locales también denominadas olas forzadas que son originadas por los vientos locales que soplan frecuentemente en las tardes con velocidades de 6 a 7 m/sg., llegando a velocidades mayores a 10 m/sg, originando olas de periodo corto.

Las olas Sweli o libres originadas en la zona de tormentas frente a las costas de Chile se propagan durante su viaje al Norte como olas de poca altura y largo período en alta mar, pero una vez que llegan a zonas de aguas poco profundas se transforman en olas con rompientes impresionantes.

El oleaje es el factor preponderante en el transporte de materiales y constituye el principal agente erosivo de las playas y acantilados, particularmente en la costa de "Mar Brava" en la que las amplitudes son más importantes.

En los años 1968-1959 se efectuó en los meses de Noviembre, Diciembre (1958) y Enero (1959) una campaña de mediciones, en la que se registró sistemáticamente las amplitudes y períodos del oleaje, de acuerdo con los resultados que se muestran en el cuadro N^o 1.

Los períodos fueron determinados midiendo el tiempo necesario para el paso de dos crestas sucesivas por el mismo punto. Para la medida de las amplitudes se utilizaron dos miras.

En la denominada Bahía de Miraflores, la amplitud media observada fue de 1.10 m.; con un valor máximo de 2.25 m. Los períodos registrados variaron entre 13 a 15 seg., con un promedio de 14 seg., lo que permite una mayor comprensión del fenómeno de erosión y transporte en las cercanías del fondo causados por las velocidades orbitales importantes engendradas por tal oleaje.

MEDICIONES EFECTUADAS EN EL CURSO DEL ESTUDIO

Aproximadamente frente a la Bajada de Armendáriz, se instaló una mira (ver grafico nº 2), con la ayuda de la cual se ha determinado el período y la amplitud del oleaje, en el período comprendido entre el 4 de Marzo y el 28 de Abril de 1972.

Los resultados de las mediciones se presentan en el cuadro Nº 1. y asimismo en el gráfico Nº 1 , que es una muestra de los diagramas elaborados para cada uno de los días comprendidos dentro del período de registros y a partir de los cuales se ha preparado el cuadro resumen mencionado.

CUADRO N° 1

ALTURA MAXIMA DE OLAS (m)

Dia	Altura Maxim	Dia	Altura Maxim
4 Marzo 1972	1.42	1 Abril 1972	1.20
5 " "	1.54	2 " "	1.28
6 " "	0.96	3 " "	1.10
7 " "	0.96	4 " "	1.42
8 " "	1.60	5 " "	1.44
9 " "	1.68	6 " "	1.40
10 " "	1.28	7 " "	1.40
11 " "	0.96	8 " "	1.30
12 " "	1.00	10 " "	1.24
13 " "	1.44	12 " "	1.80
15 " "	1.92	13 " "	1.22
16 " "	1.52	14 " "	1.22
17 " "	1.54	15 " "	1.08
18 " "	1.40	16 " "	1.34
19 " "	1.10	17 " "	1.20
20 " "	1.28	19 " "	1.02
22 " "	1.00	20 " "	1.08
23 " "	1.86	21 " "	1.22
24 " "	1.70	22 " "	1.30
27 " "	1.40	23 " "	1.28
28 " "	1.40	25 " "	2.20
29 " "	1.22	26 " "	1.82
30 " "	1.48	27 " "	1.54
31 " "	1.36	28 " "	1.30

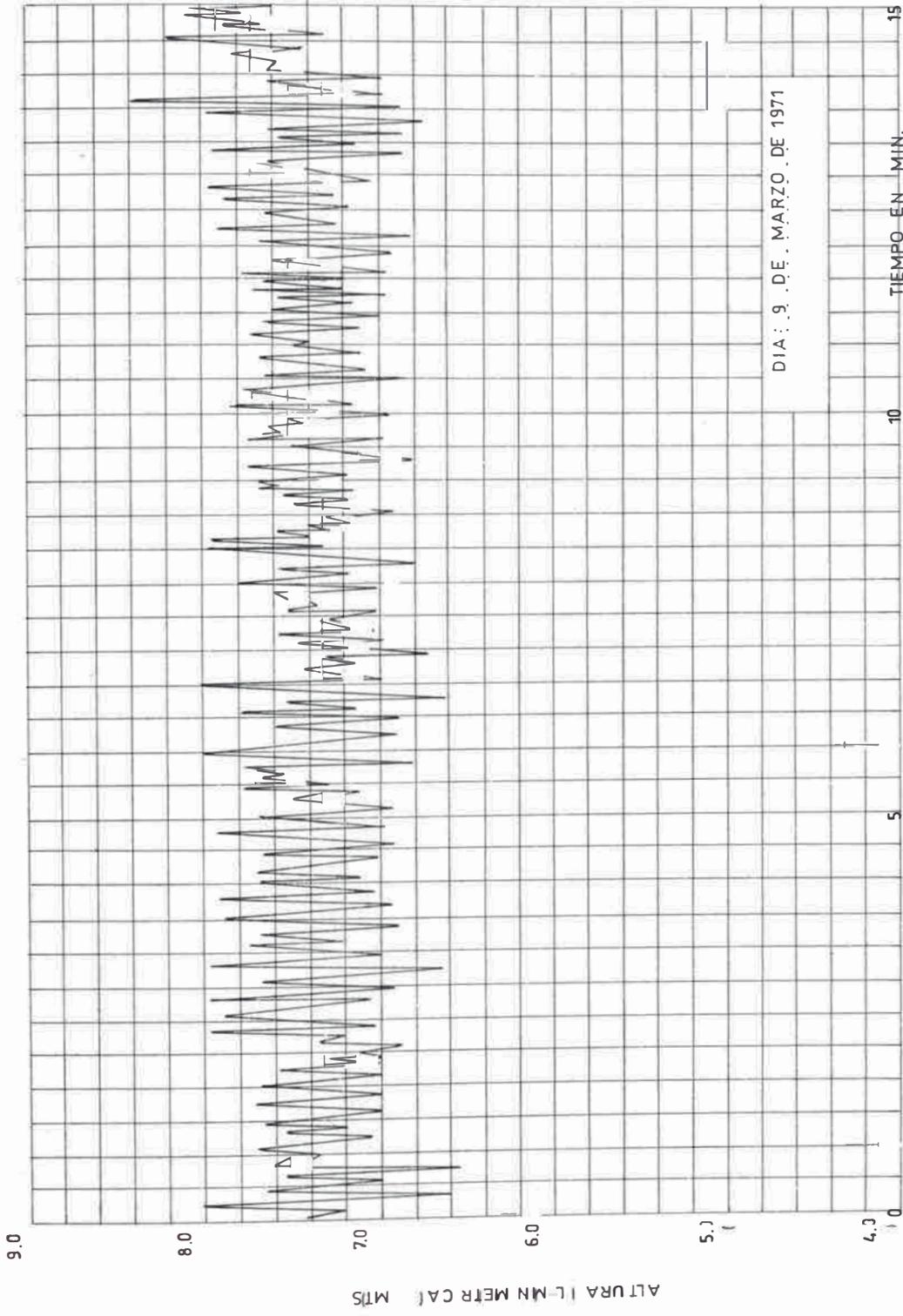


GRAFICO 1 MODELO DE REGISTRO LIMNIGRAFO DE ALTURA DE OLAS

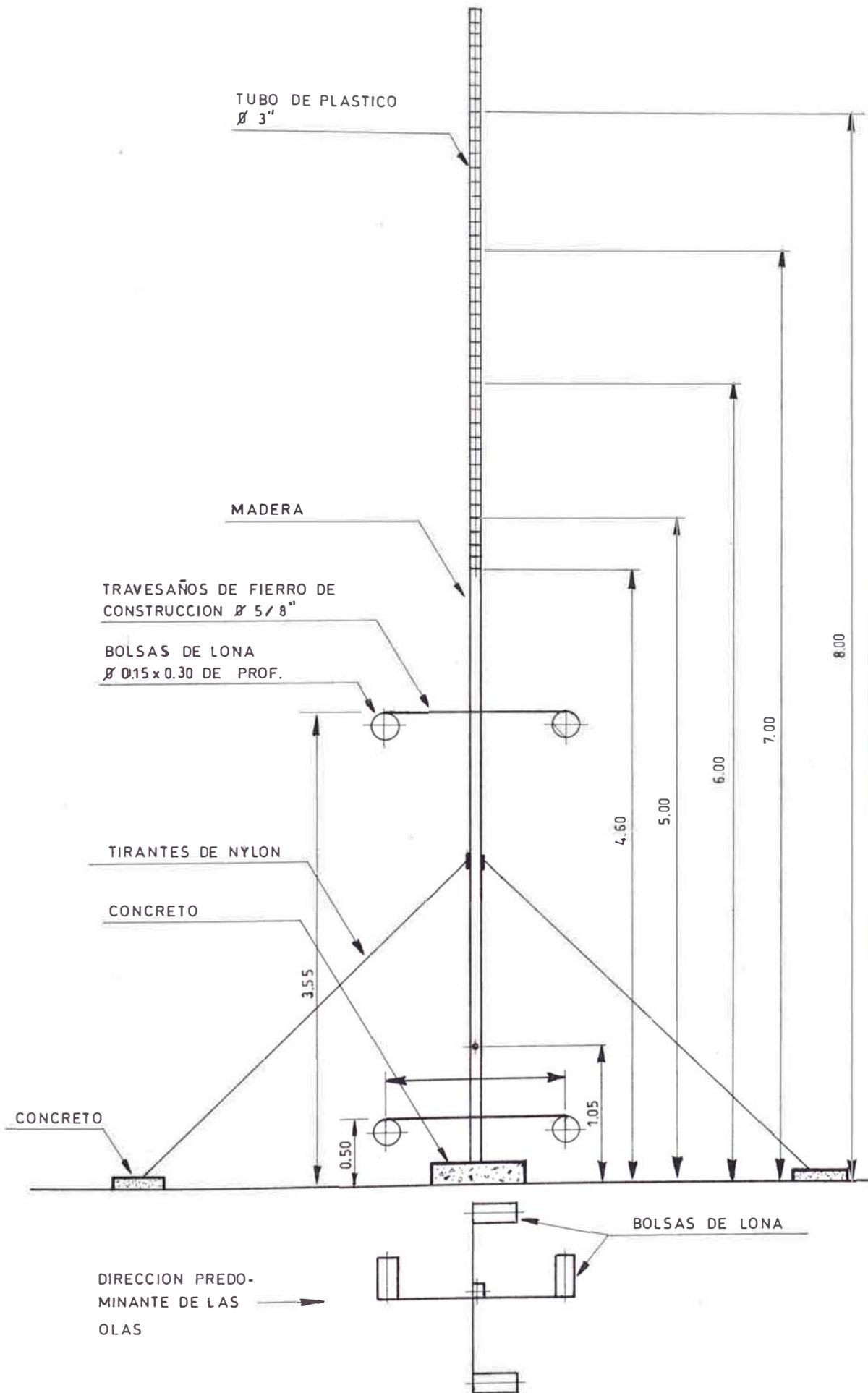


GRAFICO 2 ESTACION LIMNIMETRICA ARMENDARIZ

2.4.- MAREAS

MAREAS

Las mareas en la costa central del litoral peruano son muy débiles y su influencia sobre la erosión de las riberas no constituye un factor significativo. En el grafico N^o 1. Se muestra los valores de los máximos y mínimos niveles diarios de marea en la Punta, para un período que abarca desde el año 1952 hasta al año 1971. En este período el máximo nivel alcanzado corresponde a una altura de 3.90' (1.18 mts) sobre el nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias y el mínimo a una profundidad de 0.40' (0.12 mts) en relación con el mismo nivel de referencia.

En el curso de las investigaciones, se instaló dos mareógrafos en los extremos de la faja del litoral abarcada por Chorrillos y Base Naval del Callao con el objeto de determinar si el estrechamiento creado por el Camonal, frente a la Punta, podría acarrear un desplazamiento entre el Sur y el Norte de la bahía, el mismo que hubiese tenido como consecuencia el provocar corrientes no despreciables, a pesar de las débiles amplitudes de las mareas.

En el gráfico n^o 2., se presenta una superposición típica de las curvas correspondientes a los registros de los dos mareógrafos, así como la curva de marea teórica deducida de la tabla de mareas publicadas por el servicio de Hidrografía. Esta comparación demuestra que no existe ningún intervalo sensible ni en el tiempo ni en las

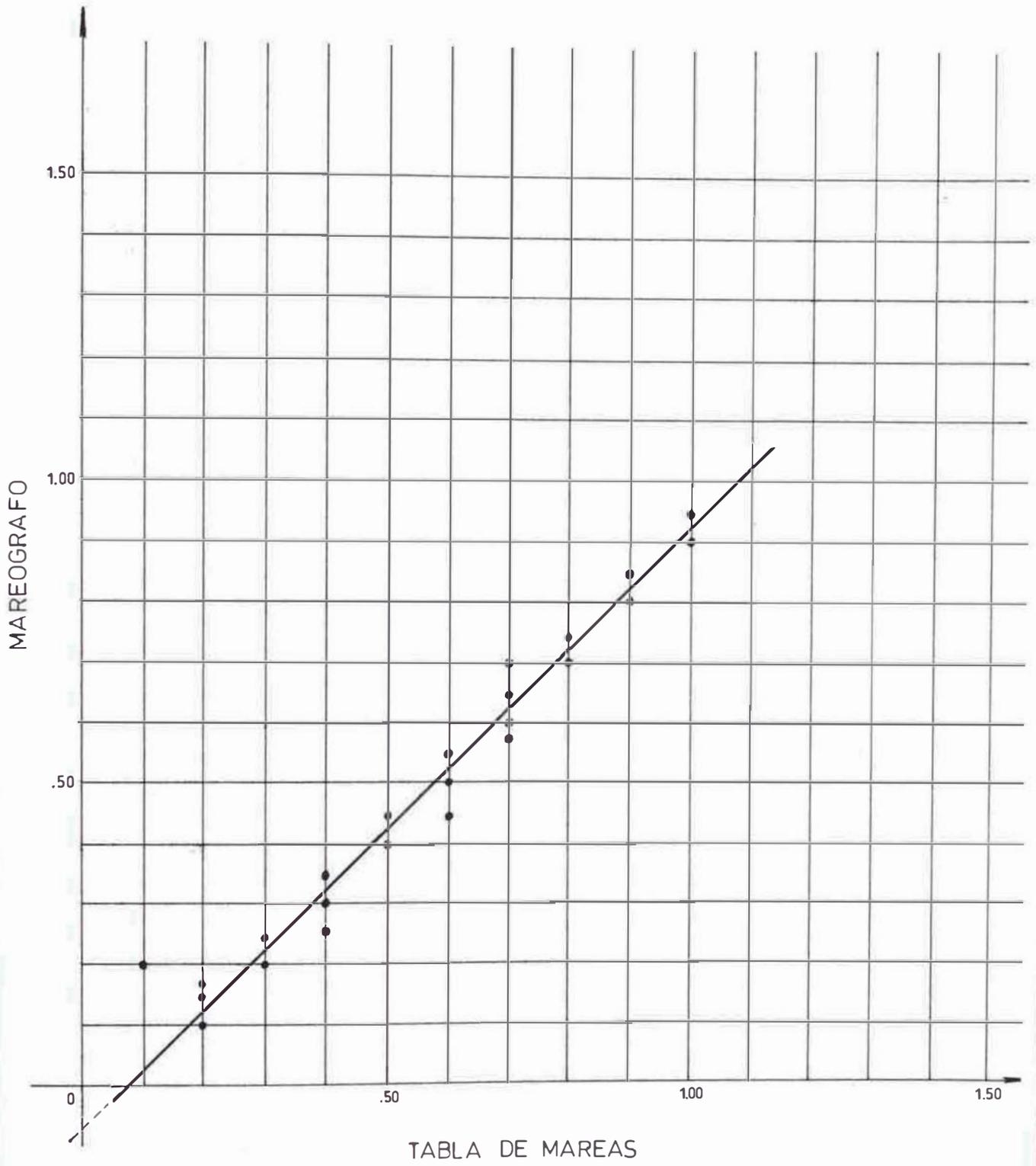
amplitudes, lo que confirma el hecho observado de que las corrientes marinas en esta zona son muy débiles y corresponden principalmente a corrientes de oleaje.

Posteriormente se instaló un aparato de instalaciones de mareas (mareógrafo) marca AOTT el cual por razones de braveza del mar sólo registró las mareas durante un período corto de 15 días, ya que parte de los componentes del mareógrafo fueron arrancados sin poder ser recuperados.

Este mareógrafo se instaló en el Muelle Artesanal Pescadores de Chorrillos, con la finalidad de establecer el nivel de referencia +0.00, M.L.W.S. para relacionar las mediciones topográficas y batimétricas.

El nivel de referencia (M.L.W.S. +0.00) que se toma es el promedio de bajamares de sicigias ordinarias (Mean Low Water Spring). Para determinar este nivel se comparan los registros dados por el mareógrafo instalados en el Muelle de Chorrillos y los pronósticos dados en la tabla de mareas.

Publicadas por el Ministerio de Marina, Dirección de Hidrografía y Navegación para la zona del Callao; la distancia del Puerto del Callao al Muelle de Pescadores de Chorrillos es aproximadamente 18 Km., y siendo mínima la diferencia de mareas hemos asumido que las mareas de Chorrillos y el Callao son similares en amplitud.



COMPARACION DE MAREAS
GRAFICO Nº 2

ABRIL				MAYO				JUNIO							
Día	Hora	Cm		Día	Hora	Cm		Día	Hora	Cm		Día	Hora	Cm	
	0555	34		0258	64			0130	67			0309	70		
1	1325	88		16 0820	40			1 0659	37			16 0834	46		
JU	2023	43		VI 1455	88			SA 1333	91			DO 1424	79		
				2137	30			2021	24			2105	27		
	0131	61		0335	70			0231	76			0345	79		
2	0721	30		17 0911	40			2 0815	34			17 0926	46		
VI	1421	94		SA 1530	85			DO 1426	91			LU 1500	76		
	2059	34		2201	27			2101	18			2132	21		
	0240	70		0409	76			0326	88			0417	85		
3	0830	27		18 0953	37			3 0919	34			18 1011	46		
SA	1508	98		DO 1588	85			LU 1513	91			MA 1532	73		
	2140	24		2222	27			2142	9			2158	18		
	0336	82		0441	82			0419	98			0448	91		
4	0930	24		19 1035	37			4 1019	30			19 1054	43		
DO	1598	101		LU 1627	82			MA 1601	88			MI 1606	73		
	2219	15		2246	24			2226	6			2225	18		
	0425	91		0511	88			0505	107			0524	94		
5	1026	21		20 1112	37			5 1115	30			20 1136	43		
LU	1637	101		MA 1655	82			MI 1650	85			JU 1638	70		
	2257	9		2309	21			2305	3			2254	15		
	0514	101		0542	91			0554	110			0556	98		
6	1118	18		21 1149	37			6 1210	30			21 1221	40		
MA	1719	98		MI 1721	79			JU 1736	82			VI 1713	67		
	2336	6		2333	21			2349	3			2325	15		
	0603	107		0616	94			0643	113			0631	101		
7	1213	21		22 1228	40			7 1307	30			22 1303	40		
MI	1802	94		JU 1749	73			VI 1822	76			SA 1745	64		
				2359	18							2357	15		
	0018	6		0649	94			0032	6			0712	104		
8	0652	110		23 1305	40			8 0735	113			23 1349	40		
JU	1307	24		VI 1815	70			SA 1406	34			DO 1825	61		
	1847	88						1913	70						
	0100	6		0025	21			0116	12			0031	15		
9	0744	107		24 0724	98			9 0824	110			24 0751	104		
VI	1403	30		SA 1351	43			DO 1507	37			LU 1438	40		
	1932	79		1840	67			2005	64			1907	61		
	0143	12		0052	21			0201	18			0111	18		
10	0839	104		25 0803	94			10 0918	104			25 0833	101		
SA	1507	37		DO 1438	46			LU 1618	40			MA 1530	40		
	2021	70		1911	64			2104	58			1958	58		
	0230	18		0123	24			0251	27			0153	21		
11	0940	101		26 0846	94			11 1016	98			26 0918	101		
DO	1627	40		LU 1532	49			MA 1732	40			MI 1622	40		
	2123	64		1950	58			2224	55			2107	55		
	0325	24		0200	27			0349	34			0246	27		
12	1048	94		27 0938	91			12 1114	91			27 1009	98		
LU	1754	43		MA 1640	49			MI 1841	37			JU 1717	34		
	2242	58		2042	55			2359	55			2228	58		
	0429	34		0251	30			0501	40			0351	34		
13	1202	91		28 1033	91			13 1211	88			28 1059	94		
MA	1929	40		MI 1752	46			JU 1930	34			VI 1809	30		
				2218	55							2355	61		
	0030	58		0403	34			0125	58			0514	40		
14	0554	37		29 1137	91			14 0617	46			29 1155	91		
MI	1314	88		JU 1849	40			VI 1303	85			SA 1859	24		
	2026	37						2012	30						
	0154	61		0002	58			0223	64			0117	70		
15	0713	40		30 0530	37			15 0733	46			30 0640	40		
JU	1410	88		VI 1237	91			SA 1346	82			DO 1253	85		
	2108	34		1938	34			2044	30			1943	18		
												0223	79		
												31 0803	43		
												LU 1348	82		
												2029	12		

OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
Día	Hora	Cm		Día	Hora	Cm		Día	Hora	Cm		Día	Hora	Cm	
	0547	73		0531	82		0056	30	0137	21		0134	34	0225	24
1	1201	12	16	1147	-9		1 0555	58	16 0644	61	1	0607	55	16 0725	58
VI	1823	76	SA	1825	101		LU 1207	9	MA 1250	-3	MI 1215	9	JU 1319	6	
							1912	85	1957	104	1934	94	2030	101	
	0026	24		0039	15		0141	34	0240	24	0217	34	0320	24	
2	0612	70	17	0617	76		2 0623	55	17 0739	55	2 0647	52	17 0822	55	
SA	1223	12	DO	1228	-6		MA 1233	12	MI 1337	3	JU 1248	9	VI 1404	15	
	1855	79		1916	101		1947	85	2053	98	2011	91	2115	94	
	0102	27		0136	18		0227	37	0346	27	0307	34	0412	27	
3	0634	64	18	0702	67		3 0651	52	18 0840	52	3 0733	49	18 0923	52	
DO	1246	12	LU	1313	-3		MI 1302	12	JU 1427	12	VI 1328	15	SA 1453	24	
	1931	76		2009	98		2029	82	2149	94	2052	91	2157	88	
	0140	30		0242	24		0318	37	0458	27	0352	34	0508	27	
4	0655	61	19	0754	61		4 0724	46	19 0957	46	4 0829	49	19 1039	52	
LU	1307	15	MA	1401	3		JU 1334	15	VI 1525	21	SA 1414	18	DO 1543	34	
	2003	76		2110	94		2114	82	2246	88	2135	88	2241	82	
	0222	37		0354	27		0424	37	0608	24	0441	30	0557	27	
5	0718	55	20	0853	52		5 0812	46	20 1128	46	5 0945	49	20 1206	55	
MA	1333	18	MI	1455	12		VI 1418	21	SA 1634	30	DO 1511	24	LU 1648	40	
	2045	73		2218	88		2203	79	2345	82	2221	85	2323	73	
	0310	40		0521	27		0533	37	0706	24	0530	24	0645	24	
6	0733	52	21	1014	46		6 0936	43	21 1301	52	6 1111	52	21 1325	58	
MI	1401	18	JU	1601	18		SA 1520	24	DO 1754	34	LU 1624	30	MA 1810	46	
	2136	73		2330	85		2303	79			2314	82			
	0430	43		0650	27		0629	30	0040	76	0622	18	0009	70	
7	0757	46	22	1158	46		7 1131	46	22 0752	21	7 1240	61	22 0722	24	
JU	1438	21	VI	1721	24		DO 1646	27	LU 1410	58	MA 1753	37	MI 1431	64	
	2242	70						1917	37			1943	49		
	0613	40		0040	82		0002	79	0128	73	0010	79	0054	64	
8	0907	43	23	0756	24		8 0714	24	23 0824	18	8 0711	12	23 0759	21	
VI	1546	24	SA	1330	49		LU 1300	52	MA 1500	64	MI 1352	70	JU 1516	70	
	2352	73		1846	27		1819	30	2023	40	1923	37	2057	49	
	0725	37		0141	79		0059	79	0210	70	0108	76	0143	61	
9	1130	43	24	0841	21		9 0753	15	24 0855	15	9 0759	6	24 0834	18	
SA	1719	27	DO	1436	55		MA 1405	64	MI 1542	70	JU 1452	79	VI 1550	76	
				1959	27		1941	27	2119	40	2044	37	2156	46	
	0057	76		0231	79		0151	79	0246	67	0207	73	0229	61	
10	0803	30	25	0916	18		10 0832	9	25 0921	12	10 0845	0	25 0908	15	
DO	1311	49	LU	1524	61		MI 1500	76	JU 1614	76	VI 1545	91	SA 1627	85	
	1851	24		2054	27		2047	27	2206	37	2151	34	2245	43	
	0150	79		0307	76		0241	79	0321	64	0303	70	0317	58	
11	0836	24	26	0945	15		11 0914	0	26 0946	9	11 0932	-3	26 0940	12	
LU	1418	58	MA	1559	67		JU 1550	85	VI 1642	82	SA 1633	101	DO 1657	88	
	2002	21		2143	27		2150	24	2251	37	2252	30	2321	40	
	0236	82		0342	73		0329	79	0353	61	0358	67	0359	58	
12	0911	15	27	1007	12		12 0953	-6	27 1014	9	12 1017	-6	27 1015	9	
MA	1512	70	MI	1631	73		VI 1639	94	SA 1716	85	DO 1724	107	LU 1731	94	
	2103	15		2225	27		2246	21	2330	34	2347	27			
	0322	85		0410	70		0417	76	0425	61	0451	67	0000	37	
13	0948	6	28	1030	9		13 1036	-9	28 1043	6	13 1103	-6	28 0441	58	
MI	1602	79	JU	1703	79		SA 1728	104	DO 1749	91	LU 1811	110	MA 1051	6	
	2158	12		2302	27		2343	21					1804	98	
	0404	85		0436	67		0506	73	0011	34	0043	24	0038	34	
14	1025	0	29	1052	9		14 1120	-9	29 0500	58	14 0542	64	29 0520	58	
JU	1647	88	VI	1733	82		DO 1816	107	LU 1112	6	MA 1148	-6	MI 1127	6	
	2251	12		2339	27				1821	91	1857	110	1838	101	
	0446	85		0504	64		0039	21	0053	34	0136	24	0114	30	
15	1105	-6	30	1117	9		15 0554	67	30 0533	55	15 0633	61	30 0604	58	
VI	1736	94	SA	1805	85		LU 1203	-9	MA 1144	6	MI 1234	0	JU 1204	6	
	2344	12					1908	107	1857	94	1944	107	1914	101	
				0016	27							0151	30		
				0529	61							0647	98		
				1142	9							1243	9		
				1837	85							1950	101		

2.5.- VIENTOS

CARACTERISTICAS DE LOS VIENTOS LOCALES

ASPECTOS GENERALES

Con anterioridad al presente estudio no se han efectuado mediciones de vientos en el área específica del proyecto. En cambio existen algunas estaciones meteorológicas, en la ciudad de Lima o en sus proximidades, en las cuales se han registrado velocidades y direcciones de vientos en periodos relativamente significativos.

El análisis de la información existente lleva a la conclusión de que los vientos locales de mayor intensidad se concentran en los meses de Octubre y Enero, tal como se puede apreciar en el resumen, que se presentan a continuación obtenido a partir de los registros de la estación meteorológica CORPAC-LIMATAMBO, que es una de las pocas en las que se han evaluado este tipo de datos:

- Periodo de Observaciones: 1950 - 1962
- Número de días con velocidades de viento mayores de 13 Km/hora.

Febrero	41 días	
Marzo	43 días	
Abril	27 días	
Mayo	26 días	
Sub Total		137 días
Junio	28 días	
Julio	32 días	
Agosto	24 días	

Setiembre	34 días	
Sub Total		118 días
Octubre	68 días	
Noviembre	50 días	
Diciembre	79 días	
Enero	67 días	
Sub Total		264 días

Concordantemente con este resultado se procedió a instalar equipos de medición de vientos, proporcionados gentilmente por el Servicio Nacional de Hidrología y Metereología, en tres puntos estratégicos del litoral:

La Perla, Espigón A-11 (en las proximidades de la Bajada de Armendáriz) y Playa de Villa. Los resultados obtenidos se muestran en los cuadros que se adjuntan al final del presente capítulo.

EQUIPO EMPLEADO

Para disponer de los datos representativos de la faja costera, ha sido necesario el empleo de 3 anemómetros marca WILD LAMBRECHT modelo 1421 y, de 3 veletas simples provistas de sus respectivas brújulas.

HORARIO DE MEDICIONES Y PERIODO DE REGISTROS

Con la finalidad de que los resultados fueran comparables con medidas de vientos que se realizan sistemáticamente, por la parte de los organismos oficiales,

se adoptó tomar 3 medidas diarias en los horarios de 7 a.m., 1 p.m. y 7 p.m. Igualmente las medidas abarcaron un periodo de aproximadamente 25 días consecutivos comprendidos entre los meses de Diciembre de 1971 y Enero de 1972.

Para poder realizar el análisis comparativo con los resultados obtenidos en la zona de playas, se procedió al mismo tiempo a obtener información de medidas de viento de las estaciones de La Punta (Escuela Naval) y Campo de Marte, exactamente para el mismo periodo.

RESULTADOS OBTENIDOS

Con los valores de vientos, obtenidos directamente en la zona de playas, así como con los obtenidos de los archivos de La Punta y Campo de Marte, se ha verificado su procedimiento con la finalidad de establecer características básicas de direcciones y velocidades.

1. Dirección de los Vientos

a. Direcciones en los puntos observados

En las tres estaciones instaladas, se ha procedido a determinar la frecuencia de los vientos para obtener una apreciación de la dirección predominante en cada una de ellas.

Como se puede observar en los cuadros de frecuencia adjuntos, la dirección promedio predominante es Sur, manteniéndose una variación sobre el valor medio del orden de los 30 aproximadamente. Las frecuencias con direcciones relativas al Norte son muy pequeñas. Concluyentemente se puede admitir que en la zona estudiada la tendencia predominante en los meses de vientos de mayor intensidad, es relativa al Sur.

b. Direcciones en otras estaciones

Paralelamente a la obtención de datos del litoral, se han obtenido las planillas de datos de vientos, para el mismo periodo, correspondientes a las estaciones de vientos de La Punta y Campo de Marte. En el caso de La Punta las frecuencias de direcciones son exactamente coincidentes con las 3 instaladas en la playa, (una marcada predominancia media de dirección "Sur") y en el caso del Campo de Marte, se observa en el análisis de frecuencias (cuadro Nº 3-VI-6) una pequeña variación en las direcciones promedios hacia el Oeste; en este caso la predominancia media es Sur-Oeste.

Es necesario puntualizar que los registros de las estaciones de "Las Palmas", "Chorrillos" y la "Punta", para 10 años de observaciones, señalan que la frecuencia de vientos predominantes es también relativa al Sur.

2. Velocidades

a. Velocidades promedios

En todas las estaciones instaladas se observa una ligera variación de los valores promedios, inclusive en los casos de las estaciones de La Punta y Campo de Marte, tal como se aprecia en el cuadro siguiente:

Velocidades promedios (en nudos)

Estación	a las 7 h.	a las 13 hs.	a las 19 hs.
La Punta	4.3 nudos	7.7 nudos	6.4 nudos
La Perla	4.1 nudos	8.4 nudos	8.3 nudos
Quebrada de Armendáriz	2.3 nudos	6.9 nudos	7.1 nudos
Villa	3.3 nudos	6.6 nudos	5.1 nudos
Campo de Marte	2.5 nudos	6.6 nudos	6.9 nudos

De acuerdo a este último cuadro resumen las variaciones de los promedios no son muy significativas, observándose un ligero aumento en los registros de la Perla.

b. Velocidades máximas

Es importante para evaluar el efecto del viento en la dinámica marina, erosión de acantilados, definir el rango de variación de las máximas velocidades del viento.

