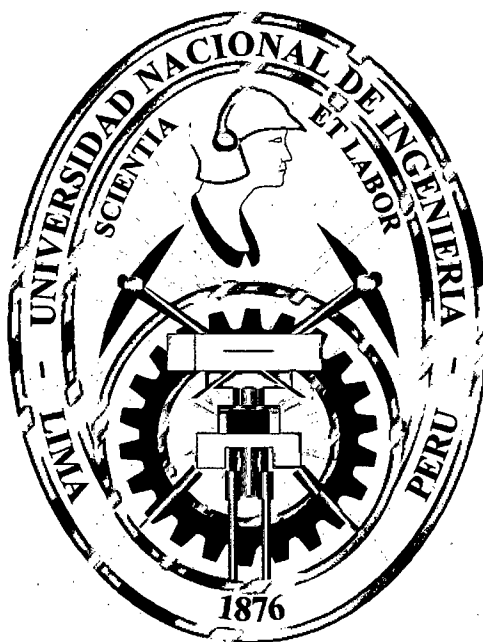


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



***ESPIGONES DE PROTECCIÓN DE LA PLAYA
PORTOBELLO***

Tesis

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

CHRISTIAN ROBERT PALOMINO SIERRA

LIMA - PERÚ

Digitalizado por:

2,004

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

A mí adorada madre Martha Sierra Olarte por su perseverancia, sacrificio, inacabable e incondicional apoyo, para que me forje como un profesional; a mi padre y hermanos por su especial apoyo.

*A mi verdadero amor María del
Rosario Ambrosio Tello por su
desprendido y perseverante apoyo en el
logro de mis metas y porque nuestras
aspiraciones se realicen.....*

*....Este es mi primer gran paso
en mi vida profesional.*

Agradezco al Ingeniero César Fuentes Ortiz y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron desinteresadamente en la elaboración de la presente Tesis.

*Reconocimiento al Ingeniero
Luis Domínguez Dávila por
proporcionarme sus conocimientos
inherentes a la elaboración de esta Tesis
generosamente y, por despertar en mí, el
interés en profundizar la investigación.*

*Agradecimiento especial al
Ingeniero Emilio Peña por su asistencia.*

INDICE

CAPITULO I	INTRODUCCION	1
CAPITULO II	UNIDAD PROTECTORA	4
2.1	ROCAS	4
2.1.1	GENERALIDADES.....	4
2.1.2	ROCAS Y SUELOS.....	5
2.1.3	ESTRUCTURA DE LAS ROCAS.....	5
2.1.4	CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS POR SU ORIGEN.....	6
2.1.5	PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ROCAS.....	7
2.1.6	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS.....	13
2.2	GEOLOGIA Y SUS EFECTOS EN VOLADURA	17
2.2.1	ESTRUCTURA DE LAS ROCAS.....	17
2.2.2	INFLUENCIA DE ESTAS ESTRUCTURAS.....	18
2.3	PERFORACIÓN	23
2.3.1	MEDIOS DE PERFORACIÓN.....	24
2.3.2	TIPOS DE PERFORACIÓN.....	24
2.3.3	PROCEDIMIENTOS Y EQUIPOS DE PERFORACIÓN.....	24
2.3.4	COMPONENTES OPERACIONALES.....	25
2.3.5	CONDICIONES DE PERFORACIÓN.....	26
CAPITULO III	ESTUDIOS PRELIMINARES	27
3.1	BATIMETRÍA	27
3.1.1	MEDICION DE PROFUNDIDADES.....	27
3.1.2	POSICIONAMIENTO DE SONDAJES.....	28
3.1.3	NIVEL DE REDUCCIÓN DE SONDAJES.....	29
3.2	CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS	30
3.2.1	VIENTOS.....	30
3.2.2	MAREAS.....	33
3.2.3	CORRIENTES.....	36
3.2.4	OLAS.....	38
3.3	BRAVEZAS	39
3.4	FENOMENO DEL NIÑO	40
3.5	GEODESIA Y TOPOGRAFIA	42
3.5.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	42
3.5.2	LEVANTAMIENTO GEODÉSICO.....	43

CAPITULO I

INTRODUCCION

El Balneario de Naplo ubicado 57km al sur de la ciudad de Lima y a 3km del Balneario de Pucusana, es una playa de arena en zona costera abrigada con una extensión suficiente para esparcimientos y veraneo, la cual mantiene una línea ribereña estable, desde el Balneario de Pucusana hasta una zona próxima a los acantilados en el Balneario de Naplo. En esta zona de afloramiento rocoso, han proliferado muchos embarcaderos hincados sobre pilotes, los cuales como sabemos no altera ni distorsiona ningún proceso costero. Al final de la zona habitada existe un conjunto de islotes que por su cercanía entre sí da lugar a la proyección de un diseño apoyado en estos islotes, dando vida a una marina para botes deportivos menores y a una playa; ambos proyectos requieren de estructuras marinas de protección tales como rompeolas y espigones de escolleras, los que por sus pequeñas dimensiones no constituyen una obstrucción que rompa el equilibrio dinámico del área costera.

El presente estudio contempla el análisis y diseño de una estructura marítima que sigue esencialmente los mismos conceptos aplicables a rompeolas, con especificaciones concretas al tipo de cargas que deben soportar y a las condiciones de seguridad con que debe operar.