De las mediciones directas de los tres puntos de observación en la playa, y de los registros de estaciones de La Punta y Campo de Marte, se deduce que las máximas velocidades se han presentado a las 19 hs. en La Perla y en la Quebrada de Armendáriz. En La Perla se registró 16.2 nudos (29.2 K/h) y en la Quebrada de Armendáriz 14.6 nudos (26.4 K/h). En el caso de máximas velocidades se aprecia que los valores de las estaciones de la Escuela Naval y Campo de Marte son bastante próximas, 13 y 11 nudos respectivamente; en cambio en Villa los valores máximos son un poco menores, siendo su máximo valor 10.6 nudos. Los valores de máximas velocidades se presentan en el cuadro siguiente:

Velocidades máximas (en nudos)

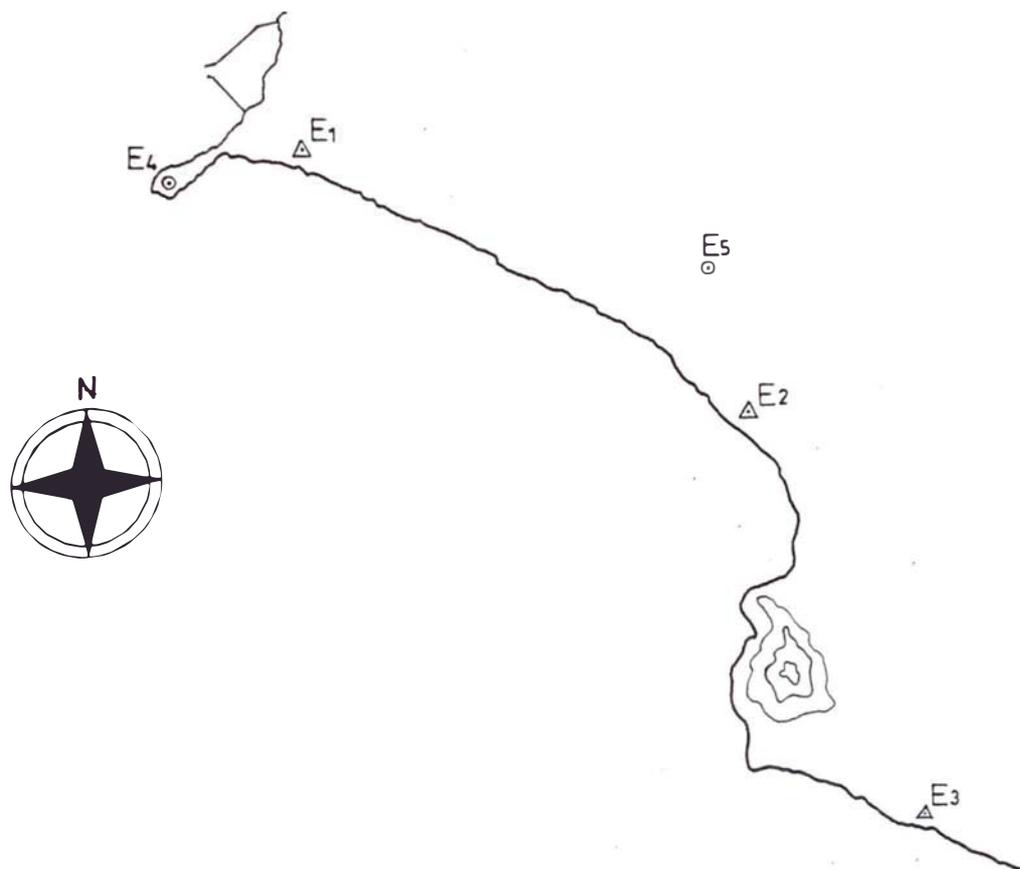
Estación	a las 7	a las 13	a las 9
La Punta	8.0	13.0	11.0
La Perla	7.0	13.0	16.2
Quebrada de Armendáriz	4.2	13.4	14.6
Villa	9.0	10.6	8.0
Campo de Marte	5.0	11.0	11.0

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del análisis de frecuencias predominantes de direcciones de vientos, valores máximos y promedios de velocidades, se concluye que dada la poca discrepancia de los valores obtenidos, puede considerarse que la estación de vientos de la Escuela Naval de La Punta, es un buen índice de los valores características de los vientos locales (direcciones, velocidades máximas y promedios), no siendo necesario para un futuro estudio a nivel de factibilidad instalar estaciones estables ubicadas en puntos de la faja costera del proyecto.

Se adjuntos al presente trabajo los cuadros de los datos de vientos obtenidos en las tres estaciones instaladas y los registros obtenidos de las estaciones de la Escuela Naval y el Campo de Marte.

UBICACION DE ESTACIONES DE VIENTOS



LEYENDA :

ESTACIONES INSTALADAS CORPEI S.A

E1..... (ESTACION MAR BRAVA - LA PERLA)

E2..... (ESTACION QUEBRADA ARMENDARIZ)

E3..... (ESTACION VILLA)

ESTACIONES EXISTENTES (S.E.N.A.H.M.I)

E4..... (ESTACION ESCUELA NAVAL - LA PUNTA)

E5..... (ESTACION CAMPO DE MARTE)

○

CUADRO Nº 3 - VI - 1

MEDICIONES DE VIENTO

ESTACION VILLA

VELOCIDAD EFECTIVA Y DIRECCION

FECHA	Metros / seg.			Nudos.		
	07 hs.	13 hs.	19 hs.	07 hs.	13 hs.	19 hs.
20/12/71		3.9 S	4.0 SE		7.8 S	8.0 SE
21/12/71	1.3 SE	3.8 S	2.0 SE	2.6 SE	7.6 S	4.0 SE
22/12/71	4.5 NW	5.3 SW	2.0 SW	9.0 NW	10.6 SW	4.0 SW
23/12/71	2.0 SE	2.5 S	1.9 S	4.0 SE	5.0 S	3.8 S
24/12/71	1.7 SE	2.5 SW	1.9 SE	3.4 SE	5.0 SW	3.8 SE
25/12/71	1.3 SE	2.9 S	2.4 SE	2.6 SE	5.8 S	4.8 SE
26/12/71	2.3 SE	3.4 S	2.8 SE	4.6 SE	6.8 S	5.6 SE
27/12/71	1.5 SE	3.3 SE	3.3 SE	3.0 SE	6.6 SE	6.6 SE
28/12/71	1.0 SE	3.5 SW	1.5 SE	2.0 SE	7.0 SW	3.0 SE
29/12/71	1.7 SW	2.7 SW	3.6 SE	3.4 SW	5.4 SW	7.2 SE
30/12/71	1.0 SE	5.0 S	3.6 SE	2.0 SE	10.0 S	7.2 SE
31/12/71	1.7 SE	3.7 SW	3.3 SE	3.4 SE	7.4 SW	6.6 SE
01/01/72	2.0 SW	3.6 SW	1.9 SE	4.0 SW	7.2 SW	3.8 SE
02/01/72	2.0 SW	3.0 S	2.0 S	4.0 SW	6.0 S	4.0 S
03/01/72	2.0 SW	3.6 SW	1.7 S	4.0 SW	7.2 SW	3.4 S
04/01/72	1.0 SW	2.7 SW	2.8 SE	2.0 SW	5.4 SW	5.6 SE
05/01/72	1.7 S	3.5 SE	3.2 SE	3.4 S	7.0 SE	6.4 SE
06/01/72	2.0 SE	3.6 S	1.0 S	4.0 SE	7.2 S	2.0 S
07/01/72	0	3.0 S	3.0 SW	0 -	6.0 S	6.0 SW
08/01/72	1.3 S	2.7 S	2.4 SE	2.6 S	5.4 S	4.8 SE
09/01/72	0 -	2.8 S	2.8 S	0 -	5.6 S	5.6 S
10/01/72	2.5 SW	2.4 SW	2.4 SE	5.0 SW	4.8 SW	4.8 SE
11/01/72	2.5 S	3.7 SW	3.2 SE	5.0 S	7.4 SW	6.4 SE
12/01/72	1.6 SW	1.9 SW	2.9 SE	3.2 SW	3.8 SW	5.8 SE

CUADRO Nº 3 - VI - 2

MEDICIONES DE VIENTO

ESTACION "QUEBRADA DE ARMENDARIZ"

VELOCIDAD EFECTIVA Y DIRECCION

FECHA	07 hs.	Metros / seg.			Nudos.		
		07 hs.	13 hs.	19 hs.	07 hs.	13 hs.	19 hs.
20/12/71		5.3 s	5.9 SSE		10.6 S	11.8 SSE	
21/12/71		4.2 SSW	4.5 SSE		8.4 SSW	9.0 SSE	
22/12/71		2.0 SSW	1.8 NW		4.0 SSW	3.6 NW	
23/12/71	1.0 S	4.5 SSW		2.0 S	9.0 SW		
24/12/71	1.9 S	1.3 NW	3.3 S	3.8 S	2.6 NW	6.6 S	
25/12/71	1.0 NW	3.5 SW	3.8 S	2.0 NW	7.0 SW	7.6 S	
26/12/71	1.0 SW	4.1 SW	5.6 SEE	2.0 SW	8.2 SW	11.2 SEE	
27/12/71	2.0 SW	4.4 SW	3.4 SE	4.0 SW	8.8 SW	6.8 SE	
28/12/71		2.7 SW			5.4 SW		
29/12/71			5.5 S			11.0 S	
30/12/71		6.7 SSE	5.5 S		13.4 SSE	11.0 S	
31/12/71	1.0 S	3.5 S	5.6 SSE	2.0 S	7.0 S	11.2 SSE	
01/01/72	1.8 SW	1.9 W	2.3 SW	3.6 SW	3.8 W	4.6 SW	
02/01/72	1.3 S	4.1 SWW	2.9 SE	2.6 S	9.2 SWW	5.8 SE	
03/01/72	1.3 S	3.5 SW	1.6 SW	2.6 S	7.0 SW	3.2 SW	
04/01/72	1.3 S	3.6 SW	2.8 S	2.6 S	7.2 SW	5.6 S	
05/01/72	2.1 NE	3.5 SW	7.3 NEE	4.2 NE	7.0 SW	14.6 NEE	

CUADRO Nº 3 - VI - 3

MEDICIONES DE VIENTO

ESTACION "MAR BRAVA - LA PERLA"

VELOCIDAD EFECTIVA Y DIRECCION

FECHA	07 hs.	Metros / seg.		07 hs.	Nudos.	
		13 hs.	19 hs.		13 hs.	19 hs.
20/12/71		5.5 S	4.0 SE		11.0 S	13.8 SE
21/12/71	3.0 S	5.6 S	3.6 S	6.0 S	11.2 S	7.2 S
22/12/71	1.7 N	3.9 S	3.5 S	3.4 N	7.8 S	7.0 S
23/12/71	0 -	3.6 S	1.3 S	0 -	7.2 S	2.6 S
24/12/71	2.0 SE	2.9 S	2.9 S	4.0 SE	5.8 S	5.8 S
25/12/71	1.3 S	4.9 S	4.6 S	2.6 S	9.8 S	9.2 S
26/12/71	3.5 S	4.9 S	5.5 S	7.0 S	9.8 S	11.0 S
27/12/71	3.4 S	5.0 S	5.6 S	6.8 S	10.0 S	11.2 S
28/12/71	2.7 S	4.4 S	2.2 S	5.4 S	8.8 S	4.4 S
29/12/71	1.0 S	3.7 S	2.8 S	2.0 S	7.4 S	5.6 S
30/12/71	2.5 SE	6.5 S	8.1 S	5.0 SE	13.0 S	16.2 S
31/12/71	2.8 SE	4.1 S	4.9 S	5.6 SE	8.2 S	9.8 S
01/01/72	1.8 S	3.5 S	3.9 S	3.6 S	7.0 S	7.8 S
02/01/72	0 -	3.6 NW	4.1 S	0 -	7.2 NW	8.2 S
03/01/72	1.5 S	3.3 SW	4.8 S	3.0 S	6.6 SW	9.6 S
04/01/72	2.3 S	4.5 S	4.8 SE	4.6 S	9.0 S	9.6 SE
05/01/72	3.5 S	5.0 S	3.2 SE	3.4 S	7.0 SE	6.4 SE
06/01/72	1.4 SE	4.9 S	5.6 S	2.8 SE	9.8 S	11.2 S
07/01/72	1.3 SE	5.0 S	4.7 S	2.6 SE	10.0 S	9.4 S
08/01/72	2.5 S	3.8 S	2.5 SE	5.0 S	7.6 S	5.0 SE
09/01/72	2.9 SE	2.4 SE	3.0 S	5.8 SE	4.8 SE	6.0 S
10/01/72	2.7 SE	3.3 SE	4.7 SE	5.4 SE	6.6 SE	9.4 SE
11/01/72	1.6 NW	2.8 S	1.9 S	3.2 NW	5.6 S	3.8 S
12/01/72	2.5 SE	3.4 S	2.9 S	5.0 SE	6.8 S	5.8 S
13/01/72	1.3 S			2.6 S		

CUADRO Nº 3 - VI - 4

MEDICIONES DE VIENTO

ESTACION "CAMPO DE MARTE"

VELOCIDAD EFECTIVA Y DIRECCION

FECHA	NUDOS		
	07 hs	13 hs	19 hs
20/12/71	5 SSW	8 SW	9 SE
21/12/71	3 WSW	8 SW	6 S
22/12/71	4 NNW	8 SW	6 SW
23/12/71	1 SSE	8 SW	4 SW
24/12/71	0 -	5 SW	4 SSW
25/12/71	2 SW	7 SW	5 SW
26/12/71	5 SW	7 SSW	6 SW
27/12/71	2 SSE	6 SSW	10 SSW
28/12/71	3 SSW	7 SW	6 SSW
29/12/71	4 SW	6 SW	8 SSE
30/12/71	3 SSW	11 SSW	9 S
31/12/71	4 SW	9 SSW	11 SSW
01/01/72	4 NW	3 WNW	5 SW
02/01/72	3 SW	8 NW	6 SW
03/01/72	1 WSW	3 WSW	3 SSW
04/01/72	2 SSW	5 SW	6 SSW
05/01/72	0 -	7 SSW	5 SSW
06/01/72	2 SSW	5 SSW	6 SW
07/01/72	0 -	9 SSW	11 SSW
08/01/72	3 SW	11 SW	8 SW
09/01/72	0 -	8 SW	10 SW
10/01/72	2 SE	9 SW	8 SSW
11/01/72	0 -	6 SSW	8 SSW
12/01/72	4 SW	4 WSW	6 SW
13/01/72	4 S		

CUADRO Nº 3 - VI - 5

MEDICIONES DE VIENTO

ESTACION "ESCUELA NAVAL - LA PUNTA"

VELOCIDAD EFECTIVA Y DIRECCION

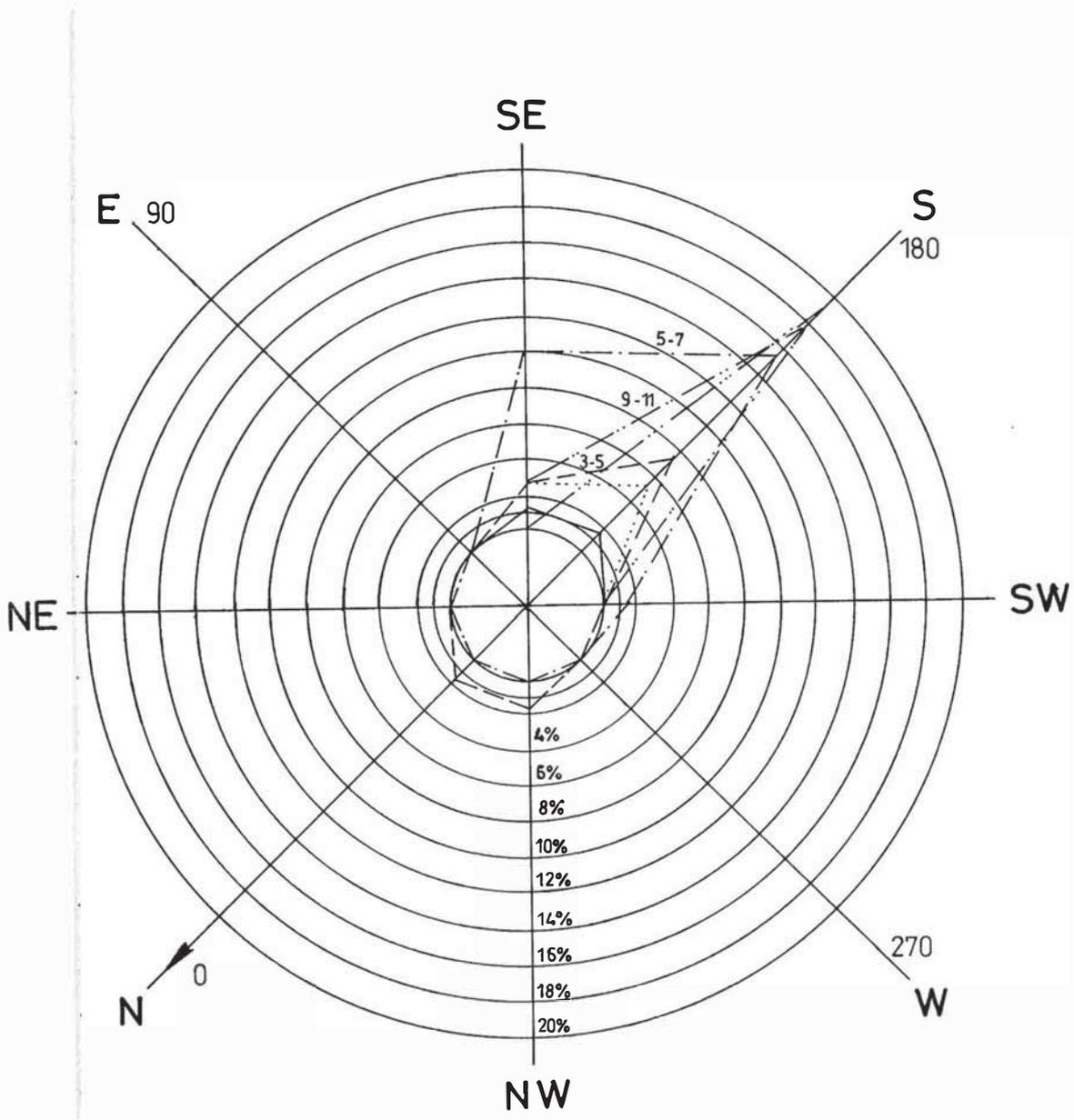
FECHA	NUDOS		
	07 hs	13 hs	19 hs
20/12/71	8 E	13 SSE	9 SE
21/12/71	7 SSE	8 SE	8 S
22/12/71	5 NW	10 S	2 SSE
23/12/71	5 S	7 S	0 -
24/12/71	5 S	0 -	0 -
25/12/71	4 S	9 S	8 S
26/12/71	2 S	11 S	6 SSE
27/12/71	6 S	8 S	6 S
28/12/71	0 -	8 SW	7 W
29/12/71	3 S	6 S	6 SE
30/12/71	6 SE	12 S	6 SE
31/12/71	6 SE	7 SE	10 S
01/01/72	3 SE	9 S	9 SE
02/01/72	0 -	5 NW	8 S
03/01/72	0 -	4 WNW	11 S
04/01/72	6 S	9 S	7 S
05/01/72	5 SE	10 S	7 SSE
06/01/72	3 SE	8 SE	8 SE
07/01/72	5 S	11 S	10 SSE
08/01/72	5 NE	8 S	4 S
09/01/72	7 SE	6 S	6 SSE
10/01/72	8 S	9 S	6 S
11/01/72	4 SE	8 WSW	7 SSE
12/01/72	5 WSW	0 -	2 SE
13/01/72	0 -		

C U A D R O N º 3 - V I - 6

FRECUENCIA DE VIENTOS EN LAS ESTACIONES ESTUDIADAS

AMPLITUD DE DIRECCION	DIRECCION MEDIA	FRECUENCIAS				
		VILLA	QUEBRADA DE ARMEN-DARIZ	LA PERLA	CAMPO DE MARTE	LA PUNTA
NNW - NNE	N	0	0	1	0	0
NNE - NEE	NE	0	2	0	0	1
NEE - SEE	E	0	0	0	0	1
SEE - SEE	SE	29	7	14	5	24
SSE - SSW	S	19	13	52	3	32
SSW - SWW	SW	20	16	1	56	3
SWW - NWW	W	0	1	0	0	1
NWW - NNW	NW	1	3	2	4	3

ROSA DE LOS VIENTOS



2.6.- CORRIENTES

LAS CORRIENTES MARINAS

En el Mar del Perú incursionan varias corrientes marinas de las cuales son importantes: la corriente de Humboldt y la corriente del Niño.

LA CORRIENTE DE HUMBOLDT

Es de aguas frías y recorre nuestro litoral se Sur a Norte, a una velocidad de 28 Km por día. Tiene un ancho promedio que varía entre 185 y 370 Km, según sea verano o en invierno respectivamente. Esta corriente forma parte del gran movimiento circulatorio de las aguas del Pacífico Sur.

El Mar del Perú; frente a la Costa Central y Meridional tiene aguas frías y como tal, ejerce una influencia decisiva en el clima de la Costa.

La frialdad de las aguas del Mar del Perú hace que el clima de la Costa sea diferente a lo que le corresponde por su latitud. En efecto, al Mar del Perú se debe que la Costa no tenga un clima tropical, que se forme sobre ella un denso techo de nubes estratos, que no haya lluvias y que tenga un paisaje desértico.

LA CORRIENTE DEL NIÑO

La corriente del Niño es de aguas tibias por proceder de los mares ecuatoriales. Se desplaza de Norte a Sur frente a las costas de la Región Grau.

A veces, sus aguas avanzan hasta las costas de

Paracas, ocasionando fuertes precipitaciones en la costa, donde normalmente no llueve.

Se realizó mediciones de corrientes durante los meses de Noviembre y Diciembre de 1958 y Enero de 1959 (ver cuadro nº 1). La relación de estas mediciones se muestran en los cuadros adjuntos.

Los días 4, 9, 12, 18 y 26 de Febrero y 3, 11, 19 y 24 de Marzo de 1971, en el curso del presente estudio, se hicieron mediciones complementarias de corrientes marinas en diferentes puntos del litoral con un correntómetro marca GURLEY tipo 622, con una precisión de registro de 0.20 m/seg. En ningún caso las velocidades fueron mayores de 20 revoluciones en 60 segundos es decir 0.235 m/seg. y en la mayoría de los casos se registraron valores de 5 revoluciones en 70 seg. es decir 0.058 m/seg.

En las fechas 16 al 22-03-89 se realizaron mediciones de corrientes en dos lugares diferentes tanto en marea llenante como en marea vaciante según aparece en los planos de corrientes; la mediciones se realizaron utilizando tres flotadores de mariposa con fondo de dos metros para detectar corrientes marinas a dos metros debajo del nivel del mar.

La dirección seguida por los flotadores indican que las corrientes en mareas llenante son de Oeste a Este y las corrientes de marea vaciante son de Este a Nor Este, estas direcciones fueron obtenidas por intercepciones realizadas

desde tierra en cada unidad de tiempo con lo cual además es posible obtener sus respectivas velocidades, siendo estas no significativas; así se obtiene para marea llenante velocidades comprendidas entre 0.09 a 0.13 m/seg y para marea vaciante de 0.03 a 0.8 m/seg (ver planos PC-1 y PC-2)

CUADRO 1
 MEDICIONES EFECTUADAS CON EL CORRIENTOMETRO

PUNTO 1 3/12/58		PUNTO 2 12/12/58	
RUMBO °gr.	VELO- CIDAD m/seg.	RUMBO °gr.	VELO- CIDAD m/seg.
60	0.08	50	0.04
65	0.06	60	0.07
70	0.06	65	0.08
75	0.04	70	0.06
80	0.06	75	0.04
85	0.08	80	0.04
90	0.12	85	0.10
95	0.12	90	0.10
100	0.12	95	0.07
105	0.12	100	0.08
110	0.04	105	0.08
115	0.09	110	0.14
120	0.08	115	0.10
125	0.08	120	0.14
250	0.04	125	0.08
255	0.07	130	0.12
260	0.06	135	0.03
265	0.06	150	0.04
270	0.12	160	0.06
275	0.10	175	0.07
280	0.08	180	0.10
285	0.12	240	0.03
290	0.10	245	0.08
295	0.10	250	0.07
300	0.07	255	0.08
305	0.06	260	0.10
360	0.08	265	0.08
		270	0.12
		275	0.10
		280	0.10
		285	0.11
		290	0.11
		295	0.10
		300	0.04
		305	0.08
		310	0.08
		330	0.04
		360	0.08

PUNTO 3 6/11/58		PUNTO 4 6/01/59	
RUMBO °gr.	VELO- CIDAD m/seg.	RUMBO °gr.	VELO- CIDAD m/seg.
50	0.02	30	0.11
60	0.07	40	0.17
65	0.08	55	0.10
70	0.04	60	0.12
75	0.04	70	0.12
80	0.08	75	0.14
85	0.06	80	0.10
90	0.18	85	0.08
95	0.07	90	0.14
100	0.06	95	0.08
105	0.04	100	0.10
110	0.04	105	0.09
115	0.08	110	0.12
120	0.07	115	0.14
130	0.02	120	0.12
135	0.03	125	0.04
140	0.04	130	0.16
145	0.02	135	0.14
160	0.03	140	0.08
210	0.06	145	0.07
240	0.02	210	0.12
245	0.05	220	0.16
250	0.03	230	0.04
255	0.04	235	0.14
260	0.06	250	0.20
275	0.04	255	0.11
280	0.06	260	0.11
285	0.06	265	0.08
290	0.06	270	0.14
295	0.05	275	0.14
300	0.04	280	0.11
305	0.05	290	0.11
310	0.03	295	0.10
315	0.03	300	0.11
320	0.02	305	0.10
325	0.02	310	0.11
330	0.04	315	0.12
		320	0.12

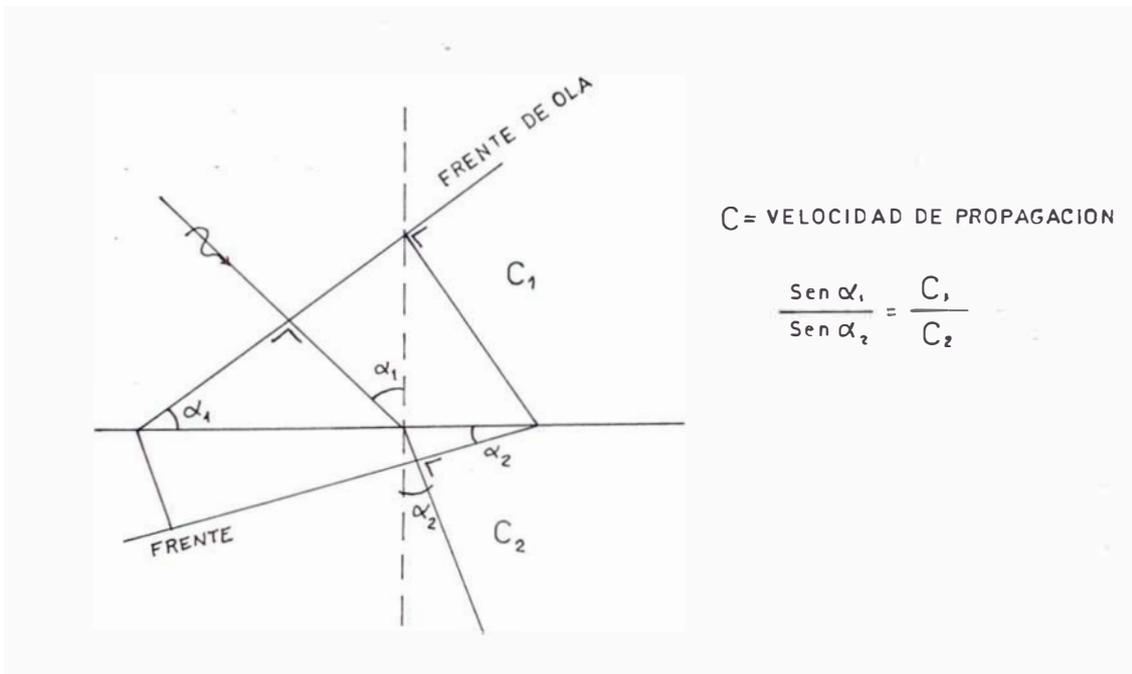
2.7.- REFRACCION DE OLAS

REFRACCION

La refracción es el cambio en la dirección de propagación de las olas por efecto del ángulo que forma estas con las cotas de profundidad ó por corrientes marinas.

Si un frente de ola se mueve dentro de una zona donde la velocidad de propagación es diferente ocurriría una rotura (no confundir con el rompimiento en el sentido del fenómeno debido a encontrar una altura demasiado pequeña del agua en relación con la altura de la ola).

Asi como para otros fenómenos de onda (por ejemplo la luz) se aplica la ley de Snell, aqui tambien:



Por ejemplo, para líneas batimétricas paralelas "C" disminuirá gradualmente para olas que se aproximan a la playa y por consecuencia los frentes de ola oblicuos se

volveran más y más paralelos a la costa.

El proceso total es reversible de manera que las olas que viajan de aguas poco profundas hacia más profundas (por ejemplo en un canal sumergido) obtendrán frentes de olas las cuales se volveran más y más oblicuas a las líneas batimétricas.

Asumiendo que la energía de ola presente entre dos rayos de olas es constante y recordando que la energía es proporcional a la altura de la ola H^2 , la siguiente relación para las alturas de olas en las localidades 1 y 2, es usada, (esta relación es usualmente llamada el coeficiente de refracción K_r).

$$\frac{H_1}{H_2} = \sqrt{\frac{B_1}{B_2}} = \frac{\cos\alpha_1}{\cos\alpha_2}$$

Además de la refracción hay también efectos de los bajos, lo cual es debido solamente al cambio de profundidades del mar es decir a la batimetría del fondo.

Para diferentes profundidades de agua la proporción entre la velocidad del grupo (la cual es la velocidad del transporte de la energía) y la velocidad de fase es diferente, este efecto causa un cambio en la altura de la ola.

Con respecto a las olas en aguas profundas con altura H_0 ,

las olas en una cierta posición tienen una altura H igual a:

$$H = H_0 \sqrt{\frac{n_0 C_0}{n C}}$$

Con:

C = Velocidad de fase

$$\sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}}$$

d = Profundidad del agua

L = Longitud de la ola

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

g = Aceleración de la gravedad

n = coeficiente

$$\frac{1}{2} \left(1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh \frac{4\pi d}{L}} \right) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2Kd}{\sinh 2Kd} \right)$$

para aguas profundas $n_0 = 1/2$ y

En la tabla n° 1 se da el valor de H/H₀ como $C_0 = \sqrt{\frac{gL_0}{2\pi}} = \frac{gT}{2\pi}$

una función de d/L₀, la proporción H₁/H₂

para dos diferentes profundidades de agua pueden facilmente

ser determinadas del cociente de los valores de H/Ho respectivos.

Con $K_s = H/H_o$ debido al efecto de los bajos y $K_r = H_2/H_1$ las relaciones resultantes entre las alturas de las olas sobre dos profundidades de agua es:

$$\frac{H_2}{H_1} = K_r \cdot K_s = \sqrt{\frac{n_1 C_1}{n_2 C_2}} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}$$

Cuando los rayos de olas (ortogonales) han sido determinados, ya sea por computadoras o por cálculos manuales, algunas veces se encontrará que los rayos de olas se concentran en un punto, ellos convergen focalmente como la luz cayendo a través de lentes. Teóricamente se obtendría una altura de ola infinita pero por razones físicas la altura de ola será limitada: ya sea por la máxima pendiente de ola posible ($H/L = 1/7$) o por el H máximo respecto a la profundidad del agua ($H/d = 0.8$).

Para tales situaciones difícilmente se puede dar o programar en la computadora una regla; cada situación viene que ser juzgada por un "criterio ingenieril".

Efecto de "foco" de un bajo

TABLA N° 1 PARA EL CALCULO DE LA TRANSFORMACION DEL OLEAJE

d/Lo	tanh kd	d/L	kd	sinh kd	cosh kd	2kd/sinh2kd	H/Ho
0.00	0.000	0.0000	0.000	0.000	1.00	1.000	-
01	248	0403	253	256	03	0.958	1.44
02	347	0576	362	370	07	918	23
03	420	0714	448	463	10	877	1.12
04	480	0833	523	548	14	839	1.06
0.05	0.531	0.0942	0.592	0.627	1.18	0.800	1.02
06	575	104	655	703	22	763	0.993
07	614	114	716	778	27	725	971
08	649	123	774	854	31	690	955
09	681	132	831	930	36	654	942
0.10	0.709	0.141	0.886	1.01	1.42	0.621	0.933
11	735	150	940	08	48	587	926
12	759	158	994	16	54	555	920
13	780	166	1.05	25	60	524	917
14	800	175	10	33	67	494	915
0.15	0.818	0.183	1.15	1.42	1.74	0.465	0.913
16	835	192	20	52	82	437	913
17	850	200	26	61	90	410	913
18	864	208	31	72	1.99	384	914
19	877	217	36	82	2.08	359	916
0.20	0.888	0.225	1.41	1.94	2.18	0.335	0.918
21	899	234	47	2.06	28	313	920
22	909	242	52	18	40	291	923
23	916	251	58	31	52	270	926
24	926	259	63	45	65	251	929
0.25	0.933	0.268	1.68	2.60	2.78	0.233	0.932
26	940	277	74	76	2.93	215	936
27	946	285	79	2.92	3.09	199	939
28	952	294	85	3.1	25	183	942
29	957	303	90	28	43	169	946
0.30	0.961	0.312	1.96	3.48	3.62	0.155	0.949
31	965	321	2.02	69	3.83	143	952
32	969	330	08	3.92	4.04	131	955
33	972	339	13	4.16	28	120	958
34	975	349	19	41	52	110	961
0.35	0.978	0.358	2.25	4.68	4.79	0.100	0.964
36	980	367	31	4.97	5.07	091	967
37	982	377	37	5.28	37	083	969
38	984	386	42	61	5.7	076	972
39	986	396	48	5.96	6.04	069	974
0.40	0.988	0.405	2.54	6.33	6.41	0.063	0.976
41	989	414	60	6.72	6.8	057	978
42	990	424	66	7.15	7.22	052	980
43	991	434	72	7.6	7.66	047	982
44	992	443	79	8.08	8.14	042	983
0.45	0.993	0.453	2.85	8.58	8.64	0.038	0.985
46	994	463	91	9.13	9.19	035	986
47	995	472	2.97	9.71	9.76	031	987
48	995	482	3.03	10.3	10.4	028	988
49	996	192	09	11.0	11.0	026	990
0.50	0.996	0.502	3.15	11.7	11.7	0.023	0.990

Procedimientos en la construcción del diagrama de refracción - Método Ortogonal

Se obtienen los planos de batimetría del fondo del área en estudio. Se pueden requerir dos o más planos a escalas diferentes, pero los procedimientos son idénticos para planos en cualquier escala. Se dibujan los contornos del fondo sobre el mapa o sobre un papel transparente, para varios intervalos de profundidad. Los intervalos de profundidad escogidos dependen del grado de exactitud deseado. Si se usa papel transparente, se deberá trazar la línea de costas como referencia. En el trazado de los contornos, se deben suavizar las pequeñas irregularidades, puesto que las configuraciones del fondo que son comparativamente pequeñas con respecto a la longitud de la ola no afectan a la ola apreciablemente.

El rango de períodos y direcciones de ola a ser investigados está determinado por un estudio de la serie histórica de cartas climáticas o de otros registros históricos que relacionan período y dirección de ola. Para cada período y dirección de ola seleccionado, se debe preparar un diagrama separado.

Los valores de $C1/C2$ para cada intervalo de contorno de fondo puede entonces ser marcado entre contornos.

Para construir ortogonales desde aguas profundas hacia aguas poco profundas, se determina primero la dirección en aguas profundas de la aproximación de la ola. Un frente de

olas (cresta) en aguas profundas se dibuja como una línea recta perpendicular a esta dirección de ola y se dibujan ortogonales espaciadas convenientemente, perpendicular a este frente de ola y paralelo a la dirección de aproximación de la ola escogida. Ortogonales espaciadas cercanamente dan resultados más detallados que las muy espaciadas. Estas líneas se extienden al primer contorno del fondo más pequeño que $Lo/2$ en donde Lo (en mt) = $1.56T^2$.

TABLA 2

Ejemplo de computación de valores de $C1/C2$
para análisis de refracción

$T = 10$ seg

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
d (ft)	d/Lo	$\tanh 2\delta d/L$	$C1/C2$	$C2/C1$
6	0.0117	0.268		
12	0.0234	0.374	• 1.40	0.72
18	0.0352	0.453	1.21	0.83
24	0.0469	0.516	1.14	0.8

Col (1) da las profundidades correspondientes a los contornos de los mapas.

Estos deberían extenderse desde los 6 ft hasta una profundidad igual a $Lo/2$ ($Lo = 1.56 T^2$ en mts).

Col (2) es la columna (1) dividida entre L_0 correspondiente al período dado.

Col (3) : es el valor de $\tanh 2\delta d/L$ encontrado en tabla n°1 para el valor d/L_0 (col. 2) correspondiente. Este término es también C/Co .

Col (4) es el cociente de dos términos sucesivos de la columna tres.

Col (5) : es el recíproco de la columna (4).

Procedimiento cuando θ es menor que 80°

Se recalca que θ es el ángulo que hace una cresta de ola con el contorno del fondo. Comenzando con cualquier ortogonal y usando la plantilla de refracción de la figura 3, se ejecutan los siguientes pasos extendiendo la ortogonal hacia la costa.

- (a) Esquematizar una línea de contorno intermedia entre las dos primeras líneas de contorno a ser atravesadas, extender la ortogonal hasta la línea intermedia y construir una tangente a dicha línea en tal punto.
- (b) Hacer coincidir la línea de la plantilla (ver plantilla de refracción) llamada "ortogonal" con la ortogonal que empieza a entrar, coincidiendo además el punto 1.00 de la plantilla con la intersección de la ortogonal y la línea intermedia de los contornos.
- (c) Rotar la plantilla alrededor del punto pivote "R" hasta que el valor C_1/C_2 correspondiente al intervalo de

contorno que está siendo cruzado, intersecte a la tangente a la línea de contorno intermedia. La nueva línea ortogonal del plano cae ahora en la dirección de la ortogonal girada sobre la plantilla (figura 1-4, parte inferior).

- (d) Ubicar un triángulo a lo largo de la base de la plantilla y construir una perpendicular sobre ella de modo que la intersección de la perpendicular con la ortogonal ingresante sea el punto medio entre los dos contornos cuando se miden las distancias sobre la ortogonal ingresante y sobre la perpendicular. (Ver punto "B" en la figura 1-4, parte inferior). Nótese que este punto no cae necesariamente sobre la línea de contorno intermedia.
- (e) Repetir los pasos anteriores para intervalos de contornos sucesivos.

Si se está construyendo la ortogonal desde aguas poco profundas a aguas profundas, se puede usar el mismo procedimiento, excepto que se usan los valores $C2/C1$ en lugar de $C1/C2$.

Procedimiento cuando θ es mayor que 80° - Se recurre al Método R - J

En cualquier profundidad, cuando θ se vuelve mayor que 80° , el procedimiento anterior no puede ser usado. La ortogonal puede parecer que no cruza los contornos pero

tiende a correr paralela a ellos. En este caso, el intervalo de contorno deberá ser cruzado en una serie de pasos. El intervalo total es dividido en una serie de intervalos más pequeños. En los puntos medios de los subintervalos individuales, se hacen giros de ángulos ortogonales.

Referiéndose a la figura 1-5, el intervalo a ser cruzado es dividiendo en segmentos o casillas por líneas transversales. El espaciamiento R , de las líneas transversales es determinando arbitrariamente como una proporción de la distancia J , entre contornos.

Para el intervalo completo a ser cruzado, se computa $C2/C1$, o se encuentra de las tablas ($C2/C1$ y no $C1/C2$).

Sobre la plantilla figura tres, hay un gráfico mostrando giros de los ángulos ortogonales como función de los valores de $C2/C1$ para varios valores de la proporción R/J . El valor θ es el ángulo girado por la ortogonal de ingreso en el centro del subintervalo.

Se extiende la ortogonal hasta la mitad de la casilla, se lee del gráfico y se gira la ortogonal en tal ángulo. Se repite el procedimiento para cada casilla en forma secuencial hasta que en un contorno dibujado o interpolado se vuelve en un ángulo menor de 80° . En este punto, este metodo de construcción ortogonal debe detenerse y se debe usar la técnica precedente para ángulos menores que 80° pues de otro modo pueden ocurrir errores.

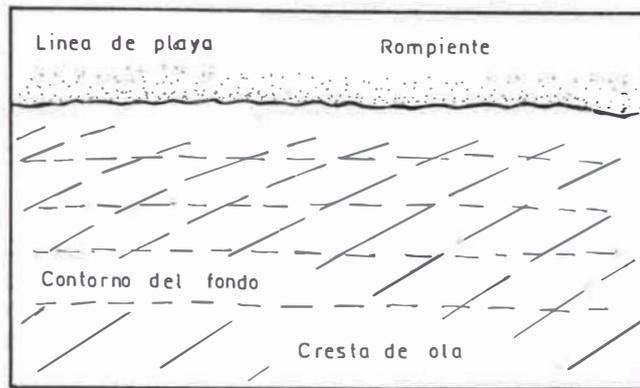


FIG 1-1 REFRACCION A LO LARGO DE UNA PLAYA RECTA
CON CONTORNOS DEL FONDO PARALELOS

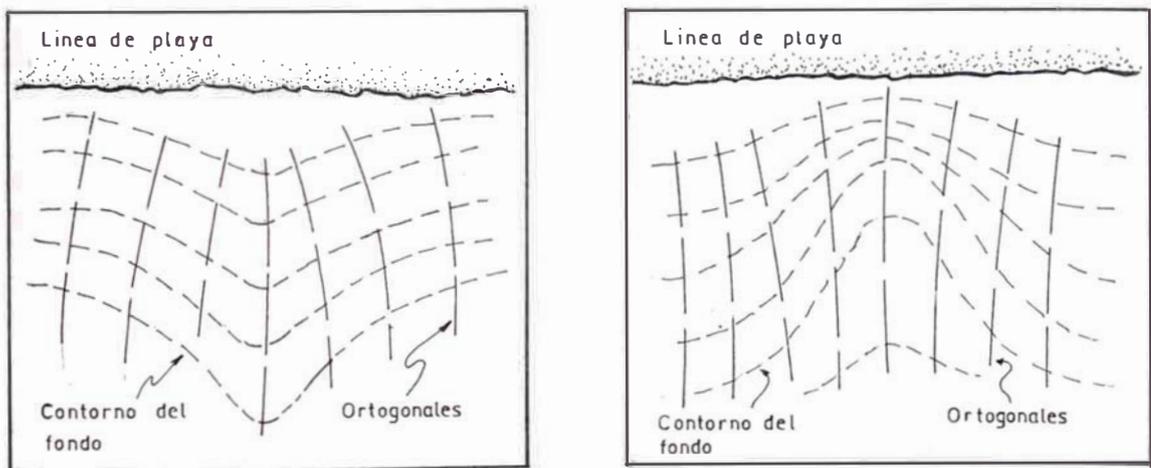


FIG 1-2 REFRACCION POR UN SURCO SUBMARINO (C) Y UN
CAÑON SUBMARINO (B)

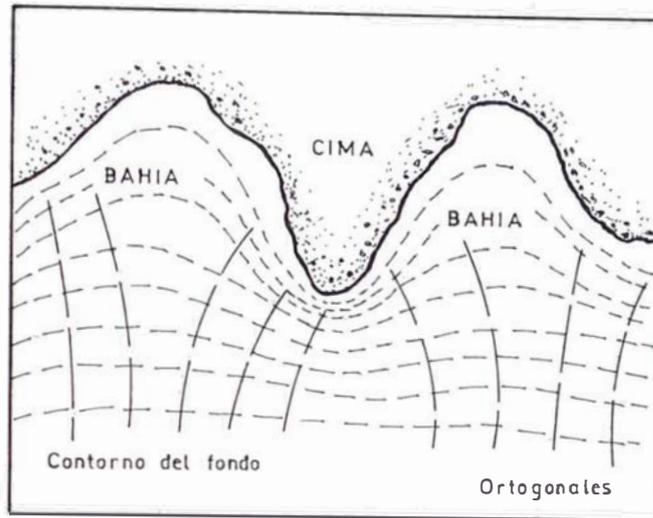


FIG 1-3 REFRACCION A LO LARGO DE UNA LINEA DE COSTAS
IRREGULARES

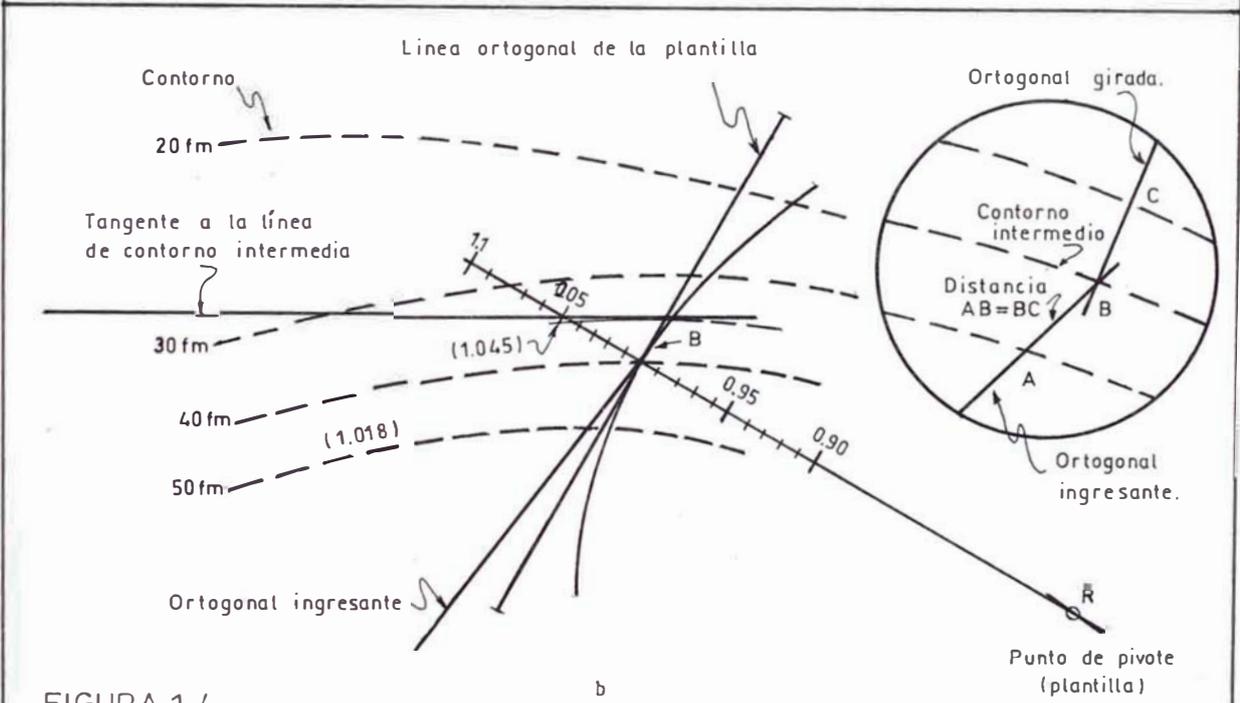
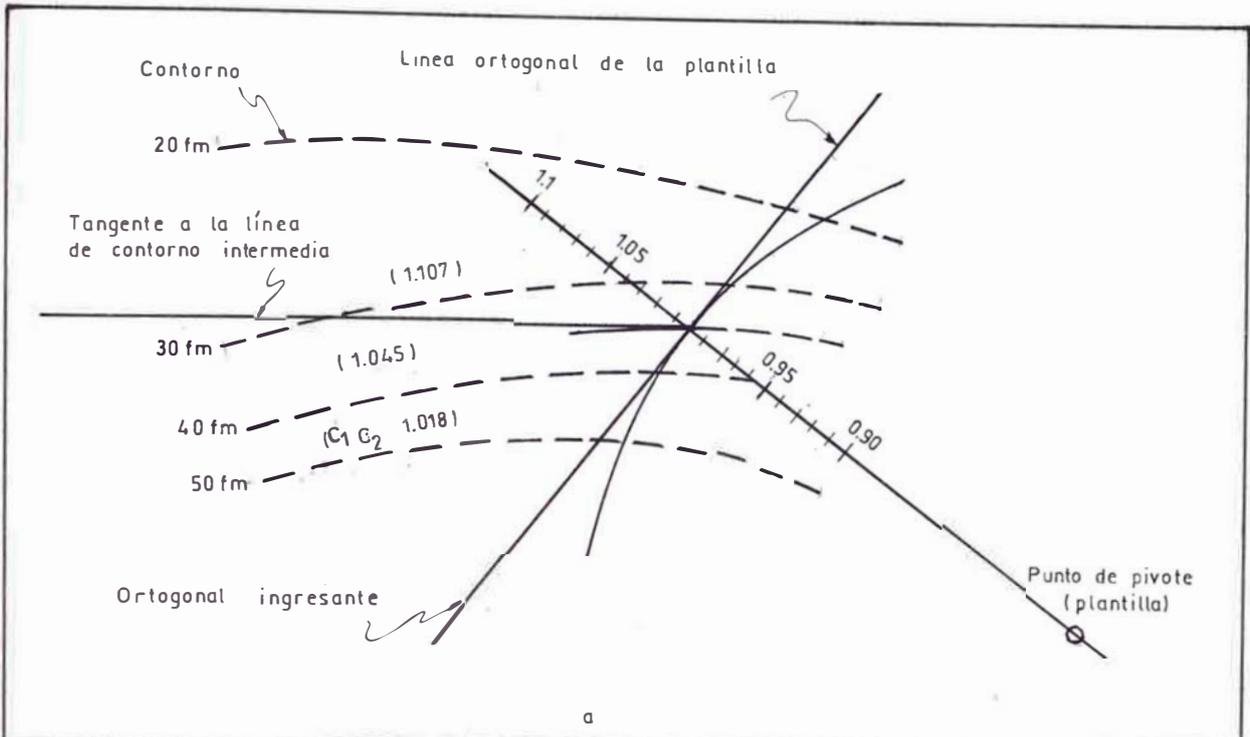


FIGURA 1-4

NOTA: La plantilla ha sido girada entorno a R hasta que el valor $C_1/C_2 = 1.045$ interseca la tangente en la línea de contorno intermedia. La línea ortogonal de la plantilla cae en la dirección de la ortogonal girada. Esta dirección deberá cortar a la ortogonal ingresante en algún punto B el cual es equidistante de dos contornos a lo largo de las ortogonales ingresante y saliente.

J = DISTANCIA ENTRE CONTORNOS ALREDEDOR DEL PUNTO DE GIRO
GIRO

R = DISTANCIA A LO LARGO DE LA ORTOGONAL

T = 12 SEGUNDOS

L = 737 FT

PARA CONTORNOS ESPACIADOS DE 40 fm A 30 fm

C1/C2 = 1.045

C1/C2 = 0.957

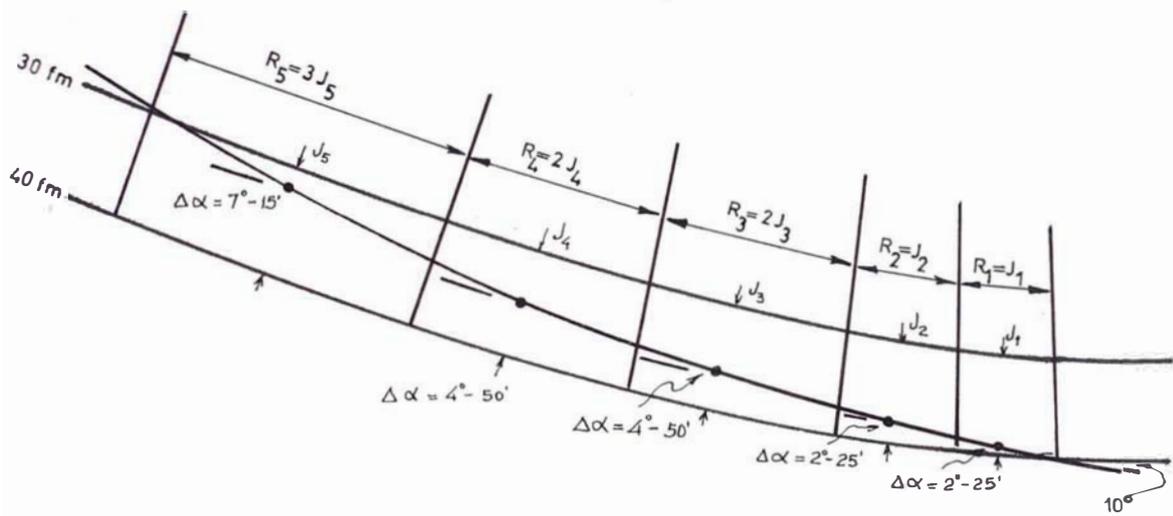
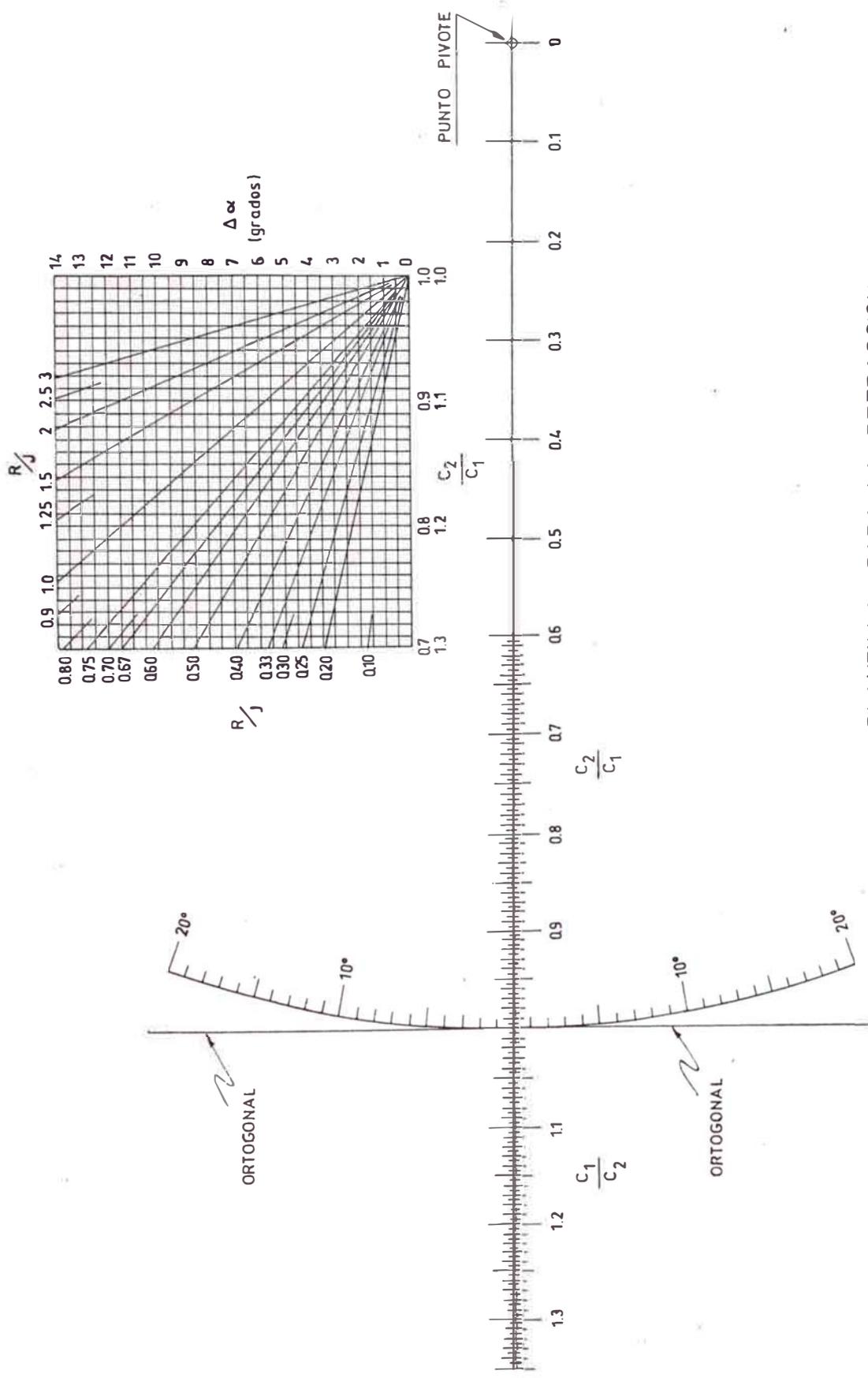


FIG 15 DIAGRAMA DE REFRACCION USANDO EL METODO R/J



PLANTILLA PARA LA REFRACCION

COEFICIENTES DE REFRACCION Y ALTURA DE OLAS
(METODO DEL FRENTE DE OLA)

INTERVALO	b	*b1	b1	b0	b1/b	b0/b1	b0/b	Kd= b0/b	Kd	H(m)
AB	1.90	1.30	0.54	0.25	0.685	0.463	0.317	0.563	0.563	2.10
BC	1.80	0.50	0.25	0.10	0.278	0.400	0.111	0.333	0.333	1.25
CD	1.98	0.60	0.32	0.20	0.303	0.625	0.189	0.435		
DE	1.98	0.85	0.41	0.20	0.428	0.488	0.209	0.457	0.446	1.70
EF	1.90	1.00	0.50	0.32	0.526	0.640	0.337	0.581	0.581	2.20
FG	2.00	1.22	0.62	0.42	0.610	0.678	0.413	0.643		
GH	1.93	1.52	0.75	0.54	0.787	0.720	0.566	0.753	0.698	2.60
HI	1.72	1.46	0.74	0.69	0.849	0.933	0.792	0.890		
IJ	1.94	1.65	0.80	0.70	0.850	0.875	0.744	0.862		
JK	1.96	1.60	0.79	0.68	0.816	0.861	0.703	0.838		
KL	1.92	1.42	0.74	0.68	0.740	0.918	0.679	0.824		
LM	1.93	1.45	0.74	0.62	0.751	0.838	0.630	0.794		
MN	2.00	1.73	1.10	1.11	0.865	1.008	0.872	0.934	0.856	3.20
NO	1.95	2.26	0.90	0.90	1.160	1.000	1.160	1.076		
OP	1.97	2.52	1.27	1.28	1.280	1.007	1.290	1.136		
PQ	2.00	2.95	1.42	1.61	1.475	1.133	1.673	1.294		
QR	1.98	2.10	1.06	1.31	1.060	1.235	1.310	1.145		
RS	2.00	1.86	0.92	1.00	0.930	1.087	1.012	1.006		
ST	1.96	1.43	0.85	1.02	1.730	1.200	0.876	0.936	1.100	4.15
TU	1.81	0.88	0.33	0.35	0.486	1.060	0.515	0.718	0.718	2.70
UV	1.68	0.42	0.22	0.24	0.250	1.091	0.273	0.522	0.522	1.95

DIFRACCION DE LAS OLAS

La difracción de las olas de agua es el fenómeno de radiación de la energía de la ola dentro del área protegida por un obstáculo, se manifiesta por la transferencia lateral de energía a lo largo de las líneas de cresta de las olas, cuando se interrumpe el avance del oleaje mediante una barrera, tal como un rompeolas. Esta transferencia de energía da lugar a la propagación de olas dentro de la zona protegida delimitada por una línea geométrica de sombreado y el rompeolas.

En la figura nº 1, se observa que en la zona de sombra, las líneas de cresta de las olas están centradas en el borde o cabezo del rompeolas y que serán circulares si en esta zona la profundidad de agua es constante, de tal manera que no se produzca la refracción de las olas. La línea que pasa por el extremo del cabezo y en donde empieza el giro de las crestas se denomina también "Línea de sombra". También se muestra en la figura nº 1, el modelo de difracción del oleaje sobre una entrada formada por dos rompeolas.

HIPOTESIS PARA EL DESARROLLO DE LA TEORIA DE DIFRACCION DE LAS OLAS

Las suposiciones que se hacen generalmente para el desarrollo de las teorías de difracción son; que el agua es un fluido ideal, esto es no viscoso e incompresible; que

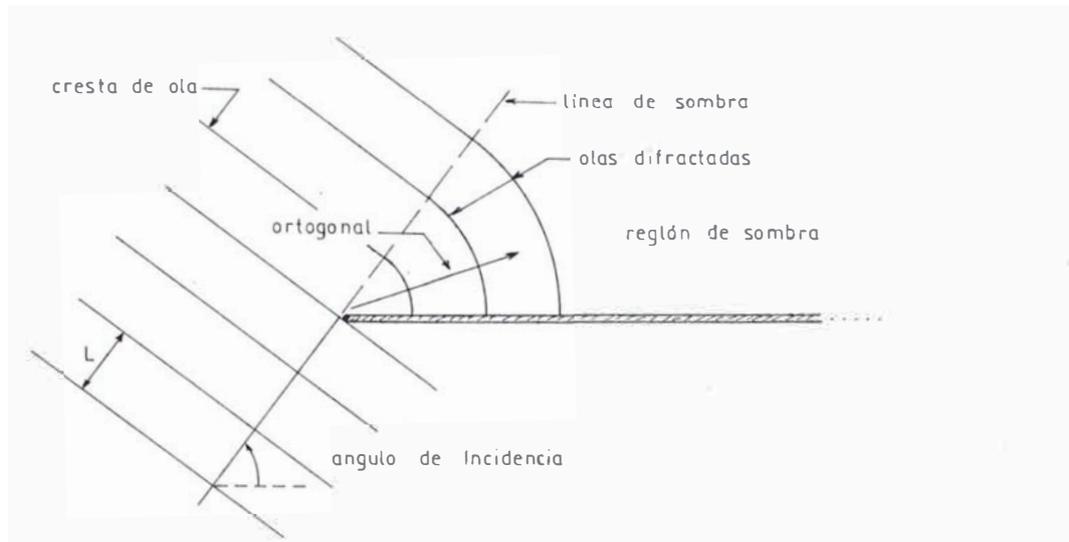


FIG. 1

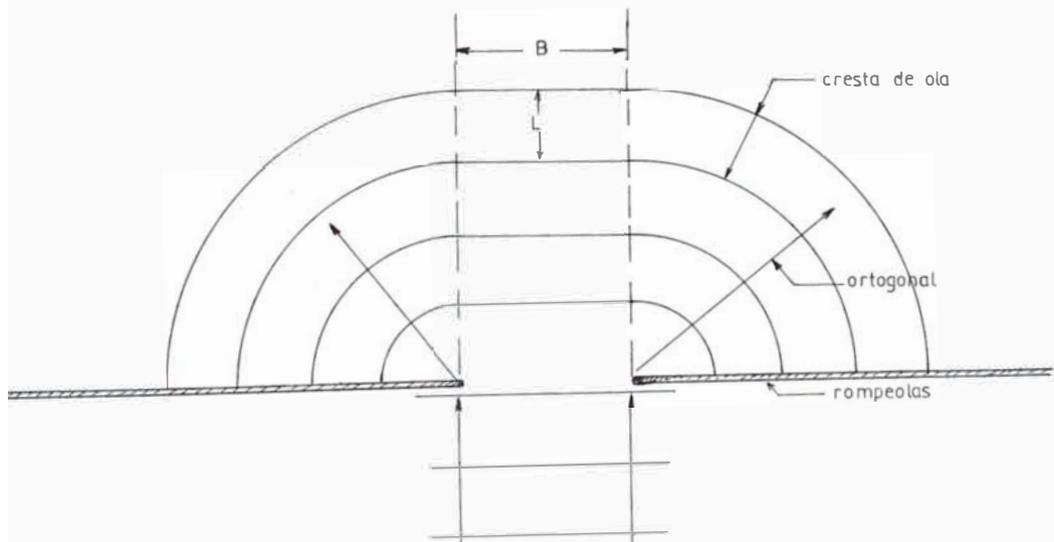


FIG. 2
 MODELOS DE DIFRACCION DE OLAS EN
 UN ROMPEOLAS DE LONGITUD SEMI INFINITA
 Y EN UNA ENTRADA DE DOS ROMPEOLAS

las olas son de pequeña amplitud, que el flujo es irrotacional conforme a una función potencial que satisface la Ecuación de Laplace; que la profundidad alrededor del rompeolas es constante; y por último que el ancho del rompeolas sea despreciable con respecto a la longitud de la ola, para considerar que en la zona de sombra la ola difractada está en fase con la ola reflejada, de tal manera que sus amplitudes se puedan sumar.

TEORIA DE DIFRACCION DEL OLAS

Aunque las olas difractadas dibujadas en la Fig nº 2, son circulares en planta, sus alturas varían a lo largo de sus respectivas crestas desde una magnitud igual a la altura de la ola incidente casi antes de la línea de sombra hasta pequeñas proporciones en el sotavento del rompeolas. Las alturas cambian también a lo largo de las ortogonales radiales al cabezo. Estas ortogonales serán rectas si no sucede la refracción.

En la Fig nº 3, se ilustra el caso denominado como rompeolas de longitud semi-infinita, en el cual se observa que un tren de olas se aproxima con un ángulo, θ . La localización de un punto, P, se puede definir por el sistema de coordenadas polares (ϕ , R/L) o por el sistema de arco circular (S/L, R/L), siendo el origen en ambos la línea de sombra. El ángulo de difracción en el punto, P, será de $360^\circ - 2\theta + \phi_1$.

Se puede asumir que el tamaño de la ola reflejada

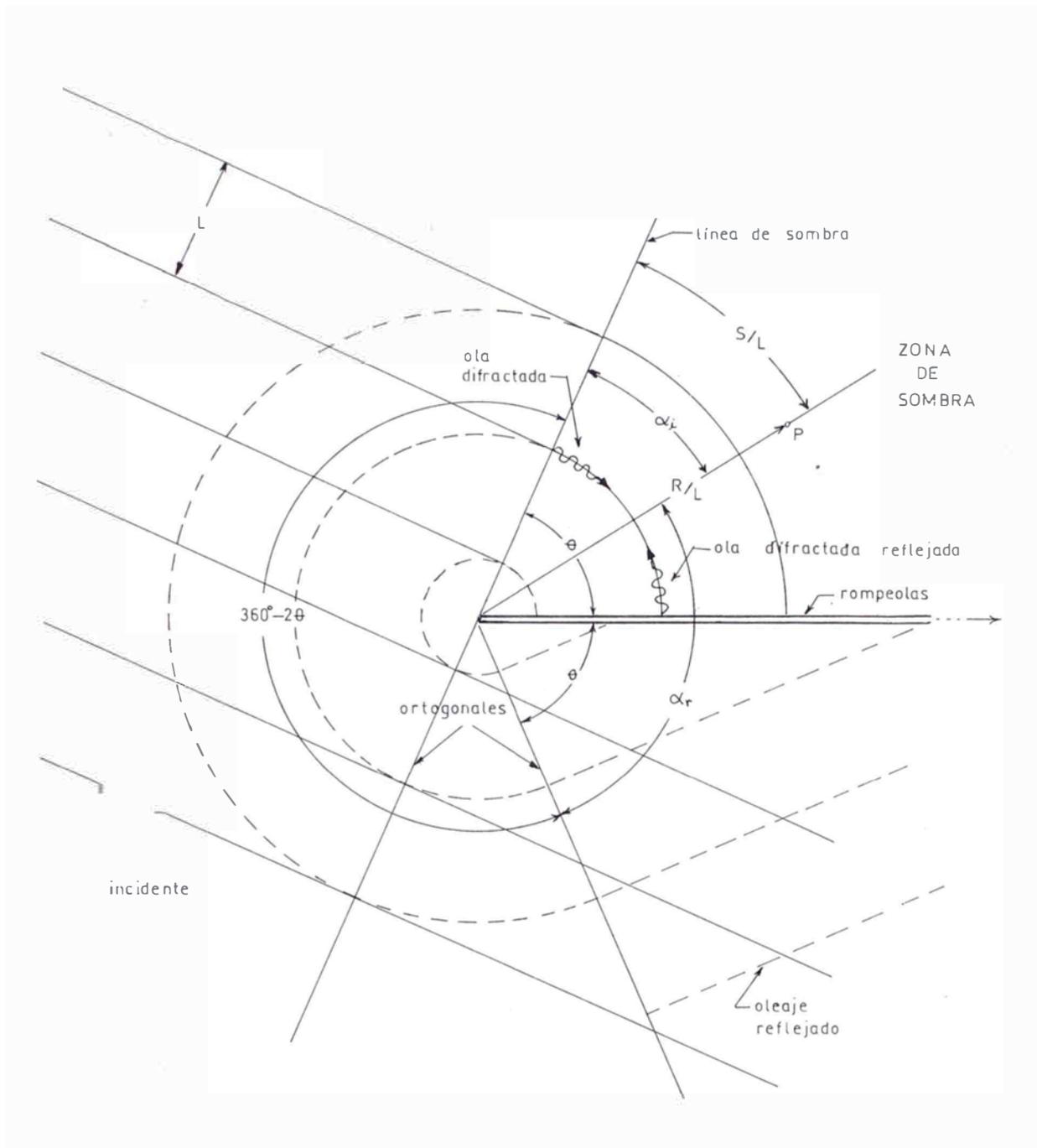


FIG. 3
 Grafica de Definición para Rompeolas de
 longitud Semi-infinita

(antes difractada) en la zona de sombra es pequeño, pero que no es insignificante para una reflexión total (diques reflejantes). A pesar de la tendencia de diseñar los rompeolas para una disipación total de energía, la teoría de difracción se basa en el 100% de reflexión. Es por esto que para lograr un diseño más económico, se deberá evaluar correctamente la componente de reflexión en la cercanía del borde del rompeolas, donde esta altura adicional es más grande.