Debido a las condiciones del tiempo en ocasiones tan severas, las estructuras están expuestas a sufrir gran daño si no se tiene las precauciones necesarias; téngase en cuenta que, al quedar fuera de servicio una estructura de este tipo, las pérdidas serán mucho mayores y cualquier gasto adicional para protegerla y asegurar su funcionamiento.

Puesto que el propósito principal de los rompeolas es proporcionar protección contra el oleaje, es obvio que los efectos de este son de primordial importancia para el análisis; es indispensable entonces para el diseño racional de obras marinas contar con información del oleaje del mar, investigación que sirve como base para cálculos del transporte de sedimentos causados por las olas: en el diseño de espigones y rompeolas (obras de protección de costas); requiriendo información de las olas sobre la frecuencia de ocurrencia de las alturas, los periodos y la dirección, siendo

conveniente además que sea por periodos típicos del año; y así, definir los programas de trabajo según las condiciones marinas bajo las cuales puedan trabajar los diferentes tipos de estructuras.

Faltando estos datos, los diseños no pueden ser óptimos, un sobre estimado de alturas reales trae consigo una inversión mayor a la necesaria, en caso contrario, en la situación más favorable se requiere mayores desembolsos para mantenimiento y en el peor de los casos puede llegar a fallar la obra por completo. Siendo indispensable analizar los costos y aspectos técnicos de la construcción aunque sea en forma aproximada, a fin de seleccionar la alternativa más conveniente.

Siendo necesario contar con un estudio del oleaje en la zona de diseño; se requiere registros de por lo menos un año, lo cual raras veces es posible. Aunque en la práctica sea posible, no se pueden medir las olas durante 24 horas al día, por un año o más. La elaboración tomaría demasiado tiempo y además se reuniría mayor información de la necesaria. Por lo general, se asume que las características estadísticas de las olas del mar son constantes durante un número de horas. Dentro de este lapso, se toma una muestra que contenga el suficiente número de olas para que los parámetros característicos (H_s y \bar{T}) sean estables y representativos para este lapso. En otras palabras, se debe calcular H_s y \bar{T} de un grupo de olas lo suficientemente grande para que elimine las irregularidades que se presenta en un corto plazo. Además se debe tomar un suficiente número de muestras del oleaje al día para determinar la variación de los parámetros a largo plazo. Siendo necesario continuar con las mediciones varios años más, para poder establecer la variación anual.

La única fuente de información sobre el oleaje frente a la zona de diseño está basada en observaciones visuales de barcos mercantes (Sailing Directions for South America, U.S.A.). Los Sailing Direction dan información sobre ocurrencia de alturas de olas en aguas profundas en porcentaje del tiempo en ocho direcciones. Información sobre la ocurrencia de olas en porcentaje de tiempo por dirección, bastante exacta, fácil de usar y un dato muy útil para la Ingeniería de Costas.

Otra fuente de información es la perteneciente al *Estudio básico del Oleaje en Salaverry*, Proyecto Controlamar con cooperación Holandesa-ENAPU. Dicho estudio se ha tomado como fuente de medición para determinar la frecuencia de

ocurrencia y excedencia anual en porcentaje del tiempo de cada altura de ola significativa, para la zona de diseño de este proyecto. Siendo esta información básica para el cálculo de transporte litoral de sedimentos, variación de la configuración de la costa, diseño óptimo de estructuras marítimas como espigones, rompeolas, plataformas, etc.

Otros factores importantes para el diseño de rompeolas, son la profundidad del agua y las características del fondo así como la acción de las olas sobre la estructura construida para absorber la energía de estas. Puesto que la mayoría de rompeolas son estructuras de gravedad, dependiendo su estabilidad de su peso propio. Consideraciones de orden práctico limitan la altura del rompeolas.

Un estudio de este tipo debe proporcionar básicamente, información sobre los siguientes temas:

- Topografía y batimetría
- Vientos
- Marea
- Oleaje
- Corrientes
- Estudios geotécnicos (muestreo del fondo marino)
- Estudios especiales (extrapolación del oleaje)
- Presentación de recomendaciones

La correcta interpretación de esta información es primordial para el diseño de estas estructuras, y con este estudio se pretende tener de alguna manera un cierto conocimiento del comportamiento del oleaje, y así entender la real importancia del fenómeno del oleaje en la gran acción constructiva de configuración de la costa y en la Ingeniería de Costas.

2.1 ROCAS

Las rocas son componentes esenciales de la corteza terrestre; están formadas por distintos minerales, unos llamados esenciales, que las caracterizan, y otros accesorios, que pueden presentarse o no. Asimismo cada tipo de roca posee determinadas características físico-químicas.

2.1.1 GENERALIDADES

Aunque la frase “duro como una roca” se utiliza para hacer referencia a algo *¿virtualmente indestructible?*, la realidad es que incluso las rocas más duras se hallan sometidas a un proceso continuo de transformación natural y pueden ser disgregadas por el hielo, el agua o el viento o transformadas a gran profundidad debido a las elevadas presiones y altas temperaturas.

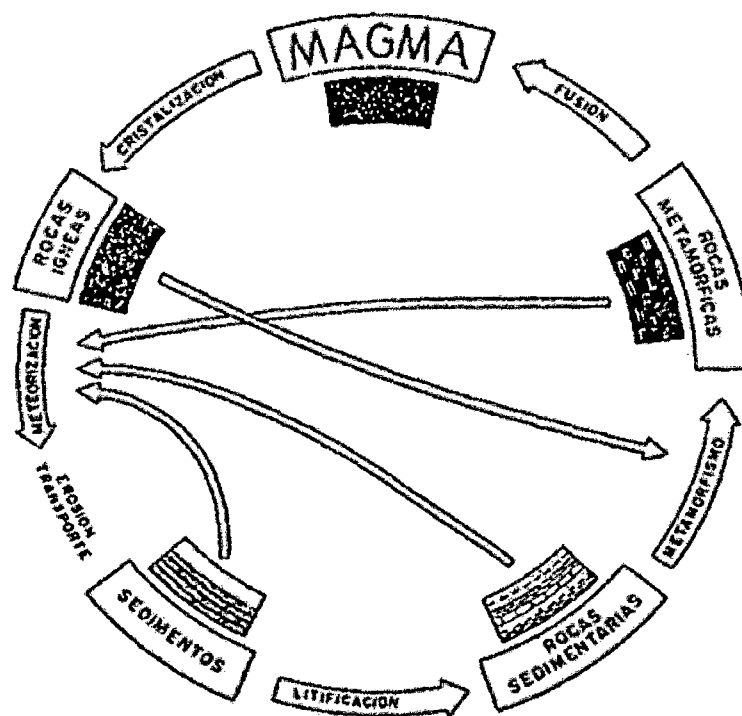
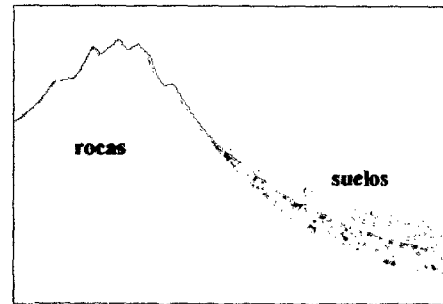


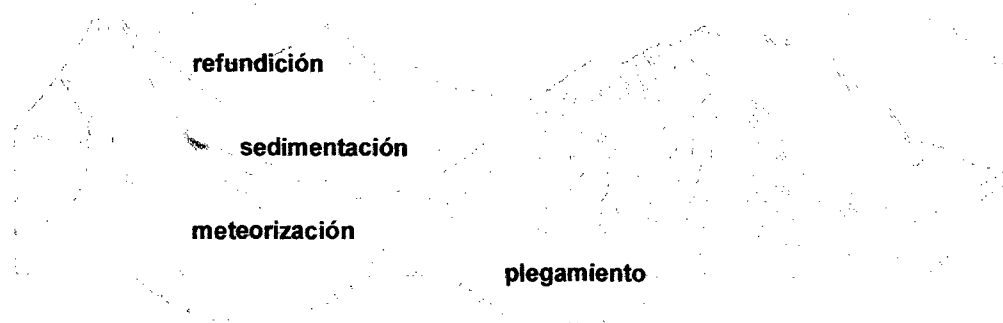
Fig 2.1 CICLO GEOLÓGICO DE LAS ROCAS

2.1.2 ROCAS Y SUELOS

Los suelos se originan como consecuencia de la meteorización y disgregación de la roca madre, que permanece formando parte de la capa subyacente de los mismos.



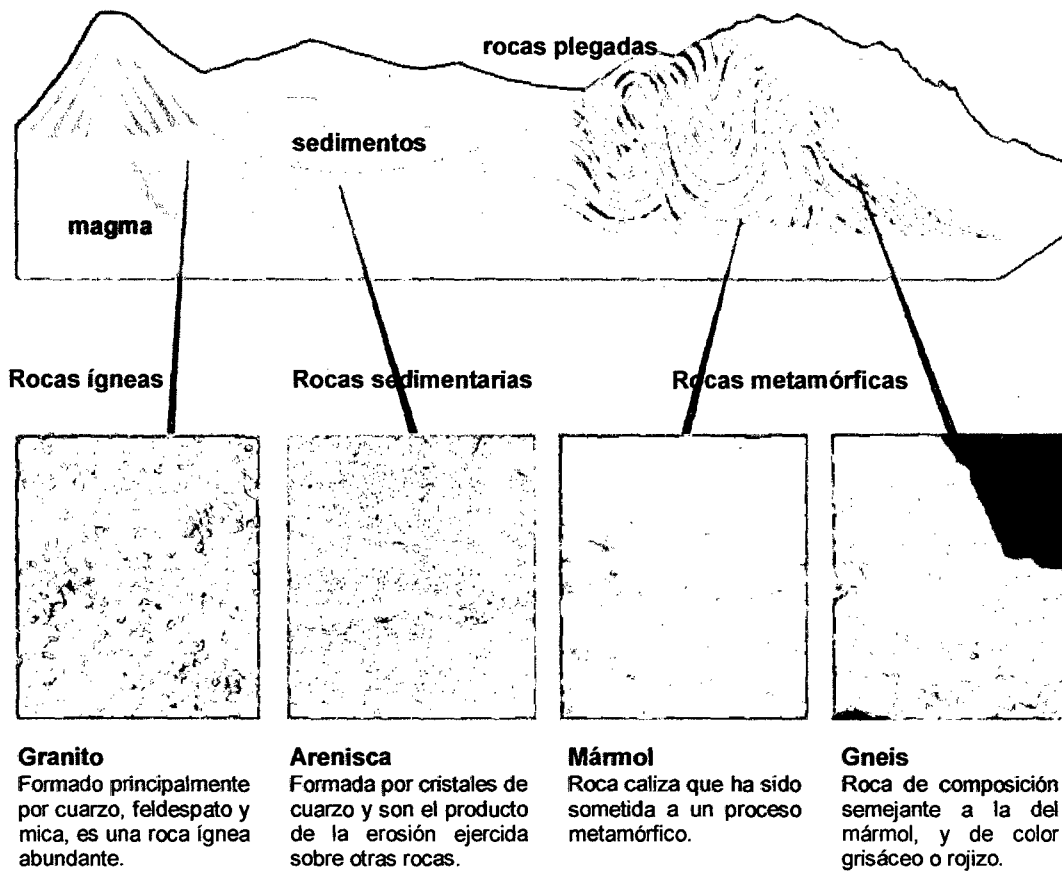
Con el tiempo los diferentes horizontes acumulados en una depresión del terreno se comprimen y, debido al peso cada vez mayor de los sedimentos depositados, se hunden. En las zonas de mayor profundidad son entonces sometidos a una serie de procesos (elevada presión y alta temperatura) que terminan por transformarlos en rocas metamórficas.