La solución para el fenómeno de la difracción óptica se puede aplicar también para la difracción de las olas alrededor de un rompeolas, y tiene la siguiente forma:

$$f(R, \theta) = f(u_1) \exp(-iKR \cos \theta_1) + \dots + f(u_2) \exp(-iKR \cos \theta_r)$$

donde, θ_1 y θ_r , se muestran en la Fig nº 3, y:

$$u_i = - (8 R/L)^{1/2} \text{Sen} (\theta_i/2) ; u_2 = - (8R/L)^{1/2} \text{Sen} (\theta_r/2)$$

$$k = 2\pi/L$$

$$f(u) = \frac{1+i}{2} \int_{-\infty}^u \exp(-i\pi u^2) du$$

$$f(-u) = \frac{1+i}{2} \int_{-\infty}^u \exp(-i\pi u^2) du$$

El coeficiente de difracción, K_d , (altura de la ola difractada/altura de ola incidente) tiene un valor numérico igual al de la Ecuación anterior, es decir:

$$K_d = [f(R, \theta)]$$

El primer término de la ecuación representa a la fracción de la altura de la ola resultante de la difracción de la ola incidente desde la línea de sombra, y el segundo

término a la difracción de la ola reflejada por su ortogonal desde el cabezo del rompeolas al punto, P. Ver Fig nº 3.

El ángulo, θ , se mide desde la línea de sombra para la ola incidente; y desde la ortogonal que pasa a través del cabezo y del punto, P, para la ola reflejada. En términos de la Fig nº 3, el ángulo de difracción para la ola reflejada es $360^\circ - 2\theta + \theta_i$. Los valores de, K_d , se suman para el caso de 100% de reflexión y se usará una proporción de, K_d , para la ola reflejada en el caso de reflexión parcial.

CALCULO DEL COEFICIENTE DE DIFRACCION

CASO A. DIFRACCION DE OLAS EN ROMPEOLAS SIMPLES

En la mayoría de los manuales de Ingeniería Costera se pueden encontrar diagramas y tablas de difracción que proporcionan el coeficiente de difracción en la zona protegida por un rompeolas con longitud semi-infinita. Por esto la ecuación $f(R, \theta)$, se puede encontrar en forma gráfica o tabulada como en la Tabla nº 1, donde los valores de, K_d , representan los componentes de la ola incidente y de la reflejada y se leen para el ángulo, θ_i , como previamente se indicó y después se suman.

Existe un cálculo gráfico del coeficiente de difracción inventado por Wiegel, basado en la espiral de Cornu, que consiste de una serie de diagramas adimensionales, para profundidades constantes alrededor de

TABLA Nº 1 COEFICIENTE DE DIFRACCION (Kd) PARA OLA INCIDENTE
(i) Y OLA REFLEJADA (360°-2 + i)

°	K' 1000									
	R/L 1	2	3	4	5	6	8	10	15	20
0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
2	476	488	459	453	448	443	435	478	413	402
6	431	406	388	373	361	350	332	317	288	286
8	411	379	357	340	325	313	292	275	244	222
10	392	355	329	310	294	280	258	241	210	188
12	373	352	304	283	267	253	230	213	182	162
14	356	311	282	260	243	229	207	190	161	141
18	325	275	244	221	204	191	170	154	128	112
20	310	259	226	205	189	175	155	140	116	101
25	278	225	194	173	157	145	127	115	94	82
30	251	197	188	148	134	123	107	96	79	69
35	228	175	147	129	116	107	93	83	63	59
40	208	157	131	115	103	94	82	73	60	52
45	191	142	118	103	92	84	73	66	54	46
50	176	130	107	93	84	77	66	59	49	42
55	164	120	99	86	77	70	61	54	44	39
60	153	111	91	79	71	65	56	50	41	38
65	143	104	85	74	66	60	52	47	38	33
70	135	97	80	69	62	57	49	44	36	31
75	128	92	75	65	58	53	46	41	34	29
80	122	87	71	62	55	51	44	39	32	28
85	116	83	68	59	53	48	42	37	30	26
90	111	79	65	56	50	46	40	36	29	25
95	107	76	62	54	48	44	38	34	28	24
100	103	73	60	52	46	42	37	33	27	23
105	99	71	58	50	45	41	35	32	26	22
110	96	69	56	49	43	40	34	31	25	22
115	94	67	54	47	42	39	33	30	24	21
120	91	65	53	46	41	38	32	29	24	21
125	89	63	52	45	40	37	32	28	23	20
130	87	62	51	44	39	36	31	28	23	20
135	86	61	50	43	39	35	30	27	22	19
140	84	60	49	42	38	35	30	27	22	19
145	83	59	48	42	37	34	29	26	22	19
150	82	58	48	41	37	34	29	26	21	18
160	80	57	47	40	36	33	29	26	21	18
170	80	56	46	40	36	33	28	25	21	18
180	79	56	46	40	36	32	28	25	21	18

NOTA: Para $<60^\circ$ y $R/L < 3$, añadir 0.1 a K_d

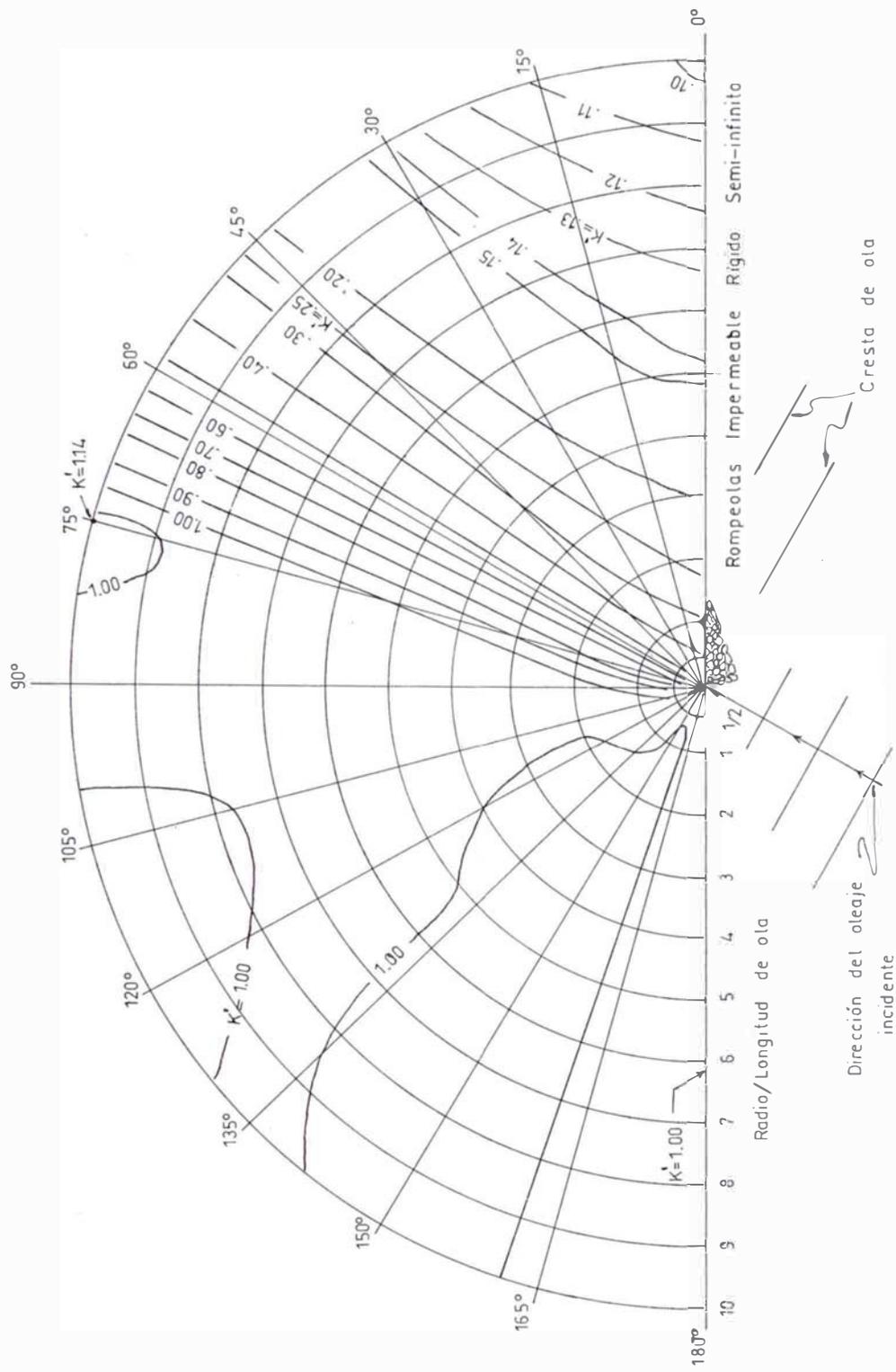


DIAGRAMA DE DIFRACCION DE OLA , ANGULO DE INCIDENCIA : 60°
 (Fuente : C.E.R.C. 1973 S.P.M. Wiegel 1962)

un rompeolas impermeable, que muestran líneas de igual coeficiente de difracción.

Estos diagramas se pueden encontrar en el Manual de Protección Costera, del Centro de Investigaciones de Ingeniería Costera (CERC) de los Estados Unidos. Volumen I, Sección 2.

Estos diagramas también se muestran en coordenadas polares (θ , R/L) con un tren de olas que se aproxima con un ángulo, θ . La reducción de la altura de ola esta dada en términos de un coeficiente de difracción, K_d , que esta definido como la razón de una altura de ola, H , en el área afectada por la difracción, a la altura de la ola incidente, H_i , esto es, H y H_i se relacionan por $H = K_d \cdot H_i$.

Los diagramas de difracción dados en el Manual de Protección Costera, CERC, son construidos en coordenadas polares con arcos y rayos centrados al cabezo del rompeolas. Los arcos están espaciados en unidades de radio/longitud de ola, y los rayos cada 15° . Para las aplicaciones se deberá dibujar la gráfica correspondiente a la dirección del oleaje incidente (θ), y a la misma escala que el plano hidrográfico que es usado. Los rayos y arcos sobre los diagramas de difracción proveen un sistema de coordenadas que hace que sea fácil transferir líneas de constante, K_d , sobre los diagramas escalonados.

CASO B. DIFRACCION DE OLA PARA UNA ENTRADA FORMADA POR DOS ROMPEOLAS

La solución de este caso, Ver Fig nº 6., es más compleja que para un rompeolas simple ya que no es posible construir un simple diagrama para todas las condiciones. Un diagrama por separado deberá construirse para cada razón de ancho de entrada, B , a la longitud de ola, L , B/L . En el Manual de CERC se pueden encontrar diagramas de difracción para éste caso pero sólo para entradas con razones de B/L menores que 5 y con incidencia de oleaje perpendicular. Cuando el ancho de la entrada es más grande que 5 veces la longitud de la ola, los efectos de difracción de cada rompeolas serán casi independientes y por lo tanto se podrá utilizar el diagrama de rompeolas simple con ángulo de incidencia de 90° del caso A. Fig nº7.

Cuando el oleaje se aproxima con un ángulo de incidencia oblicuo a la entrada formada por dos rompeolas, las características de la ola difractada serán diferentes que para una incidencia normal. El Manual del CERC sugiere una determinación aproximada de las características de la ola difractada al considerar la entrada del mismo ancho que su proyección en la dirección de la incidencia del oleaje. Ver Fig nº 8.

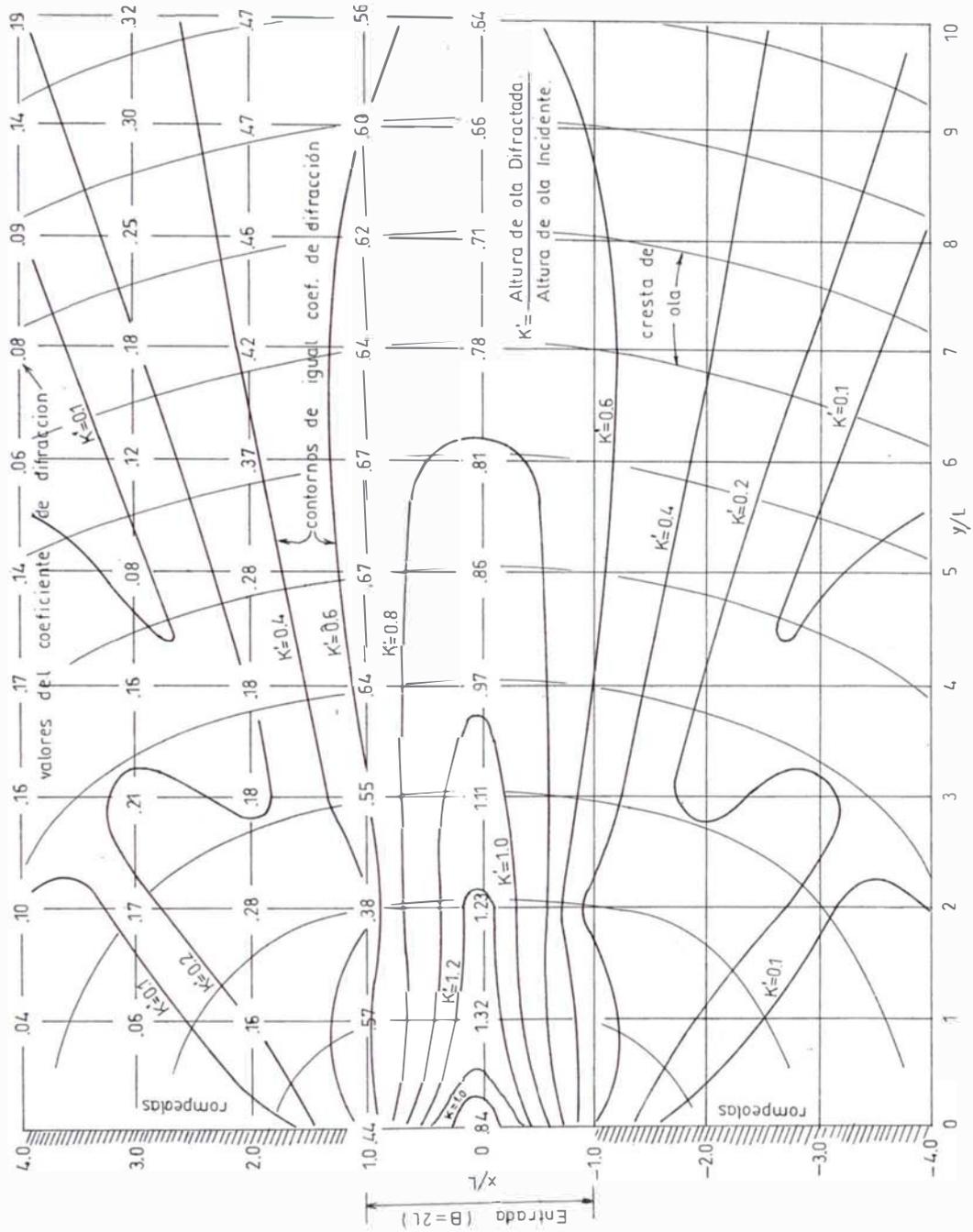


FIG 6 MODELO DE DIFRACCION PARA ENTRADA DE DOS ROMPEOLAS (B/L = 2)

Fuente : C.E.R.C — 1973 S.P.M.

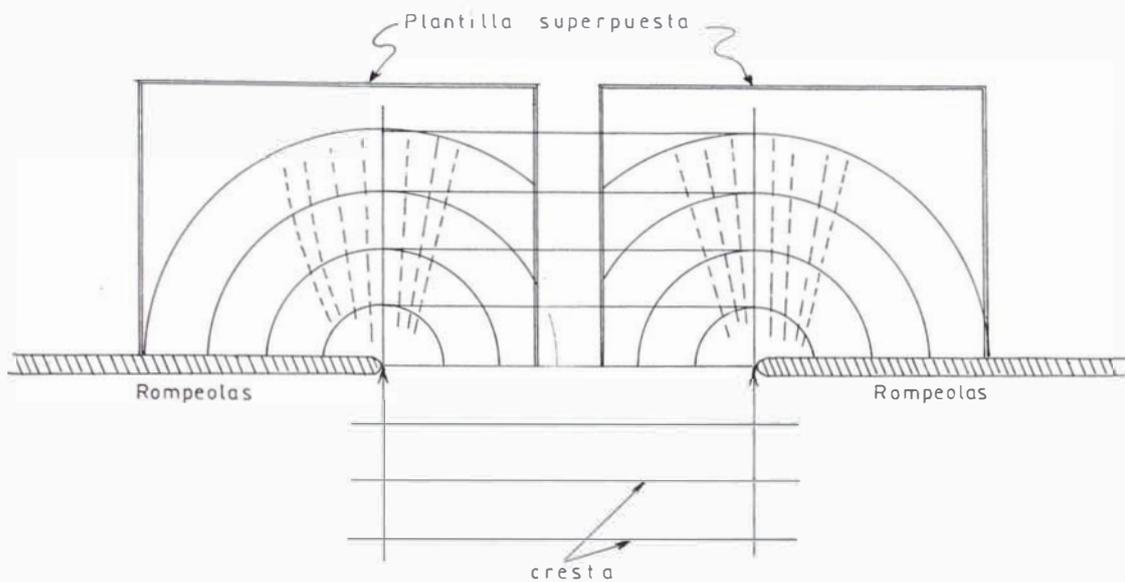


FIG 7 Difraccion para entrada de dos rompeolas con ancho $B > 5L$ ($B/L > 5$)

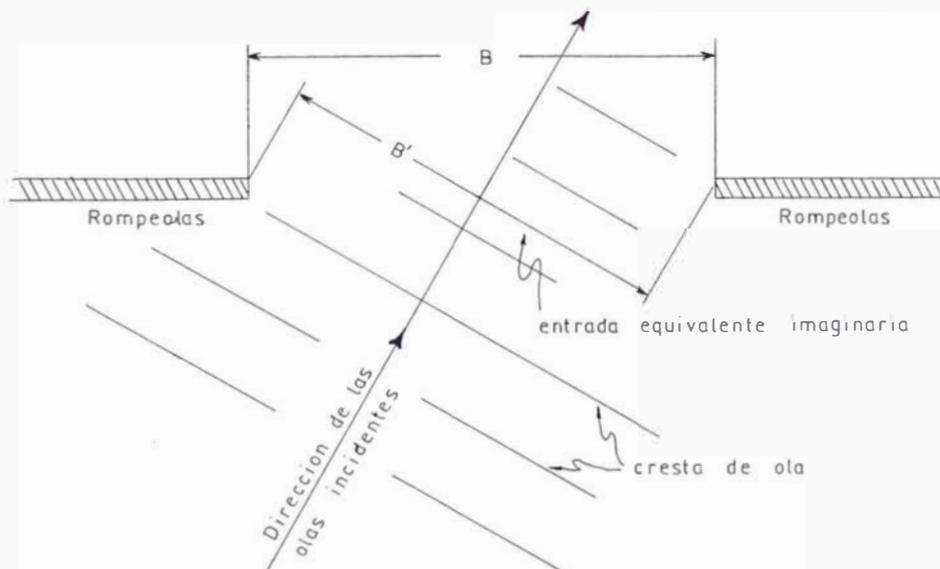


FIG 8 Ola de incidencia oblicua en una entrada de rompeolas.

CAPITULO 3
ZONAS DE ARENAMIENTO

TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL LITORAL

VOLUMENES DE ARENAMIENTO ENTRE ESPIGONES EXISTENTES

La existencia de playas en la zona comprendida entre el Club " Regatas" y el espigón de la Bajada de Armendáriz permite una aproximación analítica de interpretación de los fenómenos relativos a la acción de los espigones, que conforman las mencionadas playas, en función de las longitudes y distancias entre los mismos. Permite asimismo, evaluar el volumen de arenamiento y las variaciones cronológicas ocurridas en los diversos sectores que constituyen esta porción del litoral.

La información histórica sobre el volumen de arenamiento puede ser comparada en forma cualitativa con el probable de arena que teóricamente podría ser transportado, paralelamente al litoral. Este último valor se determina en base a fórmulas experimentales.

La evolución histórica se obtuvo a partir de fotos aéreas, tomadas por el Servicio Aerofotográfico Nacional, en los años 1943, 1957, 1961 y 1971. En dichas fotos se determinaron las longitudes de los espigones así como los espaciamientos entre espigones consecutivos.

Asimismo, utilizando juegos de fotografías tomadas entre fechas contiguas se evaluó el incremento de la longitud de playas, producido en el lapso que media entre la fecha de la fotografía inicial y la de la fotografía

final (ΔB). El volumen de arenamiento producido en el mismo período, se ha calculado utilizando la expresión:

$$V = \Delta B \cdot S \left[H_s + \frac{\Delta B}{2i} \right]$$

en la cual:

- V Volumen de arenamiento entre dos espigones consecutivos producidos durante el período considerado.
- Hs Profundidad de movimiento incipiente del sedimento más altura de arenamiento sobre el nivel medio del mar. Tomados igual a -4 y +2 metros respectivamente, de acuerdo con las características físicas del sedimento y las condiciones topográficas existentes en la playa.
- S Distancia entre espigones consecutivos
- i Pendiente de la playa del sector en que se encuentran los espigones.

Con esta expresión se han calculado de acuerdo con las tablas adjuntas, los volúmenes de arenamiento para todos los sectores en que se han considerado zonificado el litoral.

METODOLOGIA DE ZONIFICACION

En principio se ha utilizado la zonificación definida por las características del oleaje, ver lamina nº 1. Dentro de cada zona se reconoce a los espacios comprendidos entre espigones consecutivos, como sub-sector y se les

identifica con un número arábigo, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

ZONA	SECTOR	SUB-SECTOR	<u>Kd</u>	H(m)	<u>i</u>
I			0.563	2.10	1:55
II		1	0.333	1.25	1:75
		2	0.333	1.25	1:75
		3	0.333	1.25	1:75
		4	0.333	1.25	1:75
		5	0.333	1.25	1:75
III	A	6	0.446	1.70	1:130
		7	0.446	1.70	1:130
	B	8	0.446	1.70	1:65
		9	0.446	1.70	1:65
		10	0.446	1.70	1:65
IV			0.581	2.20	1:220
V			0.698	2.60	1:185
VI	A		0.856	3.20	1:50
	B		0.856	3.20	1:120
	C		0.856	3.20	1:90
VII			1.100	4.15	1:45
VIII			0.718	2.70	1:90
IX			0.522	1.95	1:45

CAPACIDAD DE TRANSPORTE EN EL LITORAL

Para evaluar la cantidad de sedimento que potencialmente puede ser transportado paralelamente al litoral, se ha utilizado las fórmulas de Caldwell, por ser entre las de origen experimental, la que está expresada con el mayor número de parámetros físicos, evaluables a partir de la información disponible:

$$Ei = \left(\frac{Nw}{8T} LH^2 \right) 8640 \sin\alpha \cos\alpha$$

$$Qi = 0.0022 Ei^{0.8}$$

en las que:

Ei Energía de transporte, paralela al litoral, por metro

N Relación entre las velocidades de grupo y la velocidad de una ola (función de d y L).

w Peso específico del agua del mar (Kg/m³)

L Longitud de onda en m.

H Amplitud de la ola en m.

T Período de las olas en seg. (16.1 seg).

Ó Angulo de incidencia en grados sexagesimales

Qi Transporte litoral en m³/día/m.

Cada uno de los parámetros señalados ha sido obtenido a partir de la información existente. Para efectos de los cálculos se han considerado una profundidad de 4 metros,

a la que corresponde una relación $d/L4 = 0.04011^1$ La relación N, también ha sido calculado para esta misma profundidad utilizando la expresión:

$$N4 = \frac{Cg}{Co} \times \frac{Co}{C4} = \frac{Cg}{Co} \tanh\left(2\pi \frac{d}{L}\right)$$

$$N4 = 0.2417 \times \frac{1}{2.468} = 0.98$$

Finalmente los ángulos de incidencia se han obtenido del plano de olas, para cada uno de los sub-sectores considerados, de acuerdo a lo que se muestra en el siguiente cuadro:

SUB-SECTOR	<u>Ó</u>	SUB-SECTOR	<u>Ó</u>
I	8°	III-B-10	9°
II-1	40°	IV	15°
II-2	75°	V	18°
II-3	70°	VI-A	11°
II-4	70°	VI-B	8°
II-5	40°	VI-C	9°
III-A-6	49°	VII	0°
III-A-7	40°	VIII	6°
III-B-9	20°	IX	30°

¹ Tabla del "Oceanographical Engineering" de R. Wiegel

Mediante la aplicación de los valores precedentes se han calculado los volúmenes potenciales de transporte litoral, así como las eficiencias teóricas de atrape en cada sub-sector de la ribera marítima de Lima Metropolitana.

Finalmente se ha establecido una primera relación entre los volúmenes de transporte potenciales y los volúmenes realmente atrapados en cada uno de los sectores y se ha definido una probable banda de correlación que podrá ser ajustada a la luz de investigación más precisas que se desarrollen en el futuro. La expresión que permite relacionar las cantidades mencionadas es la siguiente:

$$V_M = 5.94 + 0.0231 Q_i S$$

En virtud de la información disponible no ha sido posible en esta fase de los estudios definir una fórmula empírica aplicable a todo el litoral, en función de la longitud y espaciamiento de espigones.

CUADRO A5-1.- Los valores han sido obtenidos de las fotografías aéreas disponibles para los años de 1943, 1957, 1967 y 1971 y representan las áreas de playa entre espigones consecutivos de acuerdo a la zonificación señalada.

CUADRO A5-2.- Se ha determinado los incrementos de área de playa para diferentes períodos, comprendidos entre las fechas de los vuelos aerofotográficos.

CUADRO A5-3 y A5-4.- Los valores correspondientes indican el incremento de áreas de playa por año (A5-3) y por día (A5-4) y han sido obtenidos a partir de la información contenida en el Cuadro A5-2.

CUADROS A5-5, A5-6 y A5-7.- Se han calculado, para los mismos períodos, los parámetros de base para la determinación de los volúmenes de arenamiento. La distancia entre espigones y las pendientes de la playa, en cada sector, se han obtenido a partir de los planos batimétricos existentes.

CUADRO A5-8.- Los valores contenidos representan los volúmenes de arenamiento acumulados, entre espigones consecutivos, a lo largo de cada uno de los períodos señalados en la columna de la izquierda.

CUADRO A5-9 y A5-10.- A partir del cuadro anterior se han obtenido las velocidades de arenamiento por año (A5-9) y por día (A5-10) para cada sector, en los diferentes períodos.

CUADRO A5-11.- Contiene los cálculos correspondientes a la determinación del volumen potencial de transporte litoral mediante la aplicación de la fórmula de Caldwell.

CUADRO 1 : [A] AREAS DE PLAYA x 10 ^ 4. m2

ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
AÑO										
1943	-	-	-	0.615	5.000	1.480	1.690	1.480	1.110	0.705
1957	-	0.639	-	0.846	9.300	2.680	2.890	1.760	1.410	1.690
1967	0.705	1.060	0.215	0.987	13.100	3.455	3.550	1.903	1.621	2.960
1971	1.100	1.505	0.360	1.400	14.450	3.950	3.370	2.260	1.980	3.500

CUADRO 2 : [A] INCREMENTO DE AREAS DE PLAYA x 10 ^ 4. m2 = B.S

ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
AÑO										
57-43	-	0.639	-	0.231	4.300	1.200	1.200	0.310	0.300	0.990
67-57	0.705	0.215	0.141	0.141	3.740	0.775	0.640	0.143	0.211	1.270
67-43	0.705	1.060	0.215	0.372	8.050	1.980	1.840	0.453	0.511	2.250
71-67	0.295	0.445	0.145	0.413	1.350	0.500	-	0.357	0.359	0.540
71-43	1.000	1.505	0.360	0.785	9.450	2.470	1.680	0.810	0.870	2.795

CUADRO 3 : AREA DE PLAYA x 10 ^3 (m2/año)

ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
AÑO										
57-43	-	0.453	-	0.165	3.071	0.857	0.857	0.221	0.214	0.707
67-57	0.705	0.421	0.215	0.141	3.740	0.775	0.640	0.143	0.211	1.270
67-43	0.293	0.442	0.089	0.155	3.350	0.820	0.767	0.189	0.213	0.938
71-67	0.984	1.480	0.482	1.380	4.500	1.662	-	1.187	1.195	1.800
71-43	0.370	0.559	0.134	0.290	3.400	0.915	0.621	0.300	0.322	1.030

CUADRO 4 : AREA DE PLAYA (m2/día)

ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
AÑO										
57-43	-	1.240	-	0.452	8.410	2.350	2.350	0.605	0.586	1.940
67-57	1.930	1.150	0.590	0.386	10.250	2.120	1.750	0.392	0.578	3.480
67-43	0.820	1.210	0.240	0.424	9.180	2.250	2.100	0.520	0.583	2.570
71-67	2.700	4.050	1.320	3.780	12.350	4.550	-	3.250	3.270	4.930
71-43	1.010	1.520	0.670	0.215	9.310	2.500	1.708	0.820	0.885	2.820

CUADRO 5 : VALORES DE [2iS] (mts)

ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
S	140.	100.	100.	150.	700.	360.	410.	370.	340.	680.
i	75.	75.	75.	75.	75.	130.	130.	65.	65.	65.
2iS	21,000.	15,000.	15,000.	22,500.	105,000.	93,500.	106,500.	48,100.	44,100.	88,400.

CUADRO 6 : VALORES DE (B/2i) (mts.) = (A/2iS) (m)

ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
AÑO										
57-43	-	0.426	-	0.103	0.410	0.128	0.113	0.064	0.068	0.112
67-57	0.335	0.143	0.094	0.063	0.356	0.083	0.060	0.030	0.048	0.144
67-43	0.335	0.707	0.143	0.165	0.768	0.212	0.173	0.094	0.116	0.255
71-67	0.141	0.296	0.097	0.184	0.128	0.053	-	0.074	0.081	0.061
71-43	0.475	1.002	0.240	0.349	0.900	0.264	0.158	0.168	0.197	0.315

CUADRO 7 : VALORES DE [Hs + B/2i] (mts.)

ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
AÑO										
57-43	-	6.426	-	6.103	6.410	6.128	6.113	6.064	6.068	6.112
67-57	6.335	6.143	6.094	6.063	6.356	6.083	6.060	6.030	6.048	6.144
67-43	6.335	6.707	6.143	6.165	6.768	6.212	6.173	6.094	6.116	6.255
71-67	6.141	6.296	6.097	6.184	6.128	6.053	-	6.074	6.081	6.061
71-43	6.475	7.002	6.240	6.349	6.900	6.264	6.158	6.168	6.197	6.315

CUADRO 8 : INCREMENTO DE VOLUMENES
VALORES DE [B.S (Hs + B/2i)] (10 ^ 4.m3)

ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
AÑO										
57-43	-	4.110	-	1.410	28.300	7.360	7.350	1.880	1.820	6.050
67-57	4.460	1.320	0.860	0.855	23.800	4.720	3.880	0.863	1.280	7.800
67-43	4.460	7.130	1.320	2.290	54.430	12.300	11.350	2.760	3.130	14.100
71-67	1.820	2.800	0.884	2.550	8.280	3.027	-	2.170	2.180	3.270
71-43	6.475	10.550	2.250	4.900	65.200	15.500	10.350	5.000	5.400	17.600

CUADRO 9 : VOLUMENES x 10^{^3} (m3/año)

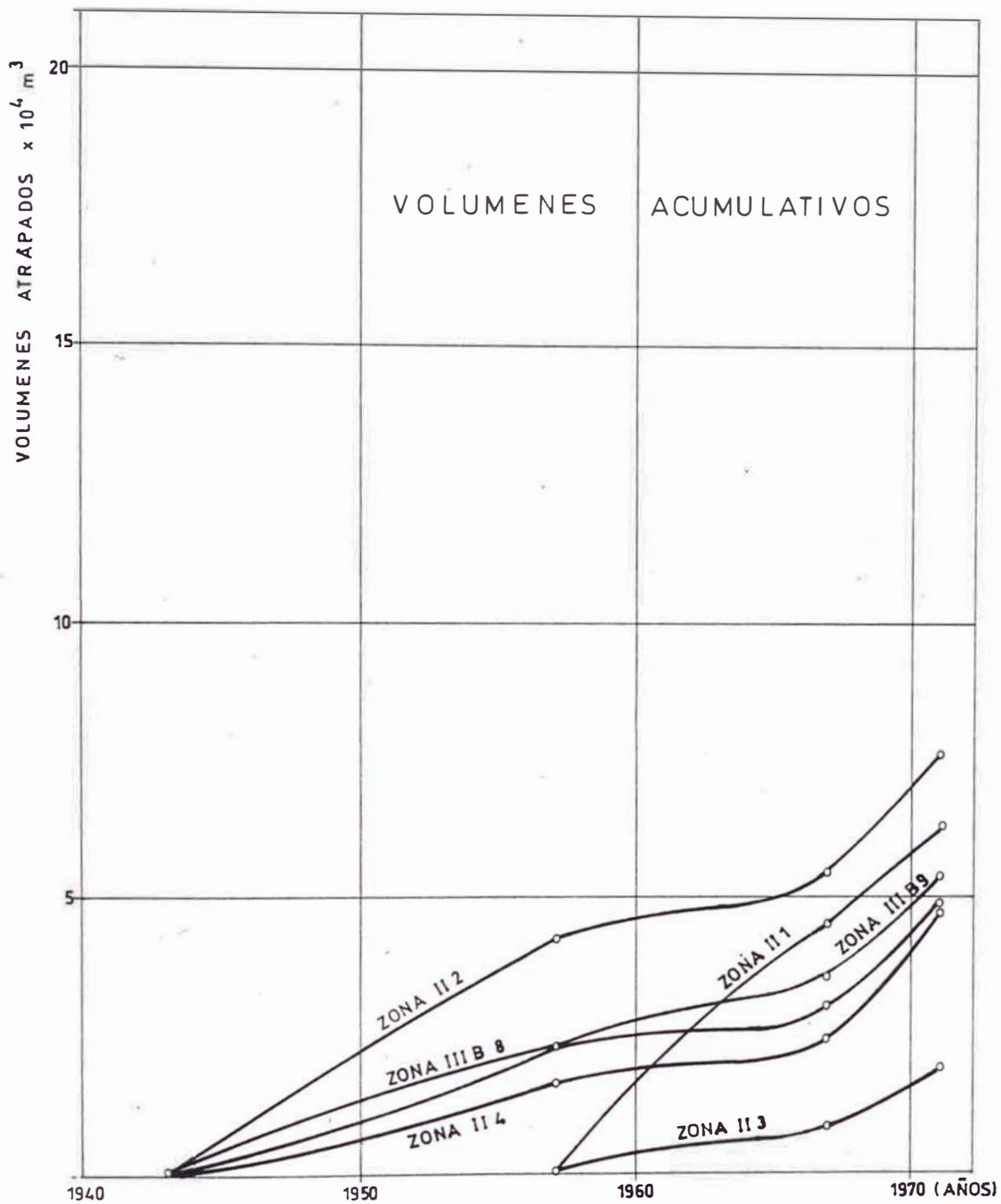
ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
AÑO										
57-43	-	2.940	-	1.010	20.200	5.250	5.250	1.340	1.300	4.320
67-57	4.460	1.320	0.860	0.855	23.800	4.720	3.880	0.863	1.280	7.800
67-43	1.860	2.970	0.550	0.955	22.600	5.130	4.725	1.150	1.300	5.880
71-67	6.070	9.330	2.950	8.500	27.550	10.090	-	7.230	7.270	10.900
71-43	2.400	3.900	0.834	1.818	24.200	5.740	3.840	1.850	2.000	6.520

CUADRO 10 : VOLUMENES (m3/día)

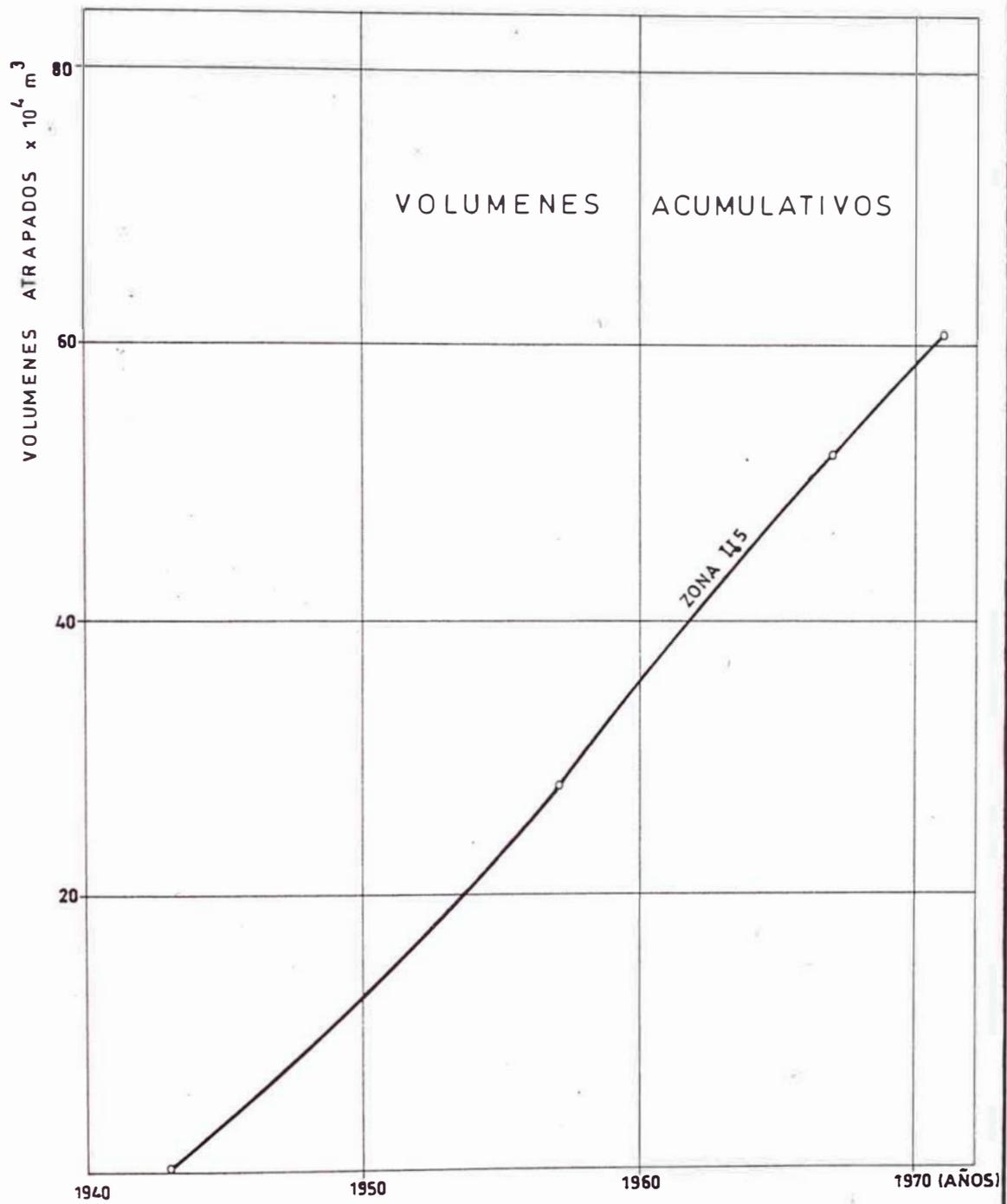
ZONA	II1	II2	II3	II4	II5	IIIA6	IIIA7	IIIB8	IIIB9	IIIB10
AÑO										
57-43	-	8.060	-	2.770	55.400	14.400	14.400	3.670	3.840	11.820
67-57	12.250	3.620	2.360	2.345	65.200	12.950	10.630	2.365	3.780	21.400
67-43	5.200	8.140	1.530	2.620	62.000	14.080	12.950	3.155	3.840	16.100
71-67	16.610	25.550	8.090	23.300	75.600	27.700	-	19.800	19.900	29.800
71-43	6.580	10.670	2.280	4.970	67.300	15.740	10.500	5.070	5.480	17.870

CUADRO 11 : DETERMINACION DE LOS VOLUMENES POTENCIALES DE TRANSPORTE LITORAL

ZONA	H	H2	A	Sen	Cos	Ei x 103	Ei x 104	Qi	QiD
	2.10	4.40	8°	0.139	0.990	4,100	19.5	430	
II1	1.25	1.56	40°	0.643	0.766	5,200	23.7	522	73,000
II2	1.25	1.56	75°	0.966	0.259	2,630	13.6	300	30,000
II3	1.25	1.56	70°	0.940	0.342	3,390	16.6	365	36,500
II4	1.25	1.56	70°	0.940	0.342	3,390	16.6	365	54,800
II5	1.25	1.56	40°	0.643	0.766	5,200	23.7	522	365,500
IIIA6	1.70	2.90	49°	0.755	0.656	9,700	39.0	859	310,000
IIIA7	1.70	2.90	40°	0.643	0.766	9,700	39.0	859	352,000
IIIB8	1.70	2.90	35°	0.574	0.819	9,200	37.4	822	304,000
IIIB9	1.70	2.90	20°	0.342	0.940	6,300	27.7	610	207,000
IIIB10	1.70	2.90	9°	0.156	0.988	3,010	15.3	337	229,000
IV	2.20	4.83	15°	0.259	0.966	8,160	34.0	748	
V	2.60	6.75	18°	0.309	0.951	13,400	51.0	1,121	
VIA	3.20	10.30	11°	0.191	0.982	13,100	49.5	1,090	
VIB	3.20	10.30	8°	0.139	0.990	9,600	38.5	847	
VIC	3.20	10.30	9°	0.156	0.988	10,750	42.0	924	
VII	4.15	17.80	0°	0.000	1.000				
VIII	2.70	7.30	6°	0.105	0.995	5,160	23.7	522	
IX	1.95	3.80	30°	0.500	0.866	11,250	44.0	968	



ARENAMIENTO PROGRESIVO DE LAS PLAYAS DE LIMA
DIAGRAMA DE MASA



ARENAMIENTO PROGRESIVO DE LAS PLAYAS DE LIMA
DIAGRAMA DE MASA

CAPITULO 4

UBICACION DEL ESPIGON

UBICACION DEL ESPIGON

El espigón que se va a diseñar se encuentra ubicado:

- Politicamente :

Bahía de Miraflores.

Distrito : Magdalena.

Provincia Lima.

Provincia Lima.

- Geograficamente :

Altura de la Bajada de la Avenida Brasil y el punto "F"
de la Poligonal Abierta, con Coordenadas Magneticas:

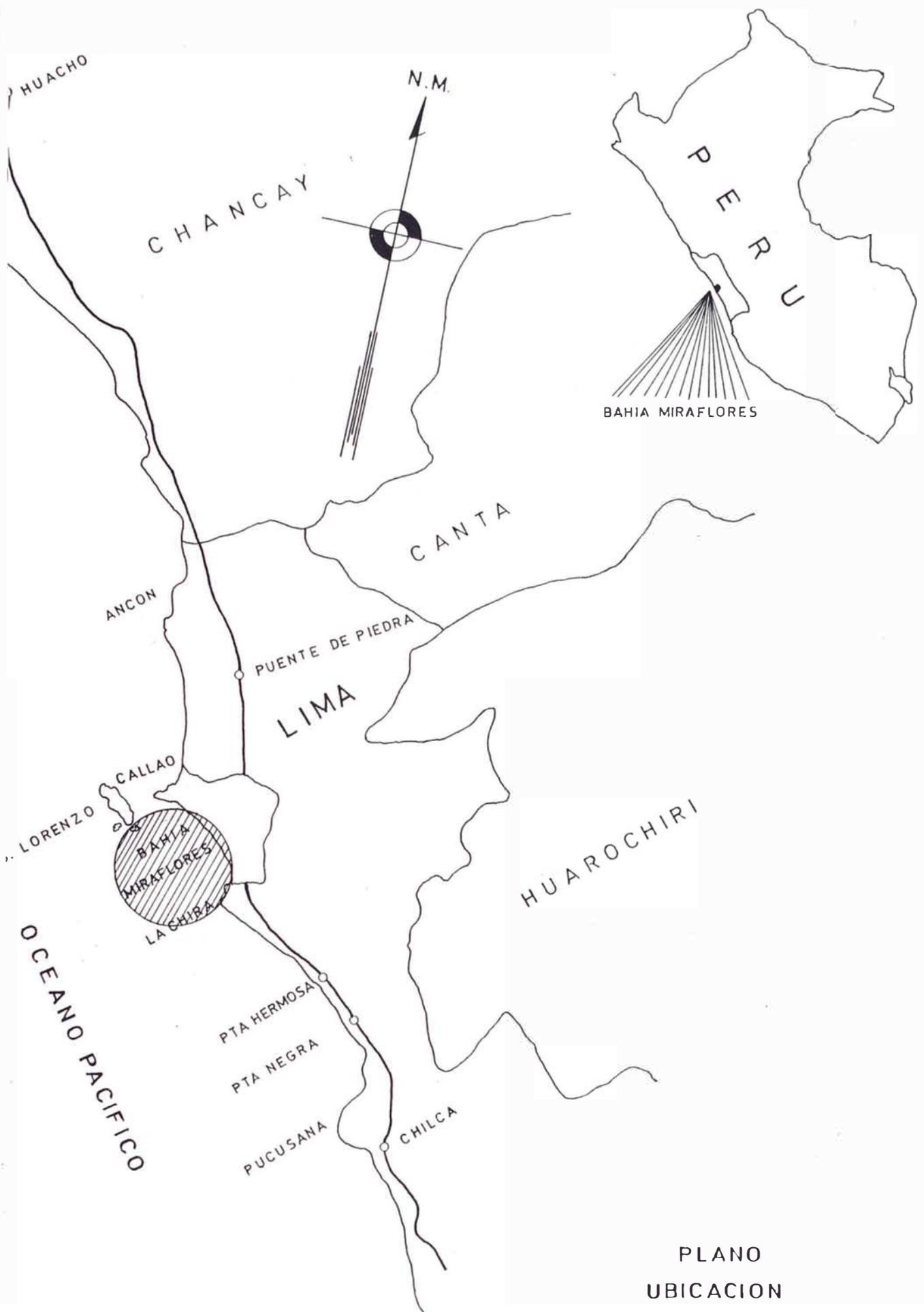
X = 2,090.715

Y = 5,524.001

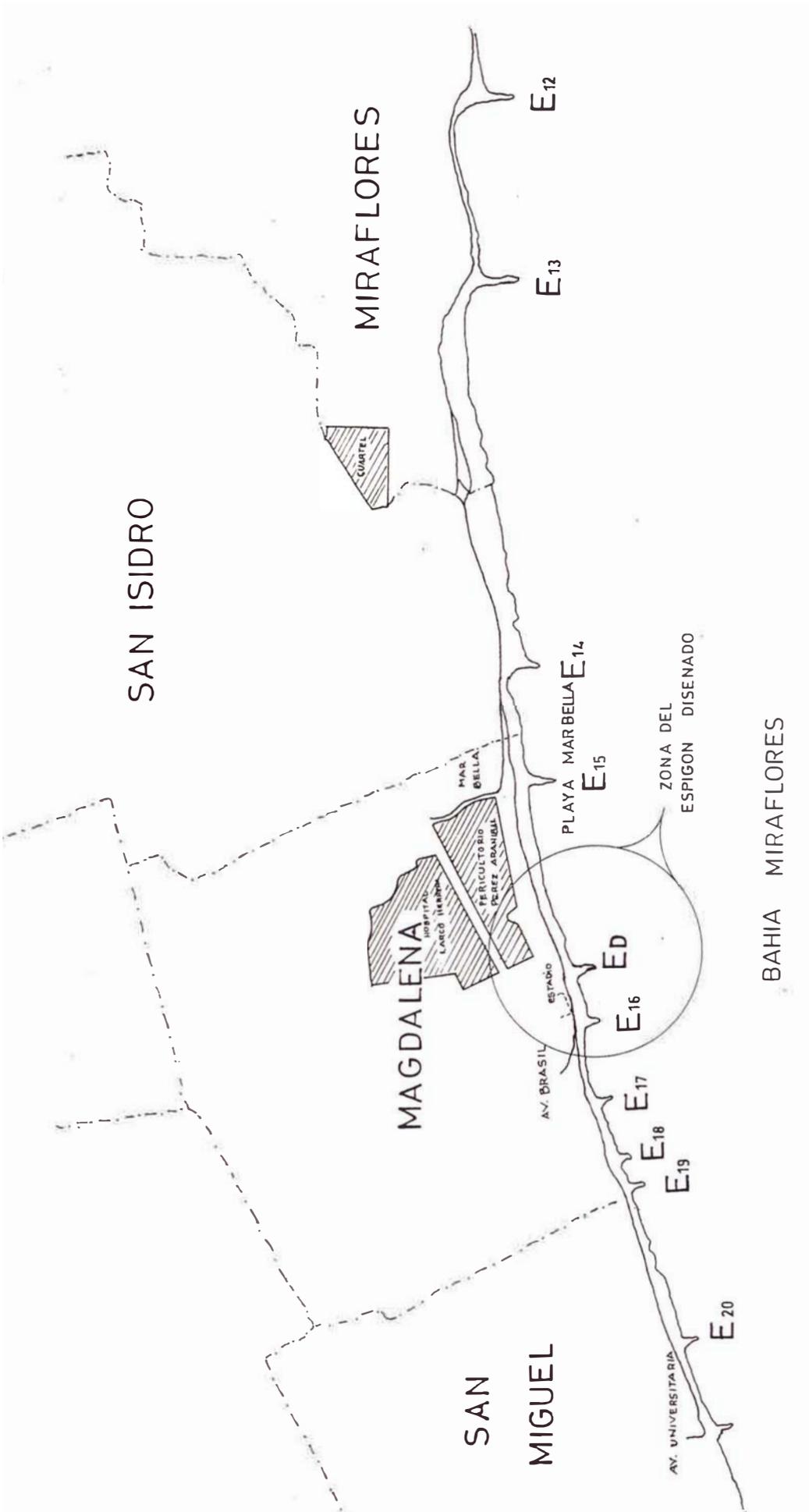
a una distancia de 602.38 mts. del Espigón E(15).

Forma un ángulo 0° con la Playa de 110° .

Ver laminas 1, 2 y 3.



PLANO
UBICACION



BAHIA MIRAFLORES

CAPITULO 5
DISEÑO DEL ESPIGON

RUN UP O SUBIDA DE LA OLA

DEFINICION

Es la máxima elevación vertical R_u , medida con respecto al nivel de aguas tranquilas (N.A.T.), de la lengua de agua que se alza sobre el talud de una estructura. Este fenómeno de olas, se origina por la transferencia de momentum, cuando éstas inciden sobre la pendiente de una estructura, tal como un rompeolas de escolleras. Ver Fig nº 1. La determinación del Run Up es necesaria para calcular una adecuada elevación de la cresta de un rompeolas de escolleras, si se quiere prevenir el sobre paso de agua (overtopping), o para evaluar la magnitud de éste.

CALCULO DEL RUN UP PARA ROMPEOLAS DE ESCOLLERAS

Caso 1 : Cuando $h_s/H' \leq 3$. (Olas no rompientes)

El Shore Protection Manual recomienda el uso de la Fig nº 2, para la determinación del Run Up de rompeolas de escolleras (curvas inferiores). La figura también presenta curvas para la determinación del Run Up para pendientes lisas (curvas superiores). Como altura de ola significativa, H_s .

Se observa en la Fig nº 2, que la rugosidad y la porosidad de la estructura, tienen una enorme influencia sobre el Run Up, esto es, el Run Up es mucho mayor para las pendientes lisas que para las pendientes de escolleras. Se

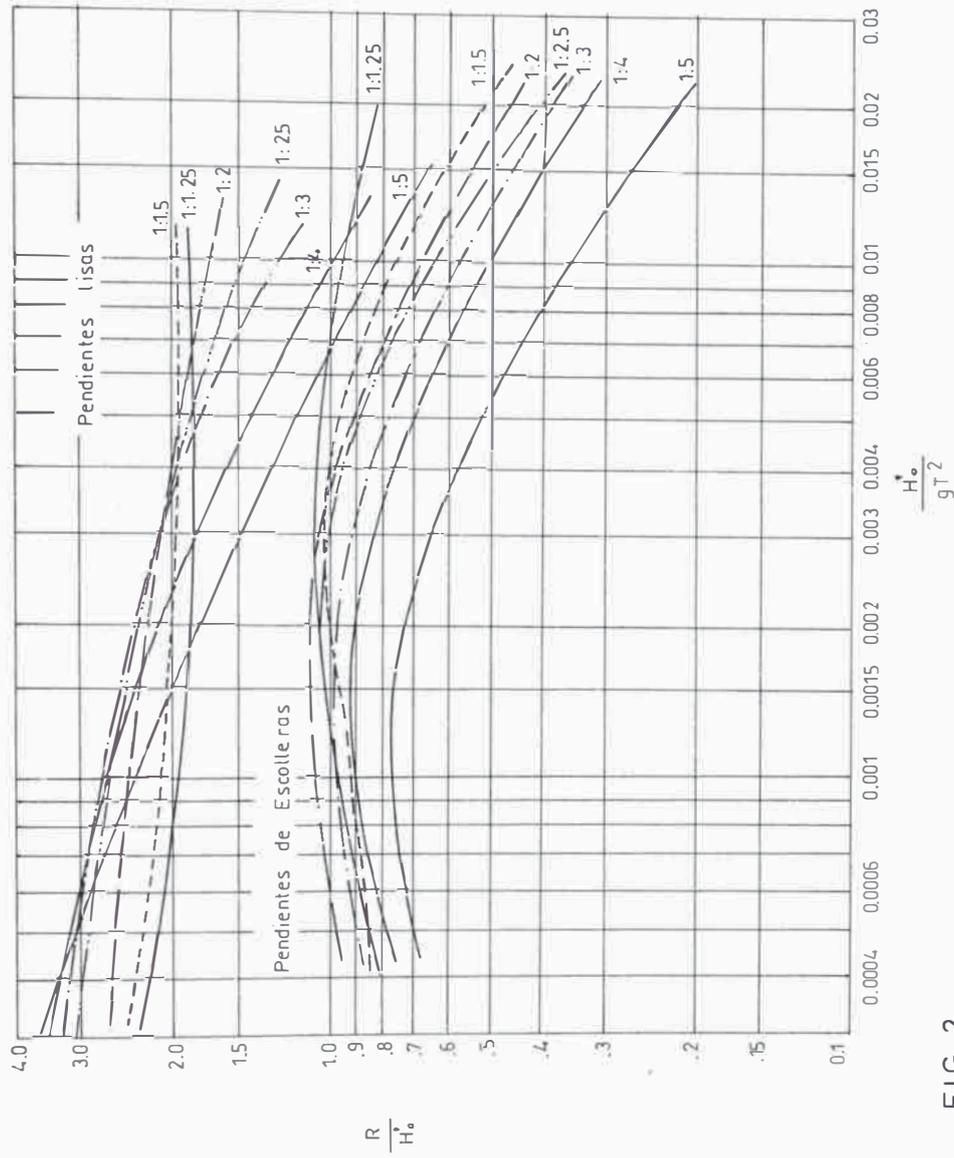


FIG 2
 Comparación del Run Up pendientes lisas y de Escolleras permeable (Datos para $h_s/H_0 > 3.0$)

considera que el porcentaje de porosidad, n , de un terraplén compuesto sólo de escolleras, es de orden de 38 a 40%.

Las curvas para los rompeolas de escolleras, indican que las máximas sobre elevaciones con respecto al nivel de aguas tranquilas de diseño, para un rango de pendiente de 1:5 a 1:1.25, está en el orden de $0.77 H'o$ a $1.1 H'o$.

CALCULO DEL RUN UP, USANDO EL CRITERIO DEL NUMERO I

El número (I), de Iribarren es muy útil en la determinación de los fenómenos relacionados con la interacción del oleaje y el rompeolas. El número de Iribarren, se define por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\tan(\alpha)}{\sqrt{\frac{H}{L_0}}}$$

Ademas de la gráfica anterior, para evaluar la sobre evaluación, existen dos importantes trabajos de investigación relacionados con éste fenómeno, realizados por Günbak 1979, y Day & Kamel en 1969, para pendientes de escolleras con olas regulares y para una condición de olas no rompientes, es decir, cuando la relación $hs/H'o$ es mayor que 3. Las conclusiones de sus ensayos se pueden plasmar en las dos ecuaciones de sus ensayos se pueden plasmar en las dos ecuaciones que daremos en seguida

$$\frac{Ru}{H} = 0.4I \quad \text{para } I > 2.5$$

$$\frac{Ru}{H} = 1$$

para $I > 2.5$

Caso 2 : Cuando $hs/H'0 < 3$ (Olas rompientes)

En este caso la ola puede disipar su energía antes de llegar a la pendiente del rompeolas. Se puede esperar que el Run Up en una pendiente de escollera sea similar al de una pendiente lisa e impermeable, pero reducido por algún coeficiente que tenga en cuenta, la rugosidad, y la permeabilidad de la estructura, así como la colocación y forma de las unidades de armadura, y del número de capas de éstas. En 1976 la Segunda Comisión de Olas de la PIANC (Permanent International Association of Navigation), recomendó el uso de la Tabla nº 1, para la determinación del factor de reducción, rd.

Para éste fin se pueden encontrar en el Shore Protection Manual, cinco gráficas de curvas para el cálculo del Run Up con pendientes impermeables y lisas, teniendo presente las gráficas desde nº 3, al nº 7. Siendo ésta última una gráfica de corrección por el efecto de escala en los ensayos. Esta gráfica se utilizarán para las condiciones de $hs/H'0 = 0, 0.45, 0.80, 2.0,$ respectivamente, y para una pendiente de playa (β) de 1:10.

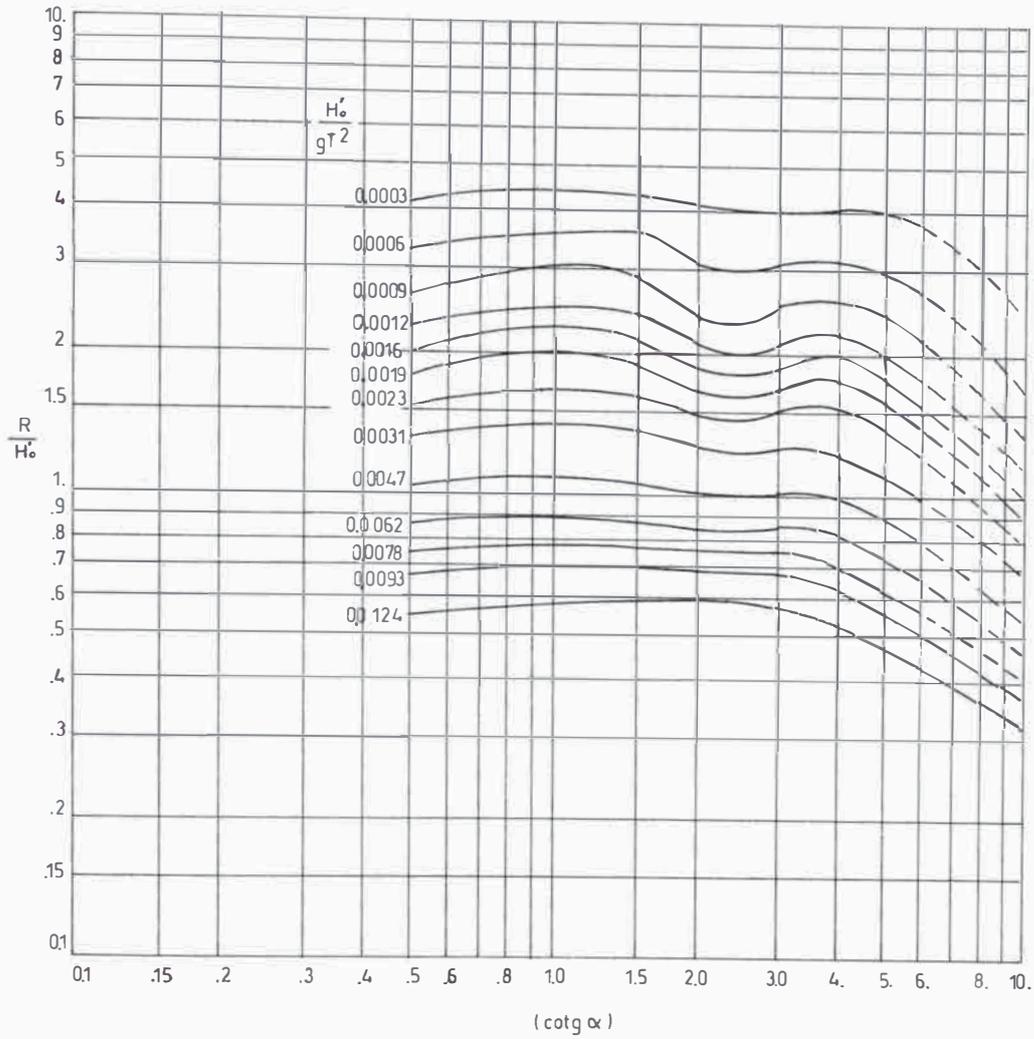


FIG 3
 Run Up para Pendientes Impermeables Lisas, $h_s/H_0 = 0$
 (Pendiente de Playa, 1:10)

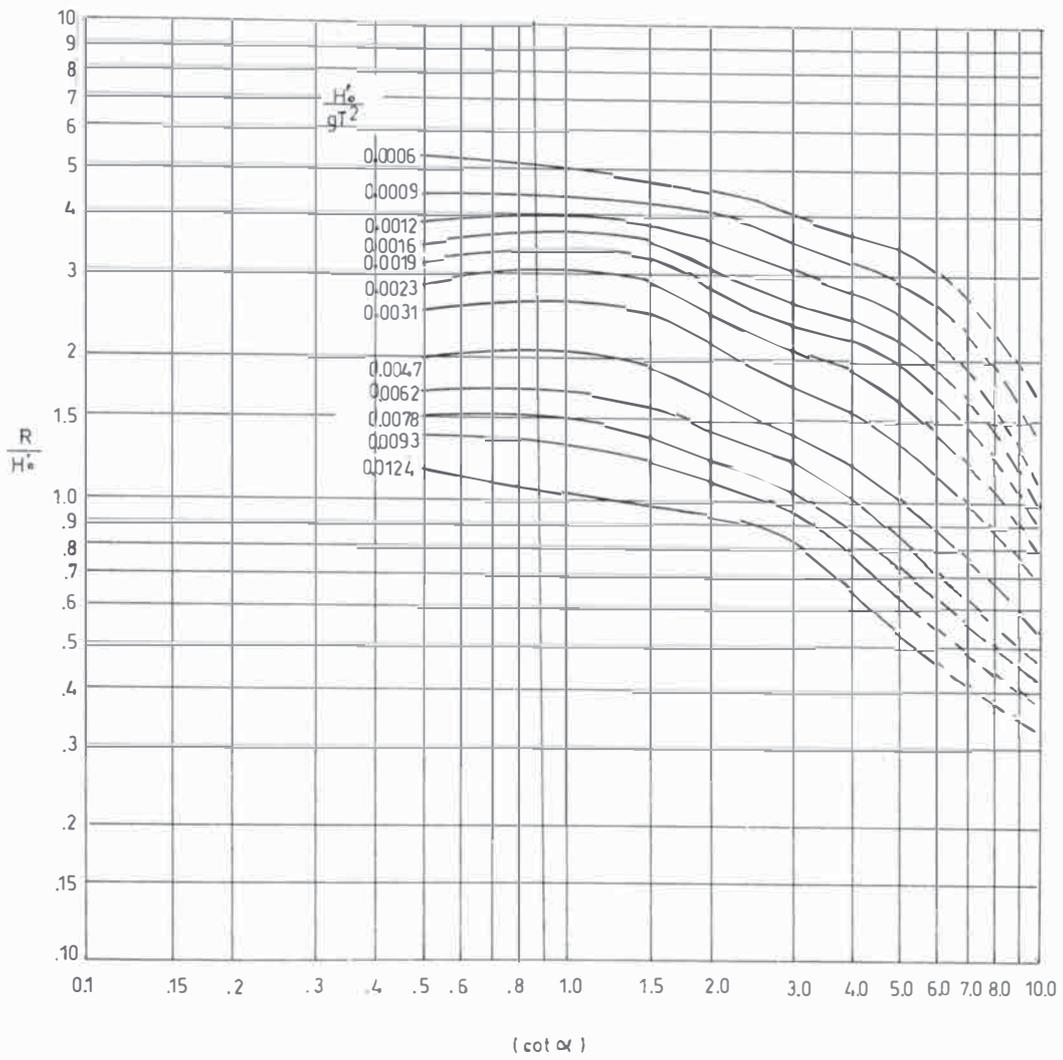


FIG 4 Run Up para pendientes Lisas Impermeables $h_s/H_0 \approx 0.4$
(Pendiente de Playa $m=1:10$)

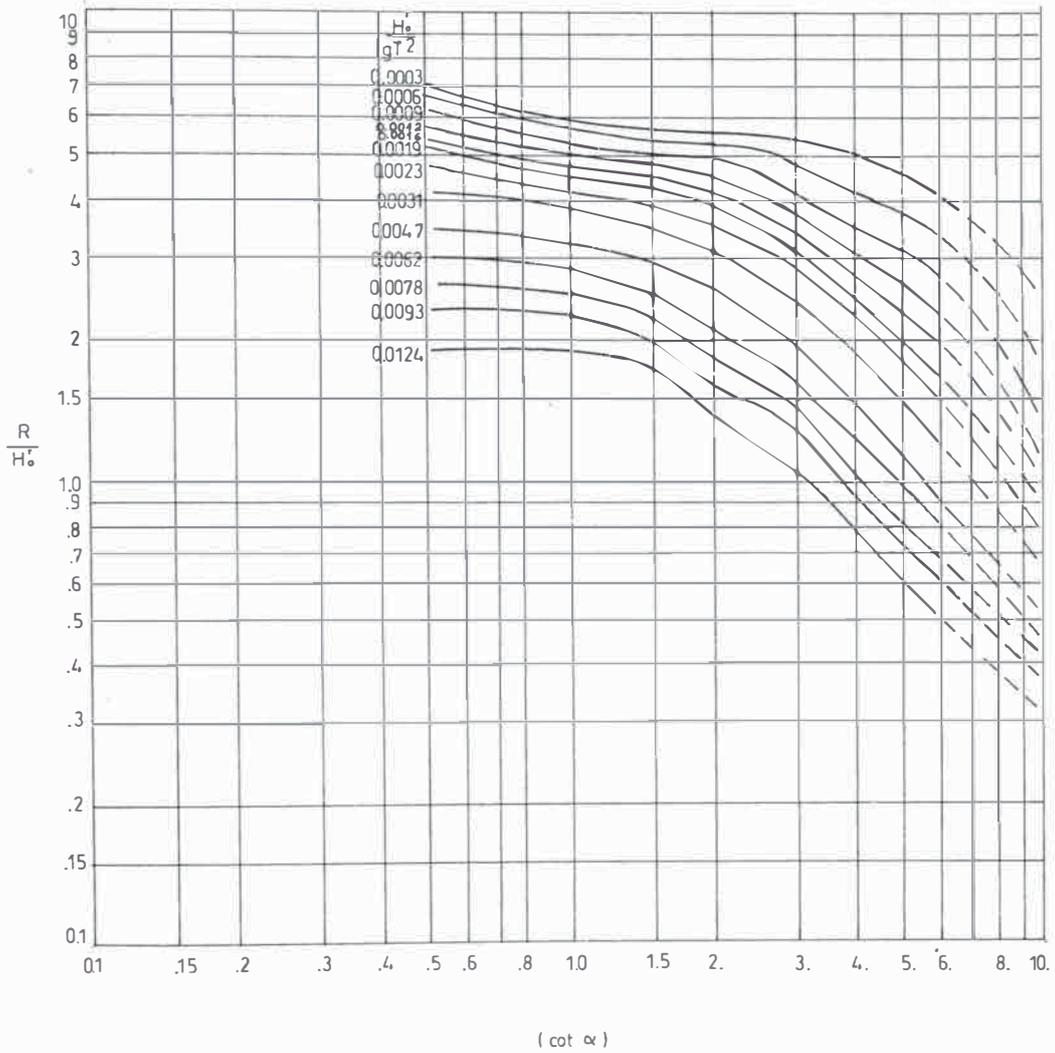


FIG 5 Run Up para pendientes Impermeables Lisas, $\frac{h_s}{H_0} \approx 0.8$
(Pendiente de Playa, 1:10)