2.1.3 ESTRUCTURA DE LAS ROCAS

El contenido mineral inicial y el tipo de alteración y transformación del mismo determinan la estructura de las rocas. Las magmáticas o ígneas tienen su origen en el magma incandescente que aflora a la superficie durante las erupciones volcánicas; las sedimentarias se forman como consecuencia del depósito del material resultante de la descomposición de otras rocas; las metamórficas se originan debido a la alteración tanto de las rocas ígneas y sedimentarias, como consecuencia de las fuertes presiones, sustancias mineralizantes y altas temperaturas que transforman la estructura de aquellas.

La perforación de barrenos se realiza, casi en la totalidad de los casos, en masas rocosas, por lo que es interesante antes de iniciar una obra conocer los diferentes tipos de materiales que se presentan y sus propiedades básicas.



2.1.4 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS POR SU ORIGEN

2.1.4.1 ROCAS ÍGNEAS O MAGMÁTICAS

Formadas por solidificación de una masa fundida, mezcla de materiales pétreos y de gases disueltos, denominada magma. Por su origen y textura se clasifican como:

- ◆ Rocas Ígneas Intrusivas o Plutónicas
- ◆ Rocas Ígneas Extrusivas, efusivas o volcánicas
- ◆ Rocas Ígneas Hipoabisales o Filonianas

2.1.4.2 ROCAS SEDIMENTARIAS

A.- Las Detríticas o Clásticas:

Se clasifican por el tamaño de sus granos en:

Gruesas (Sefitas), ejemplo: brechas, conglomerados, gravas.

Medias (Samitas), ejemplo: arenisca, grauvacas, arcosas.

Finas (Pelitas), ejemplo: pizarras, lutitas, arcillas, filitas.

B.- Las Orgánicas y Químicas

Se clasifican por su composición en:

Calcáreas, ejemplo: calizas, travertinos, canchales.

Silíceas, ejemplo: sílex, diatomita

Alumínicas, ejemplo: laterita, bauxita.

Ferruginosas, ejemplo: limonita, taconita

Salinas, ejemplo: yeso, anhidrita, gema.

Carbonáceas, ejemplo: lignito, antracita.

Fosfáticas

2.1.4.3 ROCAS METAMÓRFICAS

Las rocas metamórficas son las originadas por importantes transformaciones de los componentes mineralógicos de otras rocas preexistentes, endógenas o exógenas. Resultan de la transformación profunda de rocas ígneas o sedimentarias por calor, grandes presiones y cambios químicos debido a fenómenos geológicos de gran magnitud, como los de granitización. Ejemplo gneis y mármol.

2.1.5 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ROCAS

Las características geológicas y mecánicas – además de las condiciones del estado de las rocas a dinamitar- determinan realmente el tipo de explosivo que deberá emplearse para fracturarlas eficiente y económicamente; así como también las principales propiedades físicas de las rocas que influyen en los mecanismos de penetración y consecuentemente en la elección del método de perforación. Por ello, es muy importante que además de conocer las propiedades del explosivo se tenga en cuenta el grado de afectación que puedan presentar algunos parámetros de la roca.

2.1.5.1 DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO

Característica importante y resolutive de las rocas y minerales inherentes a su propia estructura molecular. Se define como la relación del peso del material y su volumen, siendo un factor ampliamente usado como indicador de la mayor o menor dificultad que pueda encontrarse para romper a una roca, y en la practica se relaciona con la solidez y dureza, por tanto con el grado de compacidad y porosidad.

Como regla general las rocas densas para fracturarse adecuadamente requieren de explosivos de alta presión de detonación, mientras que las menos densas

requieren de explosivos de menor rango. Sin embargo algunas rocas relativamente densas y porosas parecen absorber la energía de la explosión haciendo difícil su fracturación.

2.1.5.2 COMPACIDAD Y POROSIDAD

La **compacidad** es la relación de la densidad aparente a la densidad real, cuyo valor se aproximará más a la unidad cuanto más densa sea la roca.

La **porosidad** es la relación del volumen de vacíos existentes en una roca a su volumen aparente, se expresa siempre en % del volumen aparente del sólido tomado como unidad, denominándose *coeficiente de porosidad*.

2.1.5.3 EXPANSIÓN O ESPONJAMIENTO

Es el aumento del volumen en el material rocoso al excavarlo, se expresa en % de aumento sobre el volumen original en el banco, llamándose *Factor de Conversión Volumétrica* a la relación entre la densidad del material suelto y la del material en el banco, expresándose en porcentaje.

2.1.5.4 HUMEDAD E INHIBICIÓN

Se denomina **humedad** al contenido de agua retenida en los poros e intersticios del material pétreo. Se determina hallando la diferencia de peso entre la roca en su estado natural (P_h) y el peso seco de la misma muestra.

La **inhibición** es la capacidad de las rocas para saturarse de agua.

Si el nivel de saturación es alto será necesario emplear explosivos con resistencia al agua, como las gelatinas y los slurries; y si el nivel de saturación es incrementado por agua freática la que de inmediato se acumula en los huecos que se perforan para la voladura, se empleará explosivos con mayor resistencia al agua.

La **porosidad** y la **humedad** influyen en el rango de transferencia de las ondas de detonación de la voladura, por lo general amortiguándolas, lo que deberá tenerse en cuenta al momento de planificar el disparo.

2.1.5.5 DUREZA Y TENACIDAD

La dureza y cohesión de las rocas y minerales dependen de los enlaces entre moléculas constituyentes. En general la dureza aumenta con la densidad del empaquetamiento atómico y la disminución del tamaño de los iones.

En voladuras, técnicamente se entiende por dureza a la resistencia al corte y penetración que presentan las rocas a la perforación, pero en la práctica se ha hecho común emplear el término para indicar su comportamiento en la voladura clasificándolas como: duras, intermedias y blandas. Es la tenacidad realmente la resistencia a la rotura, aplastamiento o doblamiento por lo que deberíamos procurar el empleo de los términos de: tenaces, intermedias y friables para indicar su comportamiento ante los explosivos.

Las rocas se clasifican en cuanto a su dureza: "escala de Mohs". En la tabla siguiente se aprecia una cierta correlación entre la dureza y la resistencia a la compresión de las rocas. Por su *dureza relativa*: Protodiakonov, que ayudan en la determinación de las características del material para su voladura.

CLASIFICACIÓN	DUREZA MOHS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Mpa
Muy dura	+ 7	+ 200
Dura	6 - 7	120 - 200
Medio Dura	4,5 - 6	60 - 120
Medio blanda	3 - 4,5	30 - 60
Blanda	2 - 3	10 - 30
Muy blanda	1 - 2	- 10

El término cohesión se emplea bastante para describir el grado y forma de amarre de los granos en las rocas sedimentarias, que es también un índice de su tenacidad o resistencia a la fractura. En estos casos se tendrá rocas tenaces, elásticas, friables y aún disgregables.

ESCALA DE DUREZA MOHS PARA ROCAS Y MINERALES			
10. DIAMANTE	: Raya a cualquier material menos a otro diamante.	DIAMANTE	Borl.....42,4 Carbonado.....36,1
9. CORINDON	: (Esmeril) Raya a la mayor parte de minerales menos al diamante.	Carburo de Boro.....	19,7
8. TOPACIO			
7. CUARZO	: No se deja rayar por la lima de acero.	Siliciuro de Carbono.....	14,0
6. FELDESPATO	:	Corindón.....	9,0
		Topacio.....	8
5. APATITO	: Puede ser rayado por cortaplumas.	Cuarzo.....	7 LIMA
		Ortosa.....	6
4. FLUORITA			Cuchillo
3. CALCITA	: Puede ser rayado por moneda de cobre.	Apatito.....	5
		Fluorita.....	4 Cobre
		Calcita.....	3
2. YESO	: Puede ser rayado por uña.	Yeso.....	2 Uña
1. TALCO	: Marca los tejidos.	Talco.....	1 1,0
	Resistencia al rayado – Mohs		Dureza relativa – Woodell
4. Muy duras	: pórfidos, diques.		- Se sierran con carburundum.
3. Duras	: granito, gneis.		- Se sierran con esmeril y polvos.
2. Medianas	: caliza, mármol		- Se sierran con acero y arenas.
1. Blandas	: travertino, tobas		- Se sierran con sierra de diente común.

COEFICIENTES DE DUREZA, ABRASIÓN Y TENACIDAD AL GOLPE EN ROCAS VARIAS					
TIPO	DUREZA	PDN(1)	ABRASIÓN (2)	TENACIDAD	PDN (3)
GRANITO	95	7%	18,0	4,9	19%
ROCAS VERDES	81	10%	20,0	6,5	17%
CALIZA	27	22%	2,6	1,9	13%
MÁRMOL	56	9%	7,5	2,7	17%
ARENISCA	31	23%	1,5	1,8	9%
PIZARRA	56	9%	3,3	3,7	17%

1. Altura de rebote de martillo con punta de diamante en cm con el escleroscopio de Shore P. D. N., porcentaje de desviación normal $EC = P/S$ en kg/cm^2 , donde EC es el esfuerzo.
2. Pérdida de volumen en % de la muestra original por desgaste de molino de acero, a presión de $0,6kg/cm^2$ a 30rpm $ED = V1 - V2/S...$ (ensayo de abrasión Deval, maquina Dorry).
3. Altura de caída de martillo patrón en cm hasta la rotura de la muestra, con probeta de roca de 1" de diámetro por 1" de altura. PDN: Porcentaje de desviación normal. El granito corresponde a dureza 6 a 8 en la escala de Mohs.