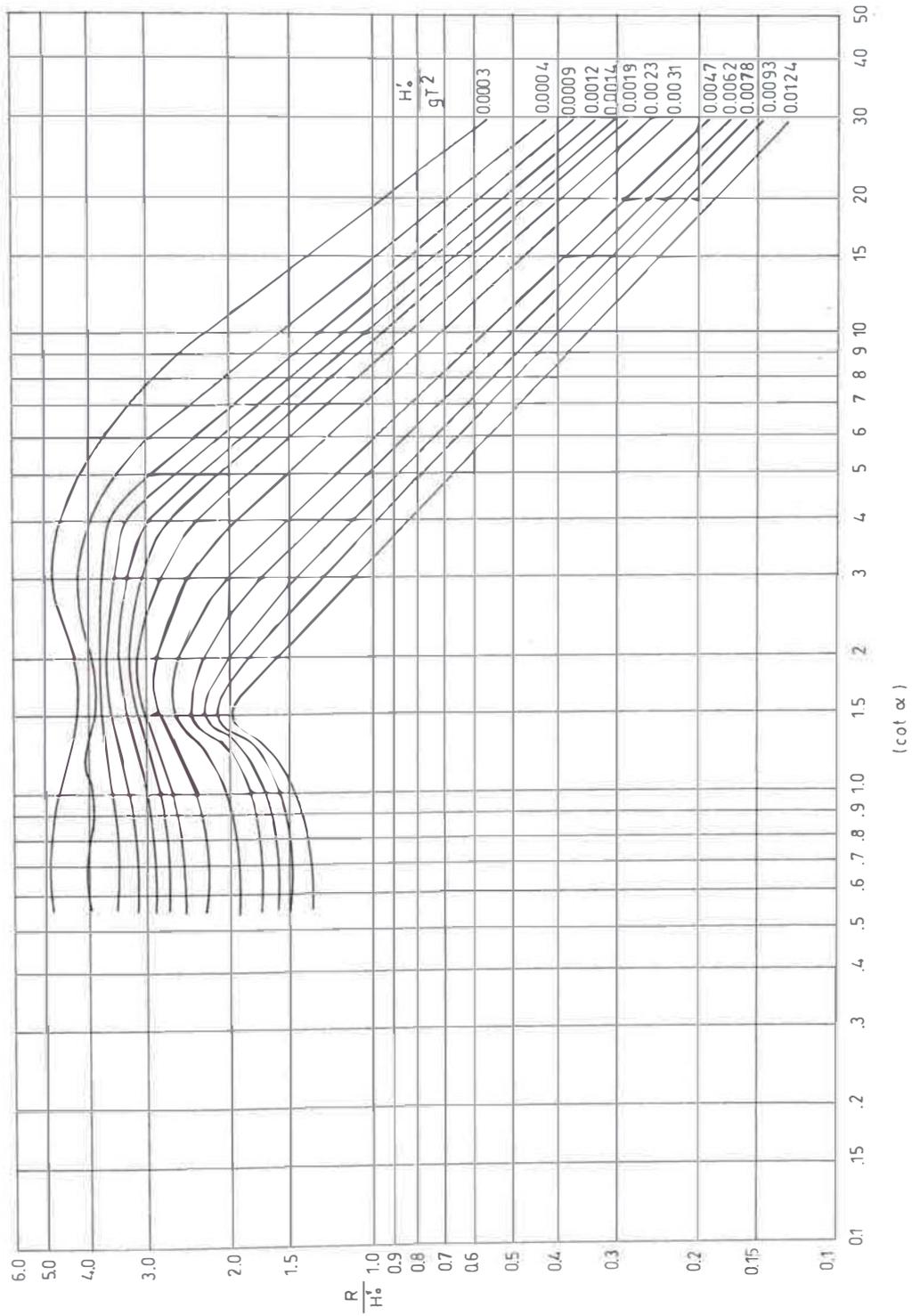


FIG 6 Run Up para pendientes Impermeables Lisas, $h_s/H_0 = 2.00$

(Fuente : SAVILLE , 1968)

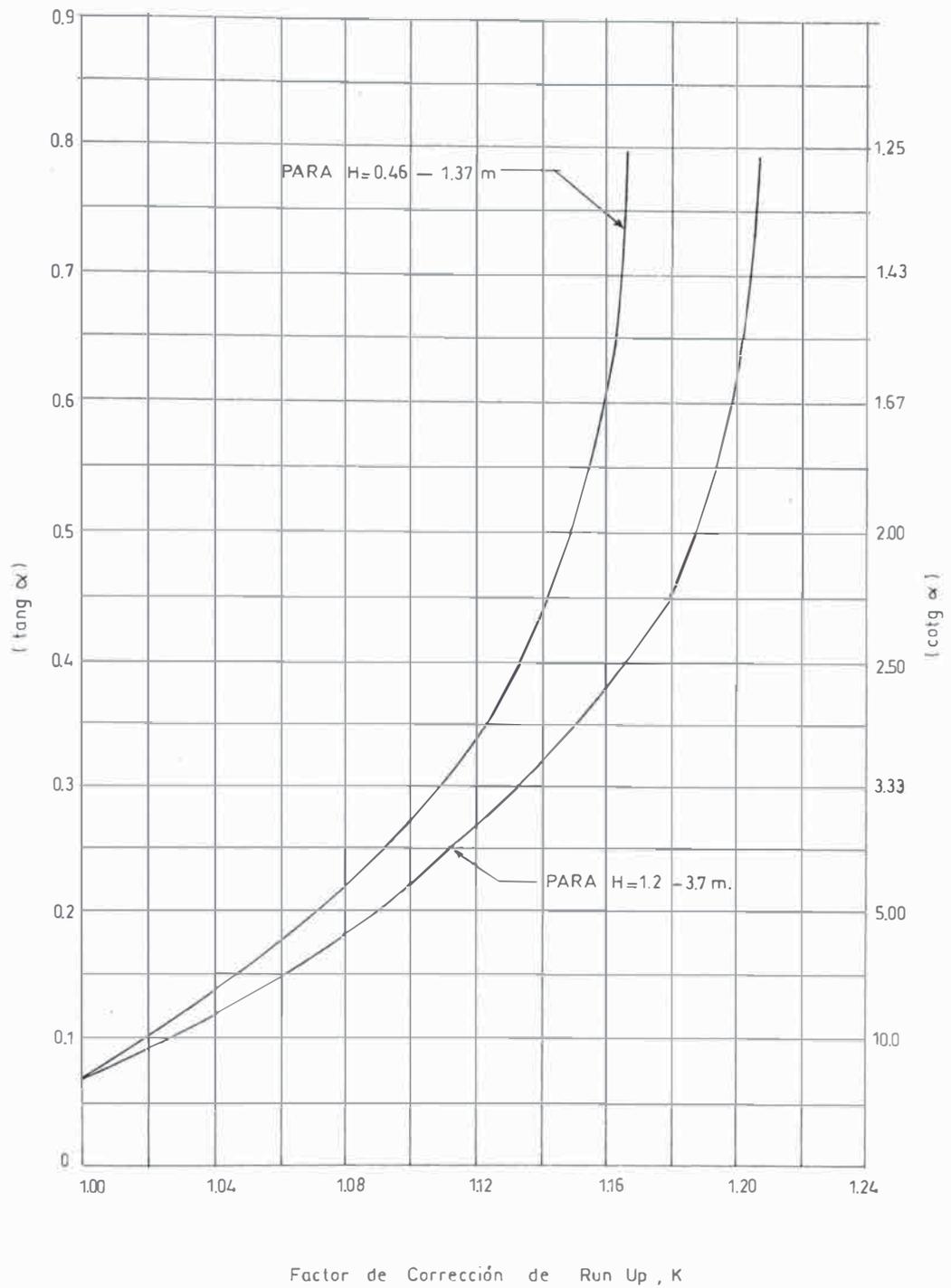


FIG 7 Corrección del Run Up por efecto de Escala
(Fuente: C.E.R.C 1973 S.P.M.)

TABLA Nº 1 FACTOR DE REDUCCION DE RUN UP (r_d) CON
RELACION A PENDIENTES LISAS E IMPERMEABLES

FUENTE	CAPA PRINCIPAL O CORAZA	r_d^\dagger
	Impermeable y Lisa	1.0
C.E.R.C	de una capa de roca	0.8
C.E.R.C	de dos o más capas de roca	0.5
Shankin	roca de cantera colocada aleatoriamente	0.6-0.65
Shankin	traslape especial de roca de cantera.	0.75-0.8

(*) Este factor depende del Número de Iribarren
 $I = m/(H/L_o)^{1/2}$. Los valores para r_d dados en
la tabla son consecutivos para $I < 2$, pero pueden
ser excesivos para $I > 2$.

DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LOS ROMPEOLAS DE ESCOLLERAS

Un rompeolas de escolleras normalmente se compone de una capa y un núcleo de roca de cantera, cubiertos por una o más capas de rocas más grandes y una armadura exterior de roca grande de cantera.

Tal como se muestra en las figuras nº 8 y nº 9, las secciones típicas de rompeolas de escolleras para las condiciones de olas rompientes y no-rompientes.

Se puede considerar el diseño de la sección en tres partes:

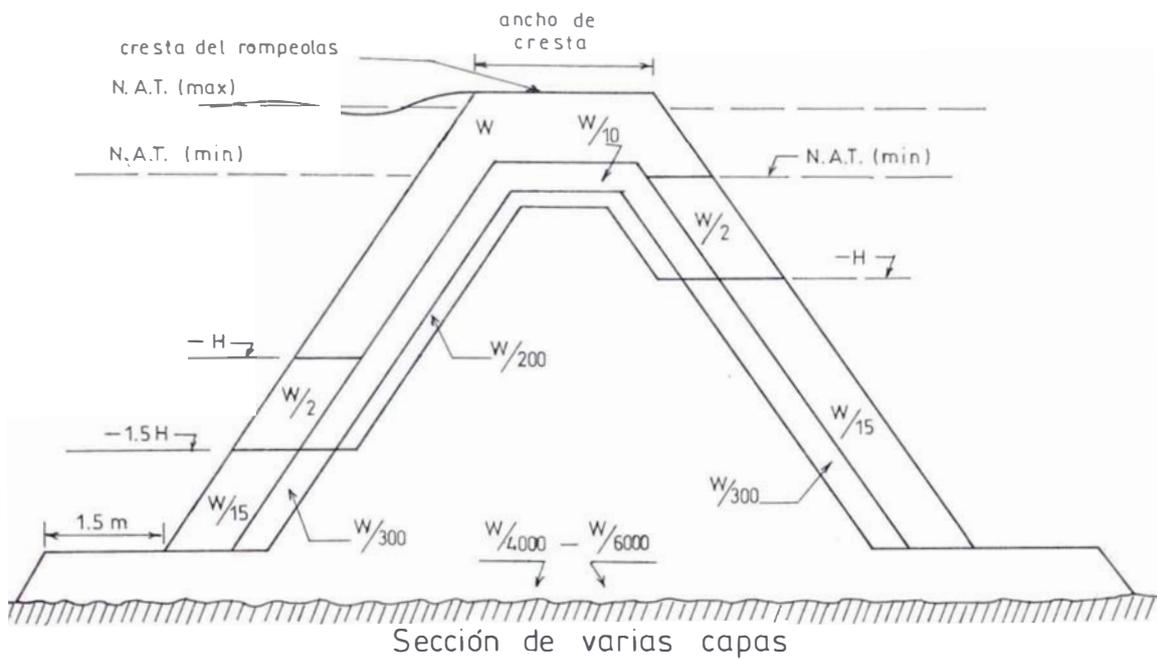
- (1) La geometría de la estructura;
- (2) La evaluación de las técnicas de construcción;
- (3) La evaluación de los materiales.

ELEVACION Y ANCHO DE LA CRESTA

El sobre paso suceda o no dependerá de la elevación de la cresta y está a su vez del run up de la ola, R_u . El run up depende de las características de la ola, de la **pendiente del rompeolas de la porosidad y rugosidad de la coraza**

El nivel de la cresta finalmente será: $MHW + R_u + S$, donde S es un bordo libre de seguridad.

El ancho de la cresta de un rompeolas de escolleras está íntimamente ligado al grado de sobre paso de olas y de los requisitos de construcción. Si no se considera el sobre



Tamaño de roca	Capa	Graduación (%) del Tamaño de roca
W	Coraza	125 a 75
$W/2$ y $W/15$	Capa Secundaria	125 a 75
$W/10$ y $W/300$	Primera Subcapa	130 a 70
$W/200$	Segunda Subcapa	150 a 50
$W/4000$ - $W/6000$	Núcleo , Capa de filtro	170 a 30

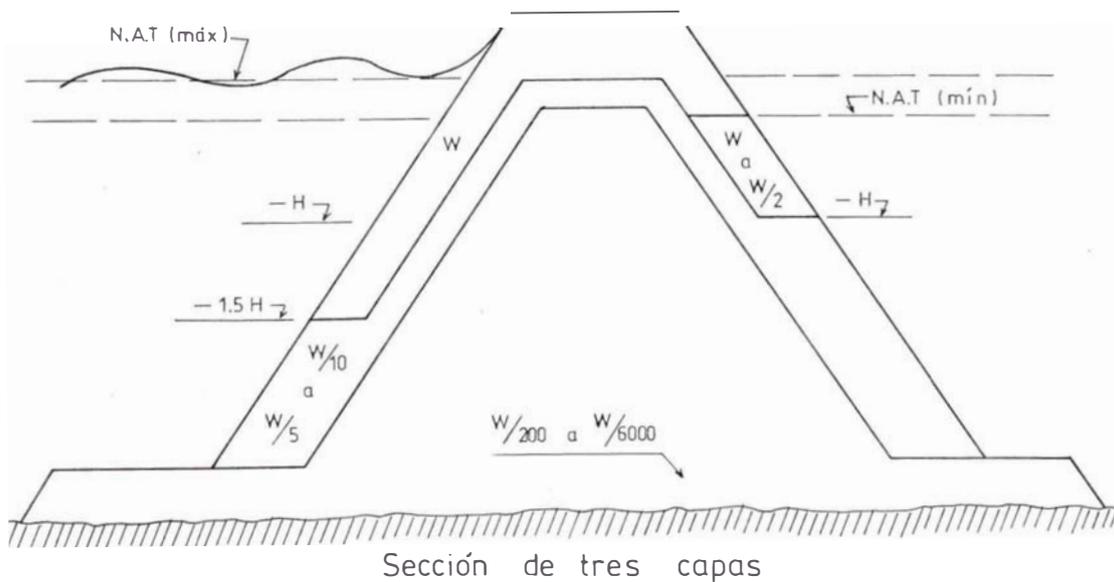
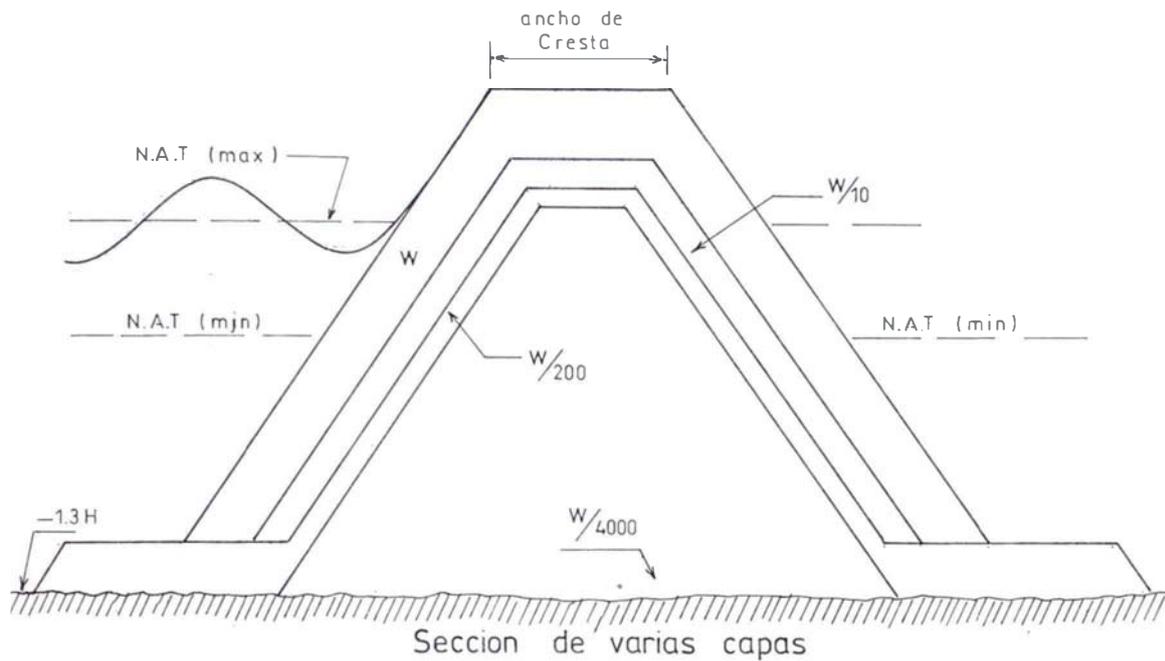


FIG 8 SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS DE ROMPEOLAS DE ESCOLLERAS OLA NO-ROMPIENTE (condición de cero a moderado sobre paso de olas)



Tamaño de roca	Capa	Graduación (%) del Tamaño de roca
W	Coraza	125 - 75
W/10	Primera Subcapa	130 - 70
W/200	Segunda Subcapa	150 - 50
W/4000	Núcleo Capa de filtro	170 - 30

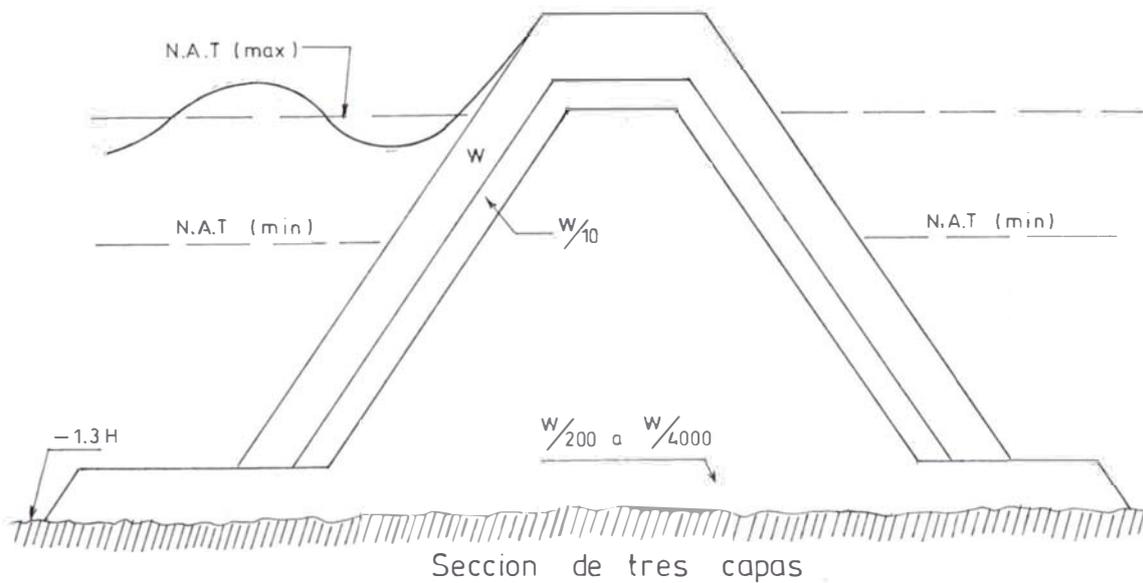


FIG 9 SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICA DE ROMPEOLAS DE ESCOLLERAS OLA ROMPIENTE (condición de moderado sobre paso de olas)

paso en el diseño, el ancho de la cresta no será crítico. Si se considera entonces; el ancho mínimo de la cresta deberá ser igual a tres unidades de armadura ($m' = 3$). El ancho de la cresta puede ser obtenido por la siguiente ecuación:

$$B' = m' \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\rho \cdot g} \right)^{1/3}$$

donde:

B' es el ancho de la cresta, en metros.

m' es el número de rocas (m' como mínimo 3).

k coeficiente de capa. Ver Tabla nº 2.

W peso de la unidad en la coraza, en Newtons.

densidad de la unidad, Kg/m^3 .

g aceleración de la gravedad, $9.81 \text{ m}/\text{sg}^2$.

ESPESOR DE LA CORAZA, DE LAS SUBCAPAS Y EL NUCLEO DE LAS UNIDADES EN LA CORAZA.

El espesor de la coraza y de las subcapas así como del mínimo de unidades en la coraza requerido, pueden determinarse por la siguiente fórmula:

$$t = m' \cdot k_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\rho \cdot g} \right)^{1/3}$$

donde:

m' es el número de capas de unidades. Usualmente 2, y a veces 1 o 3.

K coeficiente de capa, para cada tipo de unidad. Ver

Tabla nº 2.

t es el espesor de la coraza, en metros.

El número de unidades en la coraza necesario por unidad superficial de área, puede determinarse por:

$$c = m' \cdot K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot \left(\frac{\rho \cdot g}{W}\right)^{2/3}$$

donde:

c es el número de unidades por unidad de área en la coraza.

P es la porosidad de capa expresada como porcentaje para tipo de unidad. Ver Tabla nº 2.

Tabla n^o 2. Coeficiente de capa y de porosidad
para varias unidades de coraza

Unidad de coraza	m'	Colocación	coeficiente de carga K	porosidad (P) %
Roca de cantera (lisa)	2	Aleatoria	1.02	38
Roca de cantera (rugosa)	2	Aleatoria	1.15	37
Roca de cantera (rugosa)	>3	Aleatoria	1.10	40
Cubo (Modificado)	2	Aleatoria	1.10	47
Tetrapodo	2	Aleatoria	1.04	50
Cuadripodo	2	Aleatoria	0.95	49
Hexapodo	2	Aleatoria	1.15	47
Tribarra	2	Aleatoria	1.02	54
Dolos	2	Aleatoria	1.00	63
Tribarra	1	Uniforme	1.13	47
Roca de Cantera	Es	Aleatoria	-----	37

EXTENSION DE LA CAPA PRINCIPAL O CORAZA

Las unidades de coraza (los pesos se obtienen por la formula de HUDSON) deberán extenderse pendiente abajo hasta una profundidad mínima con respecto al nivel de aguas tranquilas, igual a la altura de ola de diseño H , cuando el rompeolas está a una profundidad menor que $1.5H$, como se muestra en la figura nº 9, cuando la estructura esta a una profundidad menor que $1.5H$, las unidades de coraza deberán extenderse hasta el fondo como se muestra en la Figura nº 8.

CABEZO Y CORAZA DE LA PENDIENTE INTERIOR

El armado del cabezo del rompeolas tanto para la pendiente interior y exterior (que dá al mar) deberá ser el mismo; desde el mismo cabezo hasta el intervalo de distancia (paralelo al eje del rompeolas) de 15 a 45 metros. Esta distancia depende de factores tales como la longitud del rompeolas y de la elevación de la cresta. El diseño de la coraza de la pendiente interior se basa sobre el grado de sobre paso de la ola; de la porosidad de la estructura, y de la presión diferencial hidrostática que genera fuerzas de empuje que tienden a desalojar a las unidades de la coraza de la pendiente interior. Si la elevación de la cresta se diseña para la condición de no-sobrepaso, entonces teóricamente el peso de la unidad

de la pendiente interior dependerá de la menor acción del oleaje en el puerto y de la porosidad de la estructura. Si se considera el sobre paso de las olas, las unidades de la coraza principal deberán extenderse a la pendiente interior hasta el nivel mínimo de aguas tranquilas. Ver Figura nº 9.

CAPA SECUNDARIA

El peso de las unidades en la capa secundaria, entre las profundidades $-H$ y $-1.5H$, deberá ser mayor o igual a $W/2$, donde W es el peso de la unidad de coraza calculado por la fórmula de Hudson debajo de $-1.5H$ el peso requerido puede ser reducido a $W/15$ para la misma condición de pendiente, Ver Figura nº 9.

Cuando la estructura se localiza en aguas poco profundas Figura nº 8, esto es cuando la profundidad $h_s \geq 1.3H$, las unidades de la coraza deberán extenderse sobre toda la pendiente hasta el fondo.

La capa secundaria, Ver Fig nº 9, desde $-H$ hasta el fondo deberá ser del mismo o mayor espesor que la coraza. Esto basándonos sobre las razones de peso de las unidades, si $n = 2$ para la coraza (ancho de dos rocas), entonces desde $-H$ a $-1.5H$ la capa secundaria tendrá $n = 2.5$; y $n = 5$, ($n = 2 \cdot (15)^{1/3} = 4.95$) para la parte de la capa secundaria debajo de $-1.5H$.

SUB - CAPAS

La primera sub-capa (directamente después de la coraza) deberá tener como mínimo un espesor de 2 rocas ($n=2$) y deberá pesar una décima parte del peso de la roca de coraza ($W/10$).

La parte de la primera sub-capa debajo de $-1.5H$ deberá tener un espesor mínimo de 2 rocas, estas deberán pesar en veinteavo del peso de la roca subyacente ($1/20 \times W/10 = W/200$). Para la parte debajo de $-1.5H$, la roca de segunda sub-capa y para el núcleo deberá pesar $W/6000$, o ser roca de cantera menuda.

EL NUCLEO

La principal función del núcleo de un rompeolas de escolleras es soportar las capas de la coraza sin que cambien de posición. Una función secundaria es que el núcleo sea razonablemente impermeable es decir, sea impermeable a la arena pero que deje pasar el flujo de agua a través de él. Aunque en la practica sin embargo no se debe permitir que mucho flujo de agua pase a través del núcleo, ya en el poco tiempo éste puede reducir su permeabilidad significativamente.

El material que se elija para el núcleo influye sobre las unidades de la coraza. Cuando la permeabilidad del núcleo disminuye, la parte de la energía de la ola que

debería consumirse por filtración del núcleo, se suma a la parte de la energía que se consume en la coraza, dando como resultado un tanque más fuerte sobre estas unidades.

MATERIALES

Cuando se utiliza roca de cantera en la coraza, los restos mas finos (material de desecho de la cantera) podrán ser utilizados ventajosamente en el núcleo. Este material debido a su buen rango de tamaño, generalmente forma un núcleo impermeable. Ver Fig nº 8 y nº 9, La C.E.R.C. recomienda tomando como base el peso W de la unidad de coraza un rango de $W/200$ a $W/6000$ para el peso del material del núcleo.

FILTRO Y UÑA DEL ROMPEOLAS

DESCRIPCION Y FUNCIONES

La capa de filtro es la capa más profunda de un rompeolas que está en contacto con el fondo marino, y sirve para prevenir los excesivos asentamientos de la estructura. Esta prevención se logra evitando la erosión del material de fondo por los intersticios del rompeolas a través del flujo de agua. Estos filtros son bastante necesarios si el fondo consiste de material fácilmente erosionable tal como una arena fina.

La uña de un rompeolas es en cierta forma, una extensión de la capa de filtro, que se constituye mas allá de los límites normales de la sección transversal del rompeolas, sirviendo como soporte del borde de la armadura principal.

La uña puede actuar como un revestimiento del fondo a lo largo del rompeolas que evita la erosión local que pone en peligro la integridad de la base. La construcción de la uña también es necesaria cuando el material del fondo es fácilmente erosionable.

DESCRIPCION DEL FENOMENO

La erosión del material del fondo, debajo de un rompeolas es debido a las corrientes locales como resultado de las fluctuaciones de la presión de las olas. Esto se muestra en forma esquemática en la Figura nº 10.

Si no hubiese oleaje, las presiones en el fondo, en las secciones a y b serían iguales. Sin embargo en el instante cuando el perfil de la ola (1) se presenta; dá como resultado una gradiente de presión en un flujo de a hacia b a través de los poros del rompeolas. Inmediatamente después (perfil de la ola (2)) la gradiente de presión y la dirección del flujo cambian.

Estos flujos alternativos son los causantes de la erosión del material y como resultado del asentamiento del rompeolas.

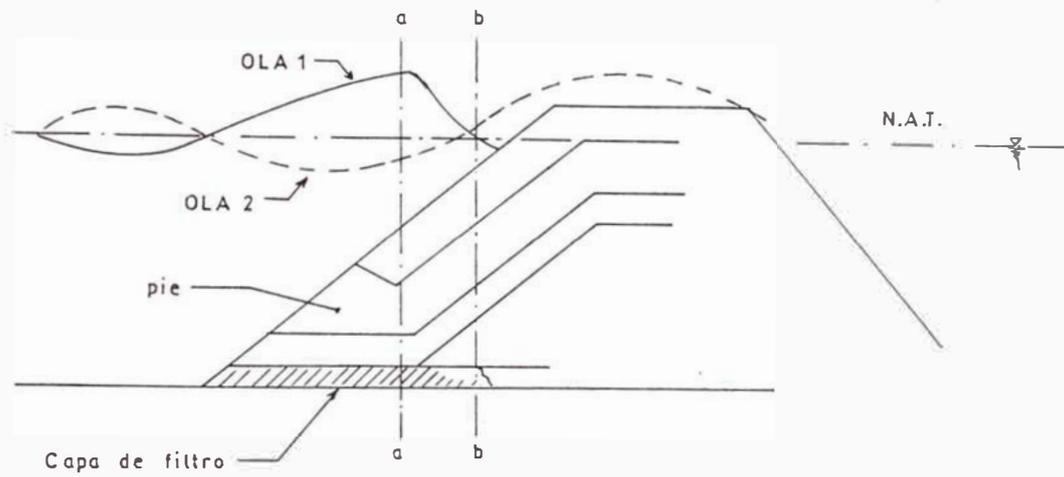


FIG 10 REPRESENTACION DE LAS PRESIONES DEL AGUA DENTRO DEL ROMPEOLAS

CRITERIO DE DISEÑO PARA LA CAPA DE FILTRO

Una construcción adecuada de una capa de filtro sobre un fondo arenoso deberá satisfacer dos criterios:

- a.- Prevenir la erosión del material debajo del rompeolas causado por las corrientes horizontales, y
- b.- Prevenir la formación de la tubificación de la arena causada por un repentino flujo vertical (gradiente de presión).

Las construcciones de las mayorías de filtros cuando satisfacen uno de los dos criterios también satisfacen al otro.

CRITERIO DE DISEÑO PARA LA UÑA DEL ROMPEOLAS

La uña deberá permanecer estable bajo la acción de las olas, corrientes, y de la carga lateral de las unidades de la coraza. El revestimiento deberá ser flexible a los cambios del perfil del fondo que pueden ser producidos entre otros por la erosión local cerca del borde del revestimiento.

Las corrientes causantes de la erosión en esta área se pueden originar por las fluctuaciones de presión de olas, o también por las mareas o por las corrientes paralelas a la orilla.

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS EN EL DISEÑO DE ROMPEOLAS METODOS DE CONSTRUCCION

El diseño de un rompeolas de escolleras deberá tomar en cuenta el método de construcción a ser usado.

Habrá que evaluar todos los métodos de construcción posibles tomando en cuenta ciertos factores que determinan la selección de un método de construcción por otro: (1) La condición topográfica, batimétrica, etc. de la zona, (2) el oleaje en la zona, (3) la sección final del rompeolas, (4) Los materiales a ser usados, y (5) el equipo que se dispone.

En general se puede aceptar un error de 1 a 2 m. en la dirección horizontal y de 0.3 a 0.5 m. en la vertical.

En principio existen tres métodos para construir el perfil de un rompeolas:

- Mediante equipo flotante.
- Mediante equipo rodante.
- Por una combinación de ambos.

EQUIPO FLOTANTE

El transporte de grandes cantidades de material puede hacerse más económico mediante el uso de equipos flotantes. Los tipos de barcazas que generalmente se usan, difieren sólo del método de descarga, y son:

- Barcaza con compuerta total de fondo. Ver Fig nº 11.
- Barcaza con compuerta de fondo. Ver Fig nº 12.

- Barcaza basculante. Ver Fig nº 13.
- Barcaza con descarga lateral hidráulica. Ver Figura nº 14.

Los mayores problemas del equipo flotante son:

- Las malas condiciones del tiempo (olas, neblina);
- El posicionamiento;
- El calado.

En general, debido al calado, las barcazas podrán ser usadas en las partes del rompeolas que tengan más de tres metros de profundidad. La parte superior podrá ser construido con la ayuda de una barcaza con grúa. Fig nº 15.

EQUIPO RODANTE

Todo el material es transportado sobre la cresta del rompeolas mediante camiones o rieles. Obviamente la cresta tendrá que ser no sumergida.

El material es descargado directamente para el caso del núcleo y por medio de una grúa para las unidades de la coraza que yacen sobre la pendiente del rompeolas.

El método de equipo rodante a comparación con el método flñotante es más lento.

Si una grúa se coloca sobre la cresta de una rompeolas, deberá asegurarse su estabilidad, y más aún si se originan súbitas tormentas durante tiempos de calma.

A veces se construye primero el núcleo y la parte más baja de la armadura debido a que el transporte es más fácil sobre el material fino del núcleo. Finalmente, la cresta

se coloca cuando la grúa se saca al final del trabajo. Ver Fig nº 16.

COMBINACION DE EQUIPOS RODANTES Y FLOTANTES

Para el caso en que los equipos rodantes y flotantes se usen juntos, generalmente las capas de filtro y las partes más bajas del núcleo son construidos por equipo flotante.

Para la parte superior se puede combinar:
transporte flotante con grúa sobre el rompeolas,
transporte rodante con grúa flotante,
transporte rodante con grúa sobre el rompeolas.