CLASIFICACION DE ROCAS POR SU DUREZA RELATIVA ESCALA DE PROTOKODIAKONOV					
Cat	Grado de Dureza	Tipo de Roca	Coef. Dureza	Peso Vol. T/m ³	Coef. Expansión
I	Extremadamente dura, altamente tenaces	Cuarcita y basalto muy duros y densos	20	2,8 a 3,0	2,2
II	Muy duras y tenaces	Granito muy duro, frescos, pórfidos	15	2,6 a 2,7	2,2
III	Duras, tenaces	Granito compacto y roca granítica (ácidas), caliza y arenisca muy duras, conglomerados cementados, minerales de hierro compacto, andesita, gneis	10	2,5 a 2,6	2,2
IV	Duras, con tenacidad intermedia	Caliza dura, granito blando, arenisca dura, mármol duro, dolomita	8	2,5	2,0
V	Relativamente duras, Intermedias	Arenisca común, minerales de hierro. Esquistos arcillosos, pirita, filita	6	2,5	2,0
VI	Dureza media, tenacidad intermedia y baja	Esquisto arcilloso duro, arenisca dura, calcita, conglomerado blando	4	2,8	2,0
VII	Semiduras, intermedias a friables	Diferentes tipos de esquistos no duros, caliza	3	2,5	1,8
VIII	Blandas, Friables, Terrosas, Sueltas	Arcilla compacta, hulla Grava, arena, suelos Loes, turba	1 0,8 0,5	1,8	1,3 a 1,4
IX	Movedizas	Detritos, suelos aguados	0,3		

CLASIFICACIÓN DE ROCAS PARA VOLADURA		
TENACES	INTERMEDIAS	FRIABLES
Gneis	Riolita	Rocas alteradas varias
Granito – gabro	Andesita	Serpentina
Aplita	Dacita	Yeso – Anhidrita
Sienita – monzonita	Traquita	Pizarra – filita
Diorita – granodiorita	Fonolita	Lutita – arcilla compacta
Basalto – dolerita	Obsidiana (vidrio volcánico)	Conglomerado y brecha no cementada
Norita	Toba y brecha volcánica	Carbón
Caliza silificada	Arenisca cementada	Marga
Cuarcita – chert	Pizarra metamórfica	Caliza ligera
Hematita silícea – hornsfeld	Caliza – dolomita	Travertino
Minerales de hierro densos (magnetita – pirrotita)	Mármol – baritina	Arenisca
Andesita - dacita fresca	Conglomerado cementado	Pómez – tufo
Pórfidos duros: diques y lamprófidos duros: diques y	Minerales de Cu, Pb, Zn, Sn	Minerales de hierro:
Lamprófidos densos	Minerales de hierro (marcasita–siderita–hematita–pirita –martita)	Limonita – ocre
Cuarzo con oro - wolframio		Antracita
		Suelos compactos

El grado de alteración (meteorismo), la potencia y orientación de planos de debilidad (fisuras, clivaje, fallas, etc.) y los cambios físico-químicos producidos por metasomatismo, silificación, etc., producen cambios en la resistencia de las rocas, lo que se debería tener en cuenta para su clasificación para voladura y uso en obras de construcción.

GRADO DE DUREZA: INFLUENCIA EN LA PERFORABILIDAD DE LAS ROCAS				
RELACIÓN ENTRE DUREZA DE LA ROCA, EL TIPO Y VELOCIDAD DE PERFORACIÓN				
Roca o Mineral	Tipo de Perforadora	Dureza Mohs	Se raya con:	Velocidad de Perforación
Diamante		10,0	Diamante	Lenta
Carburundo		9,5	"	
Zafiro		9,0	"	
Crisoberilo		8,5	"	
Topacio		8,0	"	
Zirconio		7,5	"	Lenta-media
Cuarcita		7,0	"	
Chert		6,5	Cuarzo	
Roca trapeana	De percusión	6,0	"	Media
Magnetita		5,5	Vidrio	
Esquisto		5,0	Navaja	
Apatito		4,5	"	Media-rápida
Granito		4,0	"	
Dolomita		3,5	"	
Caliza	Rotatoria	3,0	Moneda (cobre)	Rápida
Galena		2,5	"	
Potasio		2,0	Uña	
Yeso		1,5	"	
Talco		1,0	"	

La dureza de la roca, grado de abrasividad (contenido mineral) y estructura afecta de distinta manera a la técnica de perforación a utilizar. Percusión simple; percusión-rotación; rotación con trituración; rotación con corte por rayado (botones o diamantes) etc. Y de las correspondientes brocas a emplear: de bisel, en cruz, tricónica, diamantina, etc.