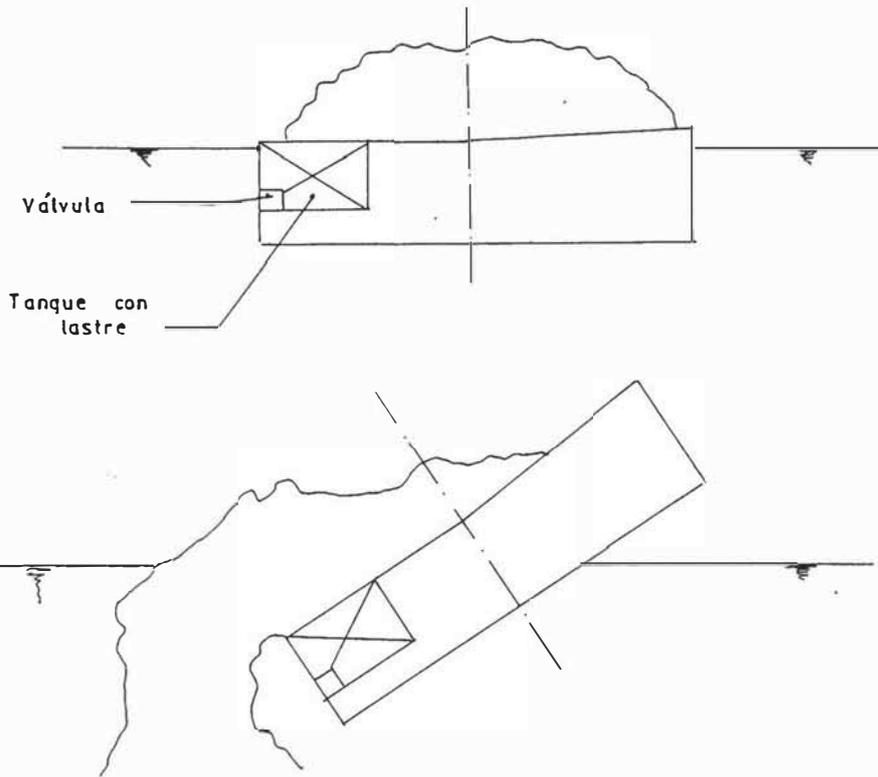


FIG 13 BARCAZA BASCULANTE

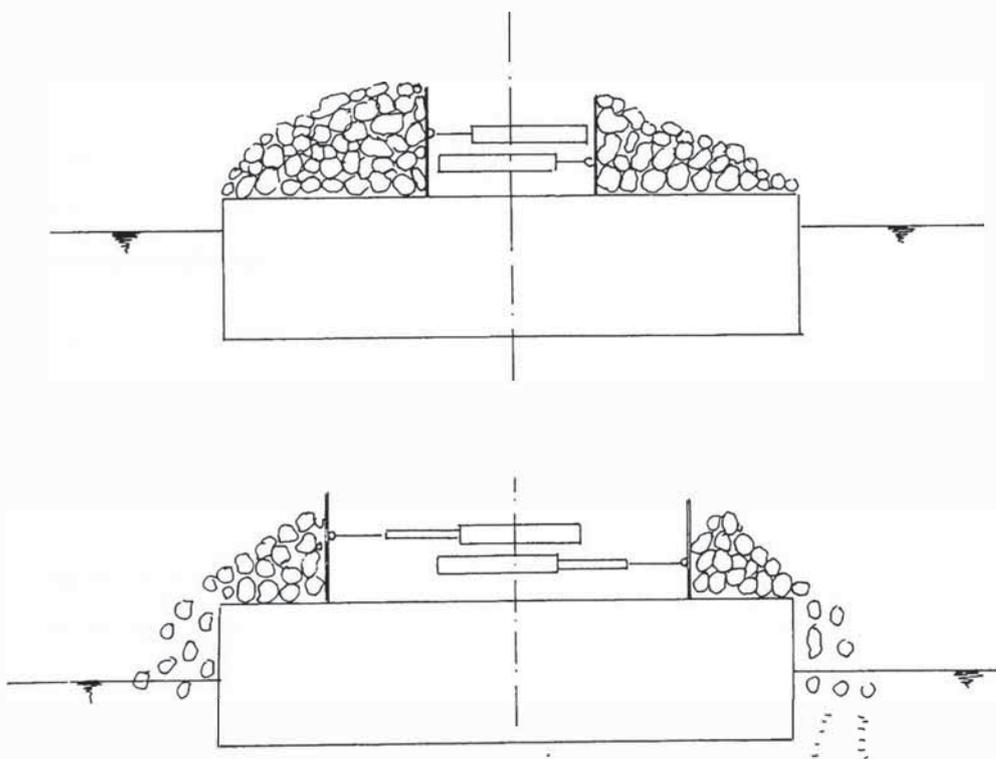


FIG 14 BARCAZA CON DESCARGA LATERAL HIDRAULICA

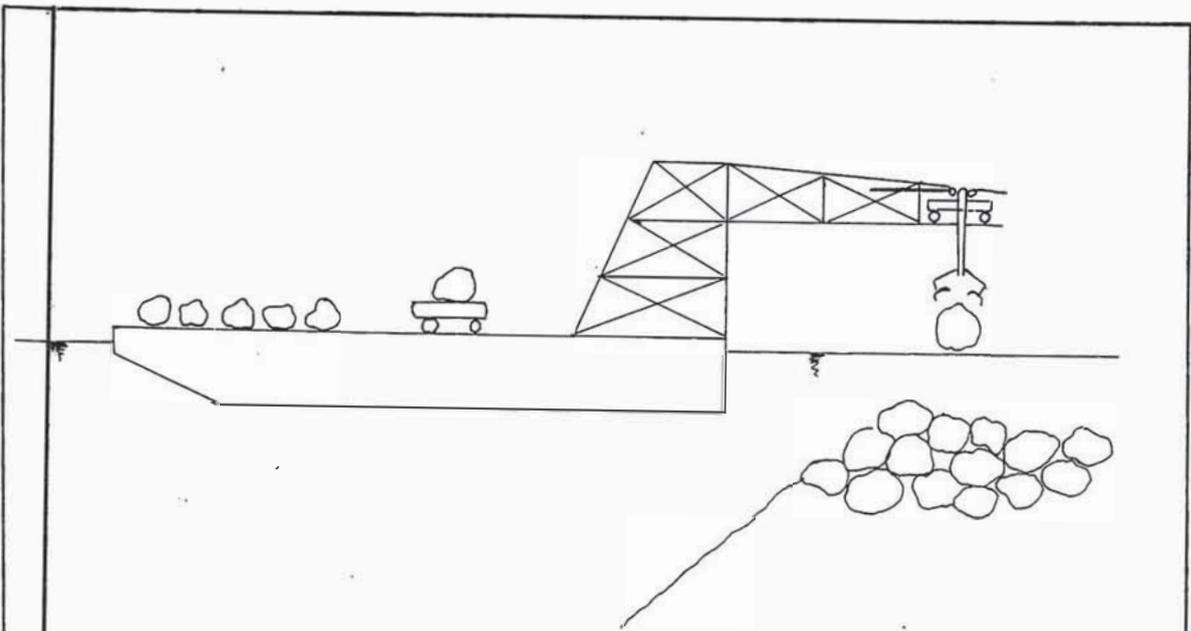
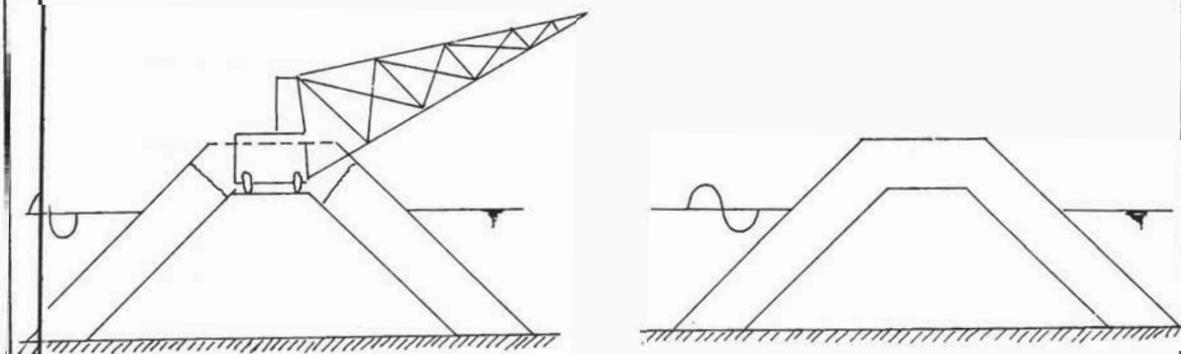


FIG 15 BARCAZA DE TRANSPORTE Y GRUA



GRUA TRABAJANDO SOBRE EL NUCLEO

SECCION TRANSVERSAL TERMINADA
DESPUES DE QUITAR LA GRUA

FIG 16 EQUIPO RODANTE

LA FORMULA DE HUDSON

Hudson (1953) desarrolló una fórmula empírica para calcular el peso de las unidad protectora, basándose en sus análisis de los datos de modelos, obtenidos en la Estación Experimental de Vias Fluviales de los Ingenieros del Cuerpo de la Armada de los Estados Unidos.

La ecuación de Hudson se puede escribir como:

$$W = \frac{\rho \cdot g \cdot H^3}{K_D \cdot \Delta^3 \cdot \cot \alpha}$$

donde:

g es la aceleración de la gravedad, 9.81 m/seg²

H es la altura de la ola,

KD es el coeficiente de daños, ver tabla....

W es el peso de la unidad protectora

es la densidad relativa de la unidad protectora

$$\Delta = \left(\frac{\rho - \rho_w}{\rho_w} \right)$$

talud del rompeolas, mínimo 1:1.5

ρ es la densidad de la unidad protectora,

(2.6 Tn/m³)

ρ_w es la densidad del agua de mar,

(1.025 , 1.030 Tn/m³)

La ecuación de Hudson ha sido verificada en modelos de escalas grandes y pequeñas y así como en prototipos desde 1953. Tiene la ventaja de evitar la separación de las ecuaciones para los flujos ascendentes del agua sobre la pendiente del rompeolas propuesta por Iribarren. Aún así, la ecuación de Hudson tiene algunas limitaciones importantes.

- a. Sólo es válido para pendientes tales que $Cot(\theta)$ no sea menor que 1.5 ($\theta < 33.7^\circ$).
- b. Se ha desarrollado la fórmula para el frontis de un rompeolas que está sujeto a olas no-rompientes. Esto implica que la profundidad al pie del rompeolas, h_s , es lo suficientemente grande para que las olas incidentes no rompan o se vuelvan inestables.

Cuando no sea éste el caso, es decir, se trate con olas rompientes, se deberá reducir el valor de KD . de los valores sugeridos por la C.E.R.C., de KD .

Los valores KD para las olas rompientes es cerca del 87% de los valores correspondientes para olas no-rompientes.

- c. Es válida sólo para la pendiente de ataque de un rompeolas. Ya que no se considera el ataque de la cresta ni de la pendiente interior por el sobre paso de las olas; entonces implícitamente se asume que la elevación

de la cresta es más grande que el run up de la ola.

d. Las condiciones de la ola son caracterizadas por un parámetro simple, H . Mientras que el efecto de la rompiente de las olas se han considerado en (b), los efectos de la duración de la tormenta no se consideran. Algunas investigaciones han encontrado que el deterioro es razonablemente independiente de la duración de la tormenta excepto cuando la altura de la ola de diseño es excedida por más del 30 %. Estas investigaciones fueron realizadas mediante ensayos de modelos usando olas regulares y unidades de rocas.

En contraste con la fórmula de Iribarren, las propiedades de la unidad de la carga se describen sólo por dos parámetros; ρ y KD .

Generalmente la altura de ola característica elegida para el diseño de un rompeolas de escolleras es la altura de ola significativa, H_s . Los ensayos para determinar la fórmula de Hudson fueron hechos con olas regulares, pero los ensayos de laboratorio realizados por Ouellet (1972) han mostrado que la acción de las olas irregulares (espectro del oleaje) sobre los rompeolas puede ser simulada si la altura de ola regular (laboratorio) corresponde a la altura de ola significativa del espectro. La validez de esta simulación dependerá de alguna manera del espectro del oleaje, dándose mayores resultados para una banda espectral

pequeña (pequeño rango de frecuencias o periodos).

Cuando las alturas de olas son distribuidas de acuerdo a la distribución de Rayleigh.

Estudios realizados por Nijboer (1972) han alertado del peligro de reemplazar una altura de ola significativa de un espectro. Se ha encontrado en modelos de armadura de roca que el deterioro causado por olas regulares del mismo tamaño, acentuándose este efecto cuando más ancho era el espectro del oleaje.

Esto lógicamente conlleva a elegir una altura de ola característica más grande para usarse en la ecuación.

SELECCION DEL COEFICIENTE DE DAÑOS

El coeficiente adimensional de daños KD a saber, está influenciado por las siguientes variables:

- (1) Forma de las unidades de coraza
- (2) Número de capas de las unidades de coraza
- (3) Forma de colocación de las unidades
- (4) Rugosidad superficial (grado de trabazón de las unidades)
- (5) Tipos de olas (rompientes y no rompientes)
- (6) Parte del rompeolas (tronco o cabezo)
- (7) Angulo de ataque de la ola incidente
- (8) Escala del modelo (número de Reynolds)

Este coeficiente determinado empíricamente y la

densidad de la unidad de armadura ρ , determinan el peso del bloque necesario para una pendiente de rompeolas y una condición de ola dadas. Ver Tabla n^o 3, de KD.

VARIABILIDAD DE LA FORMULA

No todos los parámetros en la fórmula de Hudson, pueden ser determinados exactamente para un diseño dado.

Por lo tanto es instructivo examinar la influencia de pequeños cambios de los varios parámetros, sobre el peso resultante de la unidad de armadura. En la siguiente discusión la influencia de un cambio dado en un parámetro será reflejado en una variación del peso de la unidad W , todos los parámetros se asumirán constantes.

Se repetirá por claridad la ecuación:

$$W = \frac{\rho \cdot g \cdot H^3}{K_D \cdot \Delta^3 \cdot \cot \alpha}$$

Cuando la altura de ola H , se incrementa a 10 %, el peso de la armadura requerida aumenta a 33 %. Un 10 % de disminución en H , reduce a 27 % el peso W del bloque. Esto es la fórmula magnifica los pequeños errores en la altura de ola.

Incrementando la densidad ρ a un 10 % disminuimos W , en un 30 %, para valores comunes de densidad de agua y

LA Nº 3 VALORES SUGERIDOS POR EL C.E.R.C. DE KD
PARA DETERMINAR EL PESO DE LA UNIDAD DE
CORAZA (1973)

UNIDADES DE CORAZA	n*	COLOCACION	CRITERIO DEL NO-DETERIORO Y SOBREPASO MINIMO				
			TRONCO DE ROMPEOLAS		CABEZO DE ROMPEOLAS		
			KD(*)		KD		PENDIENTE
			OLAS ROMPIENTE	OLAS NO ROMPIENTE	OLAS ROMPIENTE	OLAS NO ROMPIENTE	COT α
OCA DE CANTERA							
DONDEADA LISA	2	ALEATORIA	2.1	2.4	1.7	1.9	1.5-3.0
DONDEADA LISA	>3	ALEATORIA	2.6	3.2	2.1	2.3	1.5-3.0
LAR RUGOSA	1	ALEATORIA**	**	2.9	**	2.3	1.5-3.0
			-	-	2.9	3.2	1.5
GULAR RUGOSA	2	ALEATORIA	3.5	4.0	2.5	2.8	2.0
			-	-	2.0	2.3	3.0
AR RUGOSA	>3	ALEATORIA	3.9	4.5	3.7	4.2	3.0
NGULAR RUGOSA	2	ESPECIAL +	4.8	5.5	3.5	4.5	3.0
TRAPODO			-	-	5.9	6.6	1.5
	2	ALEATORIA	7.2	8.3	5.5	6.1	2.0
			-	-	3.7	4.1	3.0
			-	-	8.3	9.0	1.5
RRA	2	ALEATORIA	9.0	10.4	7.8	8.5	2.0
			-	-	7.0	7.7	3.0

* n es el número de unidades que componen el espesor de la capa protectora

El uso de una capa simple de unidades de roca de cantera sujeta a olas rompientes no es recomendable y sólo en condiciones especiales para olas no rompientes. Cuando esta capa simple se deja usar la colocación debe ser muy cuidadosa.

+ La colocación especial consiste en colocar el eje más largo de la roca, perpendicular al talud de la estructura.

(*) Aplicable a pendientes comprendidas de 1:1.5 a 1:5

armadura ($\rho_w = 1025 \text{ Kg/m}^3$ y, $\rho = 2600 \text{ Kg/m}^3$).

Disminuyendo la densidad a un 10 % aumentamos el peso necesario a un 55 %.

Aumentando el valor de KD en 10 % disminuimos el peso necesario de la unidad en un 9 %. El cambio del coeficiente de deterioro KD puede ser al seleccionar un tipo diferente de armadura ó posiblemente al aceptar un deterioro mayor en la estructura durante una tormenta dada.

SELECCION DE LA UNIDAD PROTECTORA DE LA CORAZA

Los valores dados en la Tabla nº 3, se indican para el criterio de no-deterioro a la coraza, pero realmente se considera un 5 % de deterioro. Si se acepta algún grado diferente para la coraza, entonces se podrá usar para el diseño valores ligeramente más grande de KD. La deliberada selección de un valor más grande de KD puede justificarse, debido al hecho que el asentamiento y reacomodo de la estructura puede dar como resultado un rompeolas más estable.

Una vez que tengamos que hacer el diseño del rompeolas y elegir la unidad de la armadura, entonces las únicas variables en la ecuación de Hudson son KD y H. La ecuación puede transformarse a:

$$K_D = \frac{\rho \cdot g}{W \cdot \Delta^3 \cdot \cot \alpha} H^3$$

$$H^* = \left[\frac{K_D^*}{K_D} H \right]^{1/3} \quad \text{y}$$

$$\frac{H^*}{H} = \left[\frac{K_D^*}{K_D} \right]^{1/3}$$

donde:

H^* es la altura de la ola desconocida que origina un determinado deterioro experimental elegido

H es la altura de la ola para no-deterioro

KD^* es el coeficiente de daños para el porcentaje de deterioro causado por H^* , y

KD es el coeficiente de no-daños

En la ecuación anterior, en ensayos de deterioros de diferentes corazas de rompeolas, la C.E.R.C. muestra en la Tabla nº 4, las variables H^*/H y KD como funciones del tipo de unidad de armadura y del porcentaje de daños, D .

Los valores de KD , junto con los datos estadísticos concernientes con la frecuencia de eventos de olas de diferentes alturas, deberán ser usados para determinar el costo anual del mantenimiento de la estructura; como una función del porcentaje de daños D permisible, de tal forma que no ponga en peligro las características de funcionabilidad del rompeolas.

ABLA Nº 4 H*/H y KD EN FUNCION DEL DAÑO DE LA CORAZA Y DEL TIPO DE UNIDAD

UNIDAD		PORCENTAJE DE DANOS D						
		0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50
ROCA DE CANTERA (LISA)	H*/H	1.00	1.08	1.14	1.20	1.29	1.41	1.54
	KD	2.40	3.00	3.60	4.10	5.10	6.70	8.70
ROCA DE CANTERA (RUGOSA)	H*/H	1.00	1.08	1.19	1.27	1.37	1.47	1.56
	KD	4.00	1.90	6.60	8.00	10.00	12.40	15.00
TETRAPODO Y CUADRIPODO	H*/H	1.00	1.09	1.17	1.24	1.32	1.41	1.50
	KD	8.30	10.80	13.40	15.90	19.20	23.40	27.80
TRIBARRA	H*/H	1.00	1.11	1.25	1.36	1.50	1.59	1.64
	KD	10.40	14.20	19.40	26.20	35.20	41.80	45.90

Condiciones

Sección Transversal del rompeolas, n = 2, Colocación aleatoria. Olas no-rompientes y sobre paso mínimo

FUENTE: Shore Protection Manual CERC 1973.

PORCENTAJE DE DAÑOS (D)

El porcentaje de daños se basa sobre el volumen desplazado de las unidades de coraza, de la zona activa, removido para una altura de ola significativa específica. Esta zona de actividad fue definido por Jackson (1968): desde la mitad de la cresta del rompeolas y siguiendo por la pendiente hasta una profundidad equivalente a la altura de ola (pasa la condición de no-deterioro) debajo del nivel de aguas tranquilas.

DISEÑO

UBICACION

El espigon que se va ha diseñar se encuentra ubicado en el Distrito de Magdalena, Provincia de Lima; a la altura de la bajada de la Avenida Brasil y el punto "F" de la poligonal abierta, a una distancia de 602.38 mts del espigon E(15).

ANGULO QUE FORMA CON EL FRENTE DE OLA

Según los planos de refracción de olas que inciden en la zona de estudio, el ángulo de incidencia varia entre 10° y 20° .

Para el espigon en estudio se tomará un ángulo de 13° como promedio.

COEFICIENTES DE REFRACCION

Los coeficientes de refracción en la zona son:

El coeficiente de refracción para una profundidad de -11.00 metros, dirección Sur Kr = 0.86

El coeficiente de refracción para una profundidad de -5.00 metros, dirección Sur Kr = 0.68

El coeficiente de refracción para una profundidad de -11.00 metros, dirección Sur Oeste Kr = 1.00

El coeficiente de refracción para una profundidad de

-5.00 metros, dirección Sur Oeste $K_r = 1.12$

Para el diseño se toma el coeficiente de refracción de mayor distribución de olas; para la zona de lima ocurre que la mayor distribución de ola provienen del Sur por tener 62.9%.

CALCULO DE LA ALTURA DE OLA DE DISEÑO

Para el cálculo de la ola de diseño en esta zona se toma en cuenta el coeficiente de refracción y el coeficiente de bajos (H/H_o) que están en función directa del periodo de olas y la batimetría del lugar.

En la zona del estudio se registraron los siguientes periodos:

Máximo 16.8 seg.

Medio 16.0 seg.

Mínimo 12.0 seg.

De la macro distribución de olas elaborados con los datos obtenidos a una profundidad de 20 mts. en Ventanilla (ver lamina) y considerando que su comportamiento es el mismo en aguas profundas y para la costa central del Perú. Se han efectuado las correcciones de refracción y shoaling para la zona de Magdalena.

El coeficiente de refracción y el coeficiente de bajos en la zona de Ventanilla, se han hallado con los

portulanos de la zona en base a la cual se han determinado la altura de ola en aguas profundas.

La altura de ola en aguas profundas esta dada por:

$$H_o = \frac{H_{20}}{K_{r20} \cdot K_{sh20}}$$

donde:

H_o = altura de ola en aguas profundas

H_{20} = altura de ola a 20 metros de profundidad (4.10 mts.) para 0.003% de porcentaje de ocurrencia.

= coeficiente de refracción en Ventanilla para $h = - 20$ mts. $K_r = 0.97$ (ver lamina).

K_{sh20} = coeficiente de bajos en Ventanilla para $h = - 20$ mts. $K_{sh} = 0.9811$.

Reemplazando valores:

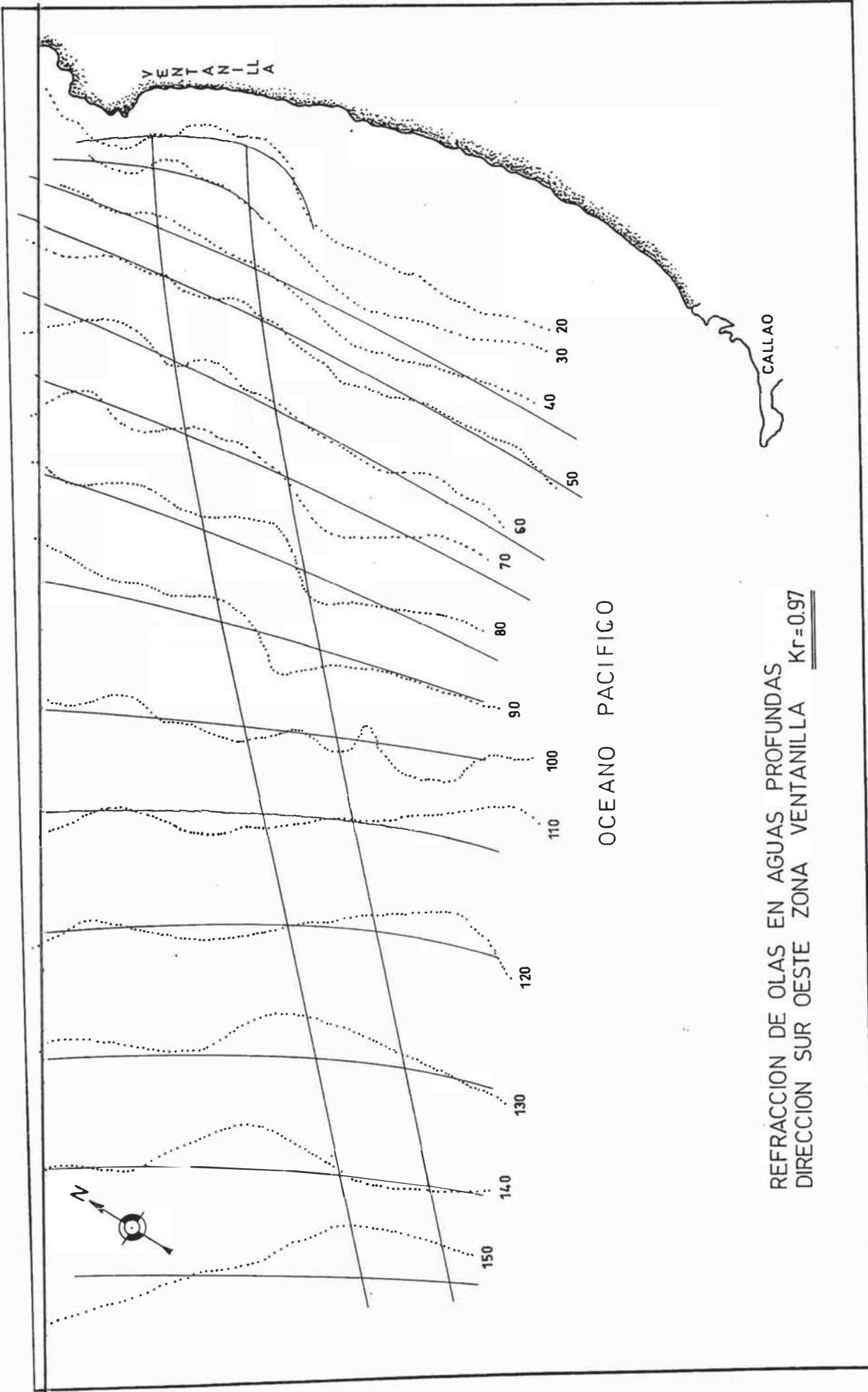
$$H_o = \frac{4.10}{(0.97 \times 0.9811)} = 4.30$$

Que es la altura de ola en aguas profundas es

$H_o = 4.30$ metros.

CALCULO DE LA ALTURA DE OLA EN EL CABEZO DEL ESPIGON

Teniendo la altura de ola en aguas profundas de $H_o = 4.30$ mts. y los coeficientes de refracción en la zona del estudio, se hallará la altura de ola de diseño.



VENTANILLA

CALLAO

20 30 40 50

60 70 80 90 100 110 120 130 140 150



Para la condición de rompiente, y 0.003 de frecuencia de ocurrencia equivalente a una braveza de 6 horas en 25 años.

$$H_{4.5} = H_o \times K_{sh} \times K_r$$

H_o = 4.30 mts. altura de ola en aguas profundas.

K_{sh} = relación de H/H_o de la tabla nº 1 del capítulo 2 ítem 2.07, a una profundidad de 4.5 mts.

K_r = coeficiente de refracción en la zona de Magdalena a una profundidad de $d = -4.50$ mts ; $K_r = 0.678$.

Entonces:

$$d/L_o = 4.5/400 = 0.01125$$

Con este valor se ingresa a la tabla nº 1 del Capítulo nº 2. y se obtiene la relación $H/H_o = 1.1775$

La altura de ola en el cabezo del espigon es:

$$H_{4.5} = 4.30 \times 0.678 \times 1.1775 = 3.43 \text{ mts}$$

CALCULO DE LA LONGITUD DEL ESPIGON

Calculamos la zona de rompiente, para esto se asume que la altura de ola en la zona rompiente tiene una relación $H_b/d_b = 0.80$.

sí: $d = 3$ mts., entonces $H_b = 2.4$ mts.

La altura de ola a 20 metros de profundidad en la zona de Ventanilla para 1% de incidencia (criterio para transporte de sedimentos) es 2.40 metros.

En aguas profundas la altura de ola es

$$H_o = 2.40 / (0.97 \times 0.9811) = 2.52 \text{ metros.}$$

La altura de ola en la zona de estudio es

$$H_j = 2.52 \times 0.667 \times 1.44 = 2.42 \text{ mts.}$$

Esto nos indica que la ola rompiente ocurre a una profundidad de 3 metros.

Con la pendiente de la playa (1:54) se halla la distancia desde la cota 0.00 hasta la profundidad de 3 metros, que es igual a:

$$L_1 = 54 \times 3 = 162 \text{ metros.}$$

La longitud de ola a 3 metros es:

$$d/L = 0.0403 \quad L_2 = 3 / 0.0403 = 74.4 \text{ metros.}$$

Para hallar la longitud del espigón desde la cota cero hasta el cabezo, se tiene:

$$L_T = L_1 + L_2$$

$$L_T = 236.5 \text{ metros.}$$

Longitud recomendada para captar la mayor cantidad del transporte de sedimentos.

CALCULO DEL RUN UP

Mediante la grafica n° 3, se ingresa en las abscisas con el valor de la cotangente de ϕ (2) y en las ordenadas con el valor de $H_{4.5} / gT^2 = 3.43 / 400 = 0.008575$

Con los valores mencionados se halla $Ru/H_{4.5} = 1.9$, despejando el valor de Ru se tiene

$$Ru = 1.9 \times 3.43 \times 0.80 = 5.21 \text{ mts.}$$

CALCULO DE LA ELEVACION DE LA CRESTA DEL ESPIGON

CRITERIO DE NO SOBREPASO.

La elevación de la cresta del espigon sobre el nivel de referencia es la suma de MHW + Ru + S, donde:

MHW Es el nivel de marea alta (3.90' ó 1.18 mts.)

Ru Es la elevación vertical de la ola con respecto al nivel de aguas tranquilas (5.21 mts)

S Bordo libre de seguridad.

El bordo de seguridad se toma de 0.50 mt aproximadamente. Por lo tanto la elevación de la cresta del espigon es:

$$1.18 + 5.21 + 0.50 = 6.89 \text{ mts.}$$

CALCULO DEL PESO DE LA UNIDAD DE ROCA EN EL CABEZO.

Se calcula el peso de la unidad de coraza, mediante la formula de Hudson :

$$W = \frac{\rho \cdot g \cdot H^3}{K_D \cdot \Delta^3 \cdot \cot \alpha}$$

donde:

g Es la aceleración de la gravedad (9.81 mts/sg²)

H La altura de la ola (3.43 mts.)

Coficiente de daños. ver Tabla nº 3.

Es la densidad relativa de la unidad protectora.

$$\Delta = \left(\frac{\rho - \rho_w}{\rho_w} \right)$$

Es el talud del rompeolas, mínimo 1:1.5 tomamos un talud 1:2 para el cabezo y de 1:1.5 para el tronco.

ρ Es la densidad de la unidad protectora (2.60 Ton/m³)

ρ_w Es la densidad del agua del mar (1.025 Ton/m³)

Se debe tener en cuenta que la propiedad más importante de las unidades de protección es la densidad, teniendo los siguientes valores:

granito 2,400 - 2,600 Kg/m³.

basalto 2,600 - 2,900 Kg/m³

concreto 2,300 - 2,400 Kg/m³

Reemplazamos valores:

Asumiendo un espigón de escollera se tiene:

$$\frac{(2600 \text{Kg/m}^3) (9.81 \text{mts/sg}^2) (3.43 \text{mts})^3}{(2.8) (1.54)^3 (2)}$$

$$W = 50323.93 \text{ Nw.}$$

$$W = 5.13 \text{ Tn.}$$

CALCULO DEL PESO DE LA UNIDAD PROTECTORA EN LA ZONA DE ROMPIENTE

Utilizando la formula de HUDSON para la zona de rompiente se obtiene:

Cambiando el talud del espigon a 1:1.5 por economía y la altura de ola rompiente se tiene:

$$W_r = \frac{2600 \times 9.81 \times (4.13)^3}{3.2 \times (1.54)^3 \times 1.5}$$

$$W_r = 102491 \text{ Nw.}$$

$$W_r = 10.45 \text{ Tn.}$$

CALCULO DEL PESO DE LA UNIDAD PROTECTORA EN EL TRAMO DEL TRONCO (ZONA NO ROMPIENTE) CABEZO.

Mediante HUDSON, con la altura de ola a 4 metros de profundidad (4.15 mts).

reemplazando datos:

$$W_{nr} = \frac{2600 \times 9.81 \times (4.15)^3}{3.2 \times (1.54)^3 \times 1.5}$$

$$W_{nr} = 103988 \text{ Nw.}$$

$$W_{nr} = 10.60 \text{ Tn.}$$

CALCULO DEL ANCHO EL LA CRESTA

Se calcula mediante la siguiente formula:

$$B' = m' \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\rho \cdot g} \right)^{1/3}$$

Donde:

m' Número de rocas (mínimo 3).

K_{Δ} coeficiente de capa. Ver Tabla nº 2.

W Peso de la unidad de la coraza, para un peso de 10 Tn = 98,100 Newtons.

ρ Densidad de la unidad, 2,600 Kg/m³

g Aceleración de la gravedad, 9.81 m/sg²

Reemplazando valores tenemos:

$$B' = (3) (1.10) \left(\frac{98100}{(2600) (9.81)} \right)^{(1/3)}$$

$$B' = 5.17 \text{ mts.}$$

ESPESOR DE LA CORAZA, DE LAS SUPCAPAS Y EL NUCLEO DE LAS UNIDADES DE PROTECCION EN LA CORAZA.

El espesor de la coraza y de las subcapas así como el número de unidades en la coraza, se puede determinar por la siguiente formula:

$$t = m' \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\rho \cdot g} \right)^{1/3}$$

donde:

m' = es el número de capas de unidades. Usualmente 2, y a veces 1 ó 3.