EXCAVACIONES Y CANTERAS PARA MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN Y OBRAS DE MOVIMIENTOS DE TIERRA EN GENERAL				
EXPANSIÓN Y FACTOR DE CONVERSIÓN VOLUMÉTRICA DE ROCAS DE CONSTRUCCIÓN				
MATERIAL	Kg x m3	% de	Factor	Kg x m3
	En banco	Expansión	Volumétrico	Mat.. suelto
Arcilla en banco	1720	40	0,72	1250
Arcilla y grava seca	1780	40	0,72	1300
Arcilla y grava húmeda	2200	40	0,72	1600
Carbón y veta	1280 a 1450	35	0,74	950 a 1070
Tierra común y marga	1540	25	0,80	1250
Tierra común húmeda	2000	25	0,80	1600
Grava (6 a 51mm) seca	1840	12	0,89	1660
Grava (6 a 51mm) húmeda	2000	12	0,89	1660
Yeso sólido	3000	74	0,57	1780
Mineral de hierro	1850 a 3480	33	0,75	2140 a 2610
Piedra caliza	2790	67	0,60	1600
Arena seca suelta	1780	12	0,89	1600
Arena húmeda compacta	2140	12	0,89	1900
Arenisca dinamitada	2430	54	0,65	1600
Basaltos, traquitas	3080	65	0,61	1900

La expansión es el aumento de volumen que se produce en el material al excavarlo.

$$F.C.V. = \frac{\text{Kg x m3 Material suelto}}{\text{Kg x m3 Material en banco}} \quad \% \text{ de expansión} = \frac{1}{F.C.V.} \times 100$$

2.1.5.6 FRECUENCIA SÍSMICA DE LA ROCA

La velocidad con la que se propagan las ondas de tensión en las rocas es muy importante, primero porque afecta a la distribución y al tiempo de aplicación de los esfuerzos de tensión impuestos sobre la roca por la detonación del explosivo, y segundo porque es una medida de su capacidad elástica, dando una idea de su capacidad de resistencia o tenacidad ("Dureza" comúnmente).

FRECUENCIAS SÍSMICAS DE ALGUNAS ROCAS			
ONDAS SÍSMICAS LONGITUDINALES	VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN EN LAS ROCAS		
	m/seg		
Arcillas	1000	a	2000
Margas	1400	a	4500
Conglomerados	2500	a	5000
Calizas	4000	a	6000
Cuarcitas y dolomitas	5000	a	6000
Granitos	3000	a	6000
Gabros	6700	a	7300
Diabasas	5800	a	7100
Basaltos	2400	a	4000

2.1.5.7 VARIABILIDAD Y TEXTURA

Las rocas no son homogéneas ni isotrópicas; una misma formación rocosa de aspecto homogéneo varía en sus rasgos identificables de micro estructura, campos de

fatiga, contenidos de agua y otros parámetros, variando su comportamiento en voladura a veces sorprendentemente.

La **textura** de una roca se refiere al aspecto que ofrece su superficie debido a la estructura de los granos de minerales constituyentes de ésta. Se manifiesta a través del tamaño de los granos, forma, distribución, porosidad, clasificación y amarre de cristales en rocas ígneas y de granos en las sedimentarias o metamórficas. Aspectos que influyen significativamente en el rendimiento de la perforación; así como el tipo de material que constituye la matriz de una roca y que une los granos de mineral.

2.1.6 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS

Las propiedades referidas al comportamiento de las rocas al ser sometidas a esfuerzos mecánicos son normalmente determinadas en laboratorios mediante prensas y equipos especiales. Definen medidas o valores aplicables para tener un criterio previo sobre las condiciones de estabilidad de la roca después de haber sido excavada, por lo que son difíciles de correlacionar con los resultados de la voladura pero proporcionan un medio de comparación entre diferentes rocas.

2.1.6.1 RESISTENCIA

Se llama resistencia mecánica de una roca a la propiedad de oponerse a su destrucción bajo una carga exterior, estática o dinámica. Depende fundamentalmente de su composición mineralógica. A mayor contenido de cuarzo, por lo general, la resistencia aumenta. Depende además del tamaño de los cristales; disminuye con el aumento de éstos; es significativa cuando el tamaño de cristales es inferior a 0,5mm.

A.- Resistencia Mecánica a la Compresión

Define la fuerza o carga por unidad de superficie bajo la cual una roca fallará por corte o por cizalla. En otros términos es la resistencia a ser sobrepasada para llegar a la rotura por presión, dada en psi.

COEFICIENTE DE ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE							
Kg/cm ²							
Calizas	600	a	1500	Diabasas	1600	a	2200
Dolomitas	700	a	900	Basaltos	2500	a	3500
Granito	1500	a	2700	Diorita	2000	a	2700
Gabro	1800	a	2000				
Para otros esfuerzos se considera la siguiente escala de valores:							
FLEXIÓN o doblado :1/10 del coeficiente de compresión.							
CORTE o cizalla :1/15 del coeficiente de compresión.							
TENSIÓN o tracción :1/30 del coeficiente de compresión simple.							

B.- Resistencia Mecánica a la Tensión

Es la facultad de resistir a ser torsionado o tensada hasta llegar al punto de rotura. También se define como resistencia al ataque.

2.1.6.2 ABRASIVIDAD

La abrasividad es la capacidad de las rocas para desgastar la superficie de contacto de otro cuerpo más duro, en el proceso de rozamiento durante el movimiento. Siendo los factores que elevan la capacidad abrasiva de las rocas:

- ◆ La dureza de los granos constituyentes de la roca (mayor % cuarzo).
- ◆ El tamaño y forma de los granos. Los más angulosos son más abrasivos.
- ◆ La porosidad de la roca. Da lugar a superficies de contacto rugosas con concentraciones de tensiones locales.
- ◆ La heterogeneidad. Las rocas poliminerales, aunque éstos tengan igual dureza, son más abrasivas.