K_{Δ} = coeficiente de capa, para cada tipo de unidades. Ver tabla nº 2.

t = es el espesor de la coraza, en metros.

reemplazando valores tenemos:

$$t = 2 \times 1.15 \times \left(\frac{98100}{2600 \times 9.81} \right)^{1/3}$$

$$t = 3.60 \text{ mts.}$$

El número de unidades en la coraza necesario por unidad superficial de área, puede determinarse por:

$$C = m' \cdot K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \cdot \left(\frac{\rho g}{W} \right)^{2/3}$$

donde

C = es el número de unidades por unidad de área en la coraza

P = es la porosidad de capa expresada como porcentaje para tipo de unidad. Ver tabla nº 2.

reemplazando valores

$$C=2 \times 1.15 \times (1-0.37) \cdot \left(\frac{2600 \times 9.81}{98100} \right)^{2/3}$$

$$C = 0.59 \text{ unidades/mt}^2.$$

ESPESOR DE LA SUBCAPA DEL ESPIGON

Para un peso de 1 tonelada de unidad de protección se tiene un espesor de

$$t' = 2 \times 1.15 \times \left(\frac{9810}{2600 \times 9.81} \right)^{1/3}$$

$$t' = 1.67 \text{ mts.}$$

CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE ARENA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Utilizaremos la fórmula de CERC para analizar la capacidad de transporte en la zona de estudio.

$$S=0.014(Ho)^2.Co.(Kr)^2.cos\phi_b.sin\phi_b$$

donde:

$$H_{50} = 1.10 \text{ mts. (Promedio de altura de olas 50\%)}$$

$$Co = 24.96 \quad \text{Celeridad de las olas)}$$

$$Kr = 0.667 \quad \text{Coeficiente de refracción}$$

$$P = 12^\circ \quad \text{(Angulo de la ortogonal con el frente de playa)}$$

reemplazando valores:

$$S = 0.038 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

En un año teniendo en cuenta el porcentaje de ocurrencia, dirección Sur (62.9 %) tenemos; el volumen de arena que puede transportar es:

$$0.038 \times 365 \times 24 \times 3,600 \times 0.629 = 753,773.47 \text{ m}^3/\text{y}$$

La capacidad de transporte ocasionado por las olas que provienen del Sur-Oeste, con un porcentaje de ocurrencia (17 %) tenemos:

$$H_{50} = 1.10 \text{ mts.}$$

$$Co = 24.96$$

$$Kr = 1.10$$

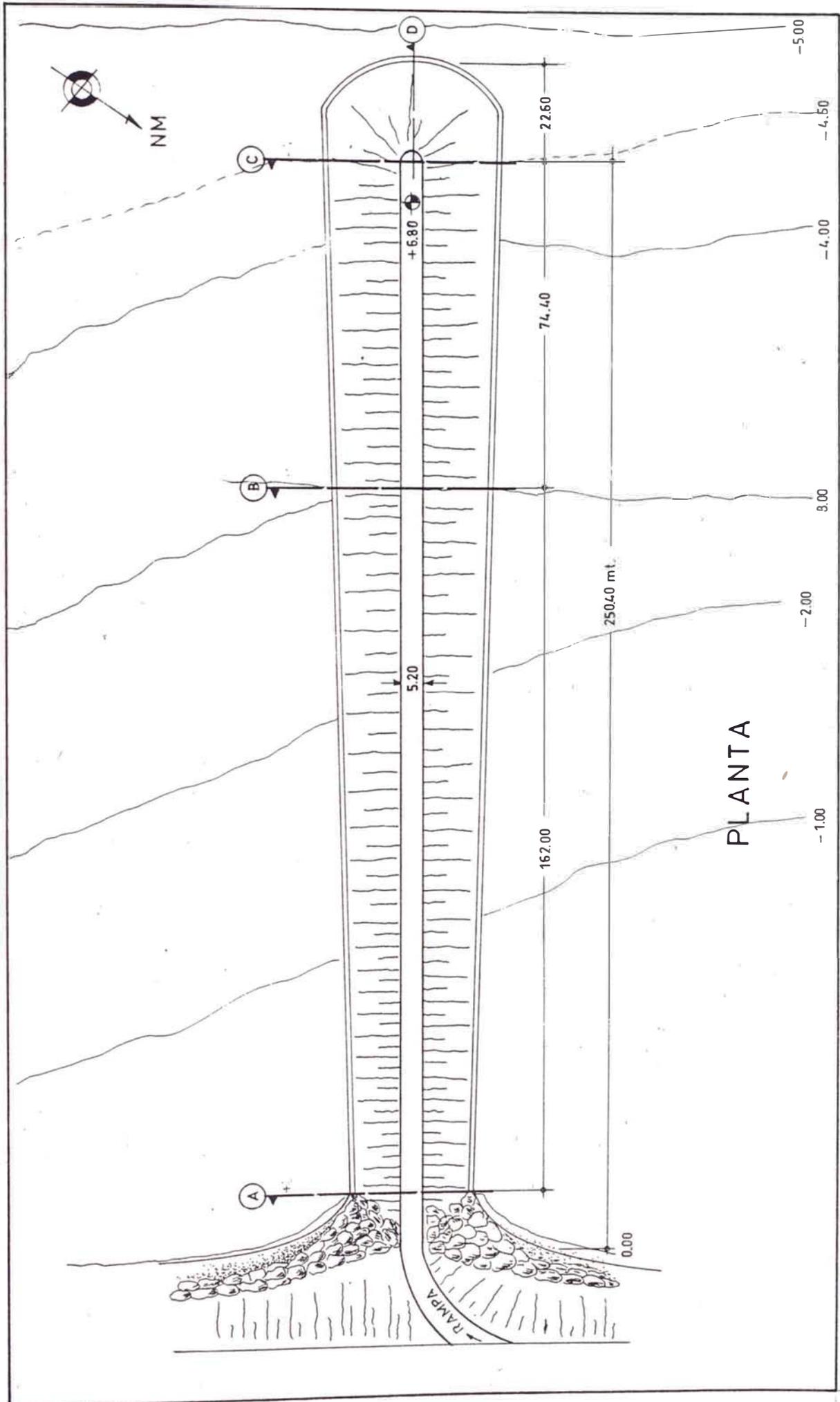
$$P = 10^\circ$$

reemplazando valores:

$$S = 0.087 \text{ m}^3/\text{seg} \text{ (Transporte promedio)}$$

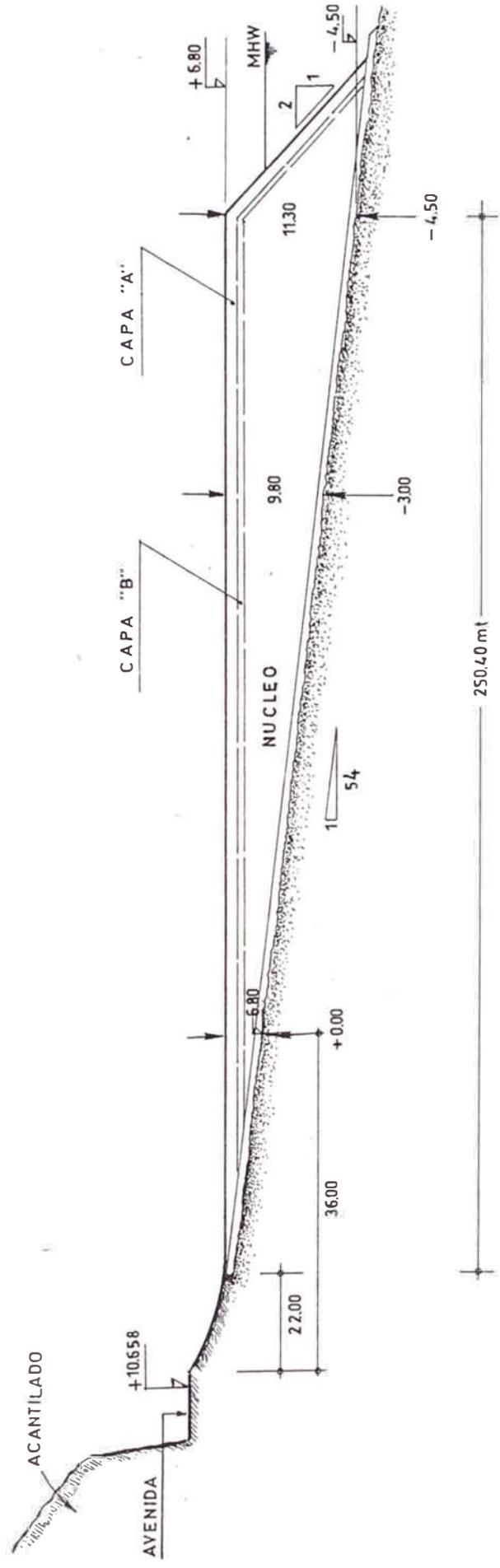
$$0.087 \times 365 \times 24 \times 3,600 \times 0.17 = 466,417.44 \text{ m}^3$$

Teniendo un total de : 1'220,191.00 m³/año.

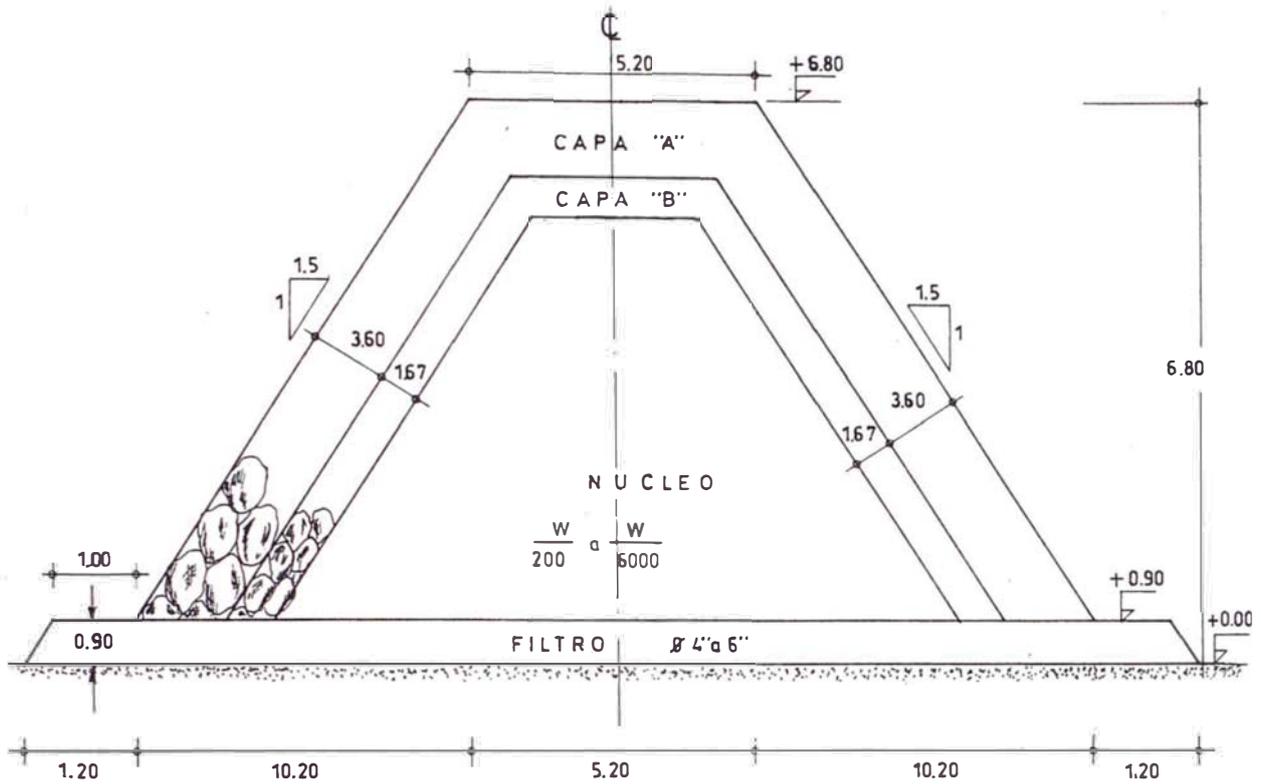


PLANTA

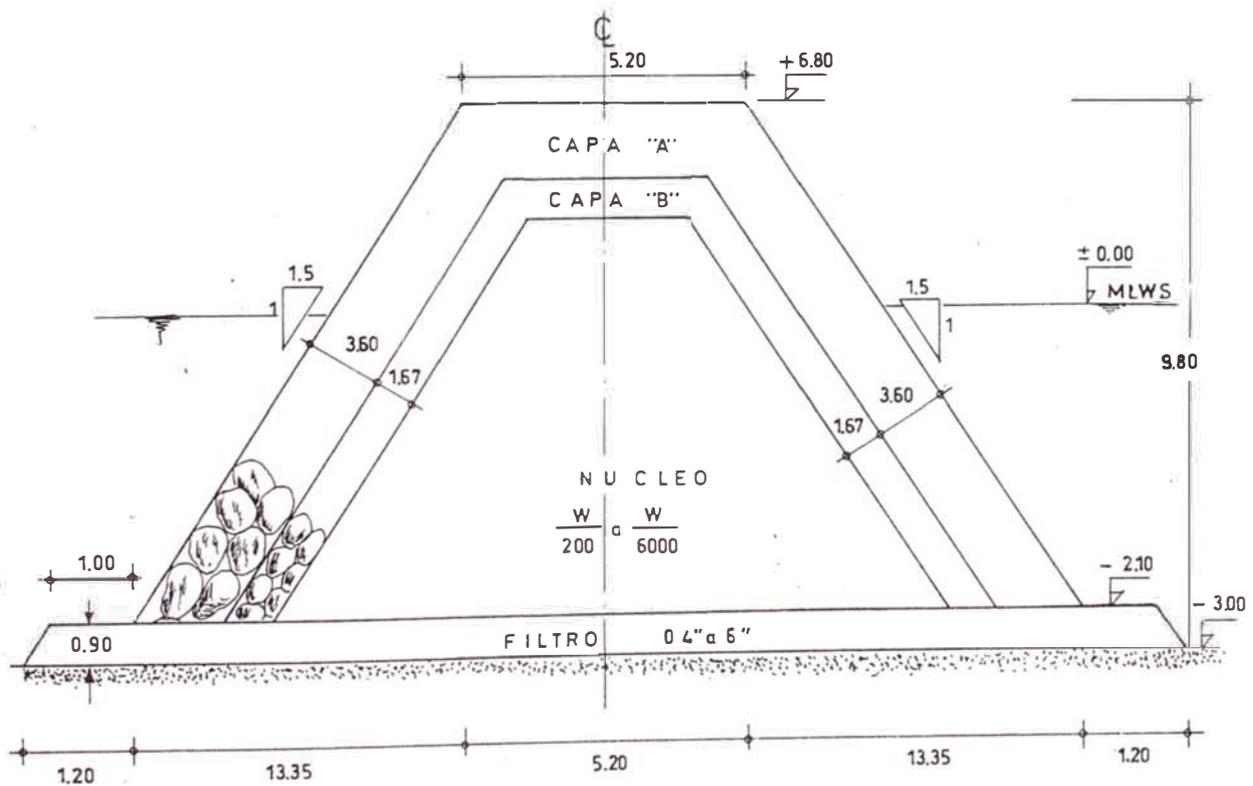
1:12.50



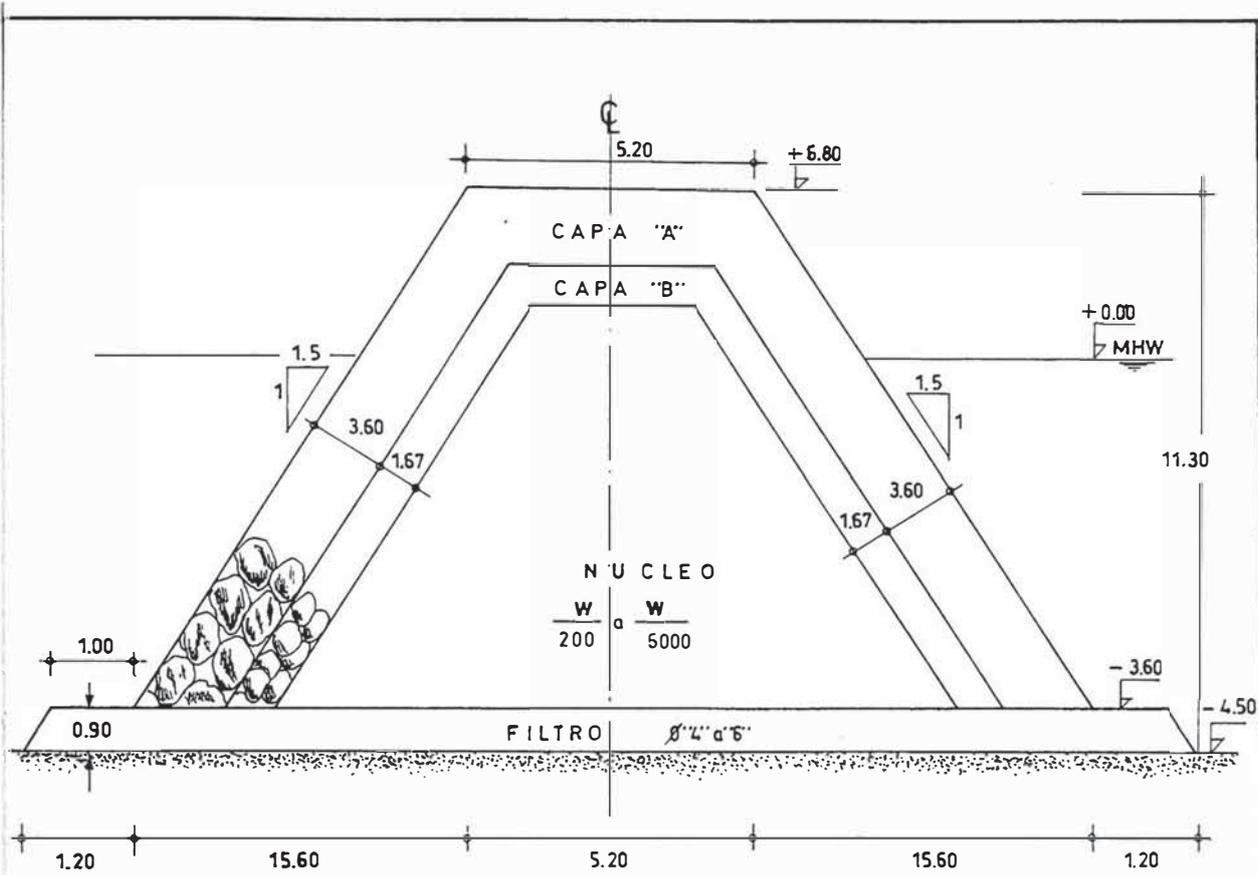
CORTE LONGITUDINAL (D-D)



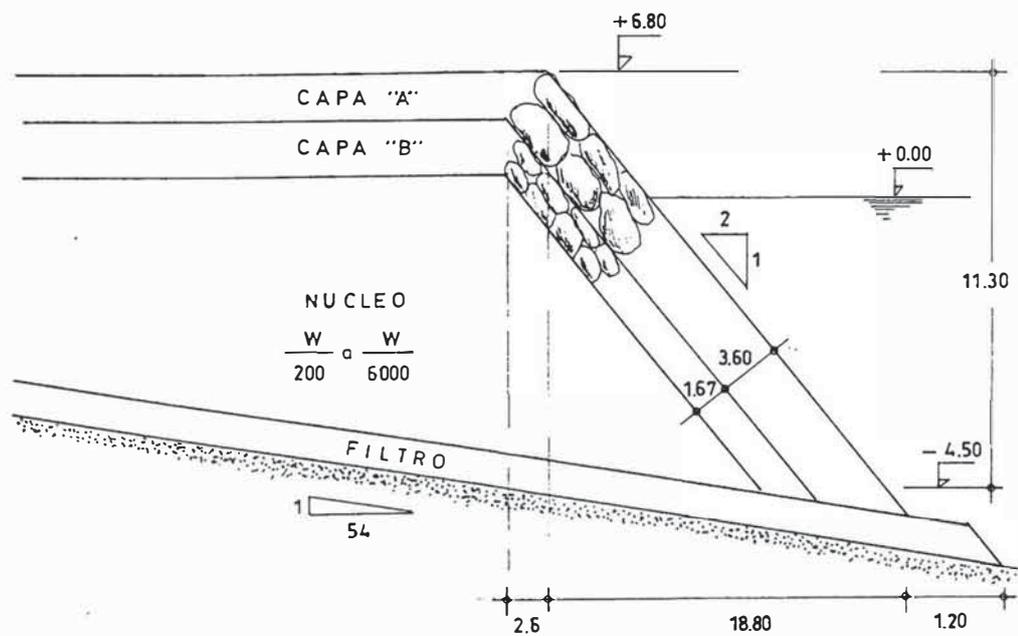
CORTE TRANSVERSAL (A-A)



CORTE TRANSVERSAL (B-B)



CORTE TRANSVERSAL (C-C)



DETALLE DEL CABEZO

CAPITULO 6

DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA

DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA

Para el diseño de la defensa ribereña al inicio y lado derecho del espigón proyectado, se debe tener en cuenta; el espacio de la zona de erosión que se presentará al lado Norte de la defensa, será similar al del espigón en proyecto, el peso de la unidad protectora de 5.00 ton en la corasa por razones constructivas.

Se debe tener en cuenta las longitudes de la zona de protección; pudiendose tomar la longitud igual a la longitud del espigón y otra alternativa será la longitud que abarca la sombra de la ortogonal ingresante.

El espesor de la corasa con 5.00 Tn de peso de unidad protectora es:

$$t=2 \times 1.15 \times \left(\frac{49050}{2600 \times 9.81} \right)^{1/3}$$

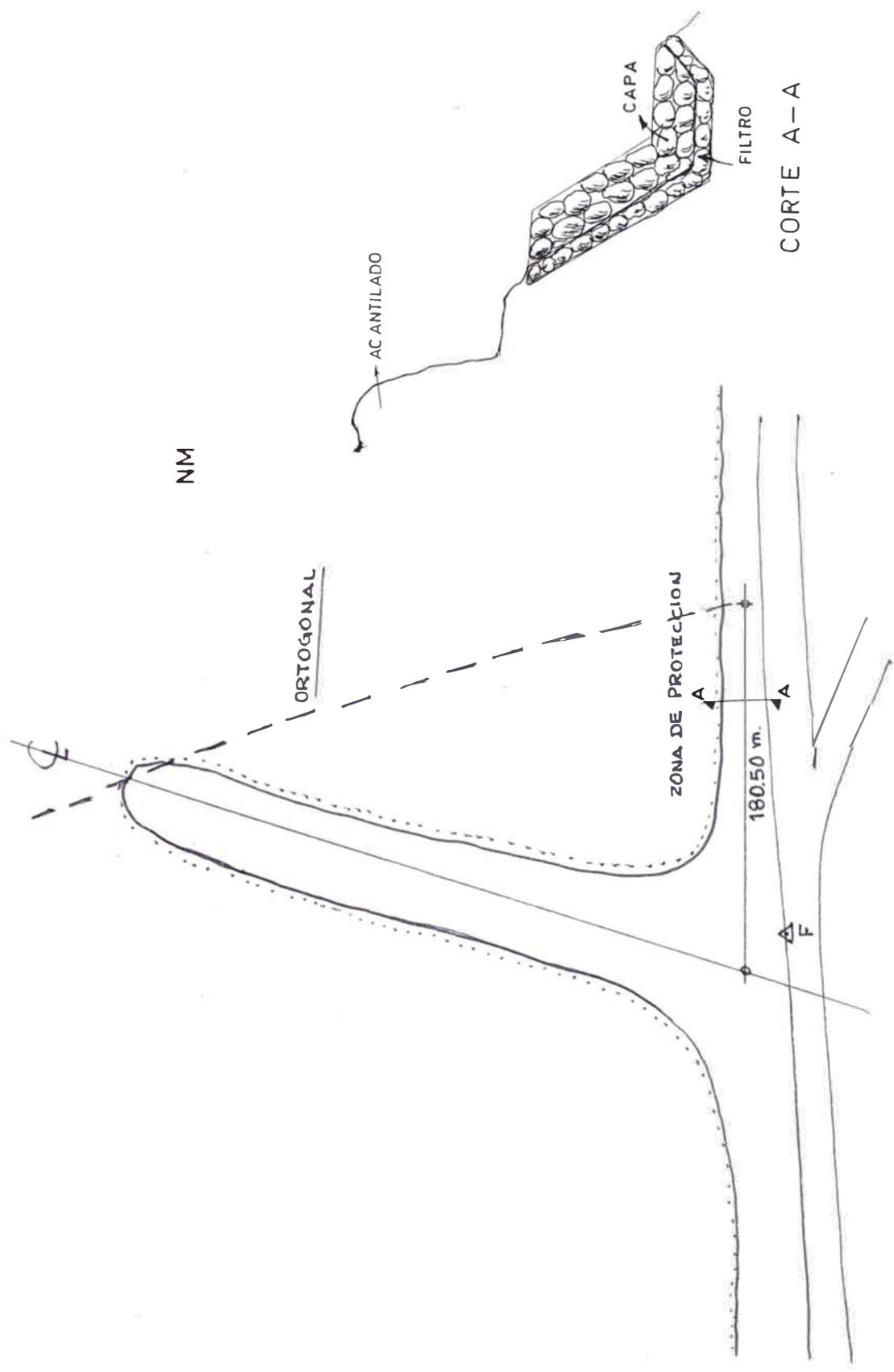
$$t = 2.86 \text{ mts.}$$

y el espesor de la sub capa para un peso de 0.50 Tn de unidad protectora es:

$$t=2 \times 1.15 \times \left(\frac{4905}{2600 \times 9.81} \right)^{1/3}$$

$$t = 1.32 \text{ mts.}$$

En el siguiente gráfico se muestra la longitud de la zona de protección.



NM

CORTE A-A

CAPITULO 7

COSTOS Y PRESUPUESTOS

TESIS : DISEÑO DE ESPIGON
 LUGAR : LIMA - MAGDALENA
 ESPIGON RETENEDOR

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida : 1.00 TRABAJOS PRELIMINARES	UNID	MANO DE OBRA				EQUIPO Y HERRAMIENTAS				SUB		TOTAL GENERAL	
		CAPATAZ		OPERARIO		OFICIAL		PEON		TOTAL I			Cargador H/M
		H/H	H/H	H/H	H/H	H/H	H/H	H/H	H/H	MANO DE OBRA	TOTAL II EQUIPO Y HERRAM		
		4.49	3.83	3.47	3.10								
1.01	Acarreo de Equipo y Materiales	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4950.00
1.02	Habitación de Campamento	2.400	24.000	24.000	24.000	260.38	260.38	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	393.49
1.03	Habitación de Oficinas	0.800	8.000	8.000	8.000	59.03	59.03	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	60.80
1.04	Depositos Explosivos	0.800	8.000	8.000	16.000	111.59	111.59	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	114.94
1.05	Limpieza	9.600	0.000	0.000	96.000	340.70	340.70	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	1188.81
1.06	Trazo, Estacado y Topografía	40.000	1600.000	0.000	1600.000	11267.60	11267.60	0.00	0.00	250.000	0.000	0.000	22592.60
1.07	Conexiones y Servicios	0.000	0.000	0.000	0.000	87.84	87.84	0.00	0.00	2.635	0.000	0.000	90.48
1.08	Guardiania	0.000	0.000	5952.000	0.000	20653.44	20653.44	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	20653.44

TESIS : DISEÑO DE ESPIGON
 LUGAR : LIMA - MAGDALENA
 ESPIGON RETENEDOR

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida : 2.00 ACCESO A LA CANTERA		MANO DE OBRA			EQUIPO Y HERRAMIENTAS			SUB			
ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	CAPATAZ H/H	OPERARIO H/H	OFICIAL H/H	PEON H/H	Trac.D-6 H/M	Cargador H/M	Volquete H/M	Mat. Nivl. H/M	TOTAL II EQUIPO Y HERRAM	TOTAL GENERAL
		4.49	3.83	3.47	3.10	125.30	118.91	95.04	100.50		
2.01	Corte de Material Base	0.005	0.000	0.053	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.63	0.63
2.02	Eliminación de Mat. de Corte	0.060	0.000	0.000	0.600	0.000	0.034	0.060	0.000	9.75	11.87
2.03	Trans. Coloc. de Mat. de Relleno	0.080	0.000	0.000	1.700	0.000	0.000	0.060	0.023	8.01	13.64
2.04	Compc. de Mat. de Relleno	0.001	0.012	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.09

TESIS : DISEÑO DE ESPIGON
 LUGAR : LIMA - MAGDALENA
 ESPIGON RETENEDOR

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID	MANO DE OBRA			SUB			EQUIPO Y HERRAMIENTAS						SUB	
			CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	TOTAL I	Trac.D8-H	Compresor	Equi/Perf	Trac.D-6	Cargador	Vol. 10m	Grua 30	TOTAL II	TOTAL GENERAL
			H/H	H/H	H/H	H/H	MANO DE OBRA	H/M	H/M	H/m	H/M	H/M	H/M	H/M	H/M	EQUIPO Y HERRAM
3.01	Rocas de 0 4" a 6"	m3	4.49	3.83	3.47	3.10	1.42	125.30	50.25	10.50	125.30	118.91	95.04	142.38	0.45	1.87
3.02	Extracción en Canteras	m3	0.009	0.066	0.066	0.290	0.00	0.0020	0.0020	0.0095	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.45	1.87
3.03	Carg. Mat. de 0 4" a 6"	m3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0340	0.0000	0.0000	4.04	4.04
3.04	Transporte	m3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0680	0.0000	6.46	6.46
	Conformación del Filtro y Nucleo	m3	0.030	0.066	0.066	0.145	1.07	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0008	0.31	1.38

TESIS : DISEÑO DE ESPIGON
LUGAR : LIMA - MAGDALENA
ESPIGON RETENEDOR

MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANTIDA	P.UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
28	GELATINA 80%	Kg	7794.33	13.66	106470.55	
28	FULMINANTE	Uni	26877.00	0.20	5375.40	
28	MECHA	Pies	32252.40	0.35	11288.34	123134.29
53	PETROLEO	Gl	8237.79	2.94	24219.10	24219.10
5	OFICINA	M2	25.00	90.00	2250.00	
6	CAMPAMENTO	M2	150.00	50.00	7500.00	
7	ALMACENES	M2	60.00	78.00	4680.00	
8	DORMITORIOS	M2	80.00	89.00	7120.00	
9	SERV. AG. DES.	Est	1.00	1470.00	1470.00	23020.00
				TOTAL	S/.	<u>170373.39</u>

TESIS : DISEÑO DE ESPIGON
 LUGAR : LIMA – MAGDALENA
 ESPIGON RETENEDOR

DESCRIPCION	CAPATAZ GENERAL #1	CAPATAZ GENERAL #2	OPERARIO CALIFICADO	OPERARIO	OFICIAL	PEON
A) REMUNERACION BASICA	13.57	13.01	12.44	11.31	10.21	8.91
B) TOT. LEYES SOCIALES						
OPERARIO	14.92	14.29	13.67	12.43		
OFICIAL					11.19	
PEON						9.78
C) BONIFICACION UNICA BUC	3.40	3.25	3.11	2.83	2.35	2.05
D) BONIFICACION MOVILIDAD	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
E) OVEROL	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
S/.DIA	34.47	33.13	31.80	29.15	26.33	23.32

CALCULO DE TARIFAS DE PERSONAL OBRERO

DESCRIPCION	CAPATAZ GENERAL #1	CAPATAZ GENERAL #2	OPERARIO CALIFICADO	OPERARIO	OFICIAL	PEON
JORNALES	34.47	33.13	31.80	29.15	26.33	23.32
ROPA DE TRABAJO						
A) Mameluco	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
EQUIPO DE SEGURIDAD						
A) Guantes de Seguridad	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
B) Lentes de Seguridad	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
C) Zapatos de Seguridad	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
D) Mascara antigases	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
TOTAL DIARIO	35.92	34.58	33.25	30.60	27.78	24.77
TOTAL S/. POR HORA	4.49	4.32	4.16	3.83	3.47	3.10

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- En el tramo de estudio, sólo se reconocen trazas de arena gruesas y el origen de la gravilla y cantos sería el propio acantilado, que al ser separado del mar por la vía costa verde, desplaza a esa vía el efecto de erosión del mar.
- 2.- Los espigones se usan para limitar el movimiento de material transportado a lo largo del litoral y para estabilizar la línea de playa, defendiéndola de la erosión y favoreciendo el entrampamiento de la carga de litoral.
- 3.- El ángulo y espaciamiento de los espigones resultan de la propia experiencia en un período relativamente largo.
- 4.- En playas o líneas costeras donde no hay experiencia previa o ésta es relativamente corta sobre el trabajo de espigones, como regla general, se comienza con espigones espaciados a más de dos veces la longitud libre de estos espigones para más tarde aumentar su número de resultar necesario o de realizar trabajos de protección de otro tipo como el revestimiento de los taludes intermedios con enrocados.

- 5.- Es generalmente impracticable construir espigones que detengan todo el transporte de litoral y desde que en consecuencia, espigones normales a la línea de playa o costera, no pueden prevenir toda la pérdida de materiales, en el largo plazo son inútiles a menos que se alimente artificialmente para remplazar las pérdidas.
- 6.- Con una alimentación de materiales limitada, puesto que el material fino en un plazo relativamente mediano no llegaría al tramo, los espigones altos que no pueden ser sobrepasados por las olas usualmente tienen el efecto de formar bancos muy irregulares de cantos y desde el punto de vista de recreación desventajosas.
- 7.- Los espigones deberían tener mantenimiento en las zonas donde ocurren daños por el rompimiento del oleaje, cambiando las unidades de protección.
- 8.- La terminación de la extensión de la vía costa verde obliga a una rápida protección, que tendría que hacerse en forma expeditiva y en tanto pudieran confirmarse los valores hidrodinámicos o de hidráulica costera que permita el diseño más apropiado de espigones u en tanto se pudiera definir la zonificación de los otros usos que esta vía y las playas ofrecen a la población.

CAPITULO 9

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFIA

- SHORE PROTECTION MANUAL - U.S. ARMY, COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER CERC - 1973 (3 VOLUMENES).
- COASTAL ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. DELFT, THE NETHERLANDS. EDICION 1982.
- DISEÑO DE ROMPEOLAS - R. MAATEN - SEMINARIO DE INGENIERIA DE COSTAS Y PUERTOS. LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA, LIMA - PERU 1977.
- STABILITY OF RUBBLE MOUND BREAKWATERS - JOSE J. CARVACHO Y DANIEL VERA - CRUZ - PROCEDIMIENTOS DE LA SEPTIMA CONFERENCIA SOBRE INGENIERIA DE COSTOS - ICCE, CAP. 34. PP. 663 - 658. 1960.
- OBRAS MARITIMAS - R. IRIBARREN CAVANILLAS - 1954.
- NEW DESIGN PRINCIPLES FOR RUBBLE MOUND STRUCTURES - PER BRUUN, A.R. GÜNBAK - 15 CONFERENCIA SOBRE INGENIERIA DE COSTOS. ICCE; PP.2429 - 2473. 1976.
- SEAWALLS AND BREAKWATER - JAMES R., AYERS - CONFERENCIA SOBRE INGENIERIA DE COSTOS ICCE., CAP.22 PP.192 - 204. 1950.
- DESIGN OF BREAKWATERS - KENNETH KAPLAN - CONFERENCIA SOBRE INGENIERIA DE COSTOS ICCE CAP.24, PP. 213 - 222. 1950.