Esta propiedad influye mucho en la vida de los útiles de perforación.

TIPO DE ROCA	CONTENIDO EN %CUARZO	TIPO DE ROCA	CONTENIDO EN %CUARZO	TIPO DE ROCA	CONTENIDO EN %CUARZO
Anfibolita	0 - 5	Grauvaca	10 - 25	Filita	10 - 25
Diabasa	0 - 5	Caliza	0 - 5	Cuarcita	60 - 100
Diorita	10 - 20	Mármol	0	Arenisca	25 - 90
Gabro	0	Mica gneis	0 - 30	Pizarra	10 - 35
Gneis	15 - 50	Mica esquisto	15 - 35	Pizarra grano fino	0 - 20
Granito	20 - 35	Pegmatita	15 - 30	Taconita	0 - 10

2.1.6.3 RADIO DE POISSON O RADIO DE PRECORTE

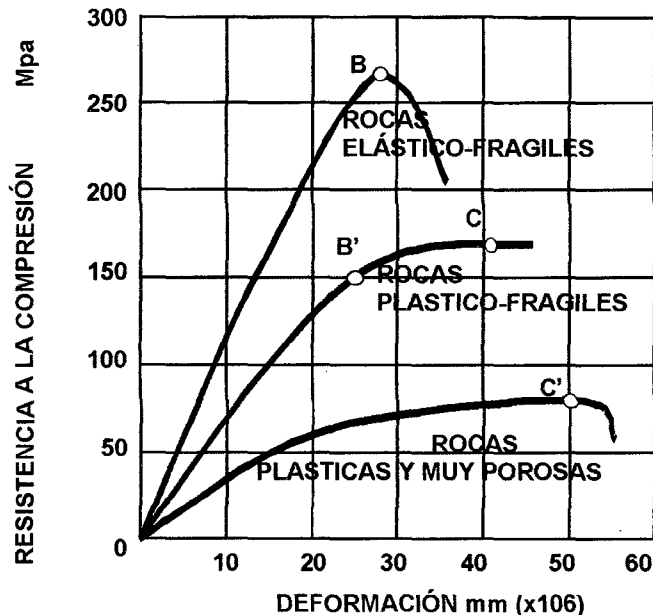
Es el radio de contracción transversal a expansión longitudinal de un material sometido a esfuerzos de tensión, o sea, es una medida de su fragilidad. Cuanto menor el Radio de Poisson, mayor la propensión a rotura.

2.1.6.4 MÓDULO DE YOUNG O DE ELASTICIDAD

Es una medida de la resistencia elástica o de la habilidad de una roca para resistir la deformación. La mayoría de los minerales constituyentes de las rocas tienen un comportamiento elástico frágil, que obedece a la Ley de Hooke, y se destruyen cuando las tensiones superan el límite de elasticidad. Cuanto mayor el número de Young mayor dificultad para romperse. También se expresa en psi.

Según el carácter de deformación, en función de las tensiones provocadas para cargas estáticas, se consideran tres grupos de rocas:

- 1) Las elástico frágiles o que obedecen a la Ley de Hooke,
- 2) Las plástico-frágiles, a cuya destrucción precede la deformación plástica;
- 3) Las altamente plásticas o muy porosas, cuya deformación elástica es insignificante.



CURVAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE ROCA

El coeficiente de Poisson es el factor de proporcionalidad entre las deformaciones longitudinales relativas y las deformaciones transversales.

2.1.6.5 PLASTICIDAD

En algunas rocas, a la destrucción le precede la deformación plástica. Esta comienza en cuanto las tensiones en la roca superan el límite de elasticidad. En el caso de un cuerpo idealmente plástico tal deformación se desarrolla con una tensión invariable. Las rocas reales se deforman consolidándose al mismo tiempo: para el aumento de la deformación plástica es necesario incrementar el esfuerzo.

2.1.6.6 GRAVEDAD ESPECÍFICA

Es el ratio de masa de la roca a la masa de un volumen igual de agua (g/cm^3).

2.1.6.7 FRICCIÓN INTERNA

Es la resistencia interior para cambiar inmediatamente de forma cuando se somete a la roca a deformación por presión. También se define como conductividad pase de las ondas (de compresión o sísmicas) fenómeno que genera calor interno.

2.1.6.8 VELOCIDAD DE ONDA LONGITUDINAL

Es la velocidad a la cual una roca transmitirá las ondas de compresión. Como a este tipo corresponden las ondas sonoras, también se le refiere como Velocidad Sónica de la roca. Es una función del Módulo de Young, Radio de Poisson y la densidad. Usualmente a mayor velocidad de la roca, se requerirá explosivo de mayor velocidad de detonación para romperla.

Roca Tipos	Resistencia a compresión kg/cm ²	Resistencia a tensión Kg/cm ²	Radio de Poisson m	Módulo de Young x105 psi	Densidad Kg/cm ²	Velocidad Longitudinal x105m/s
Gneis granítico	30233	2,034	0,195	10,93	2,65	18367
Granito	21020	1,308	0,327	6,27	2,70	15888
Basalto	42347	2,290	0,284	9,04	2,88	17150
Caliza	13330	0,670	0,235	5,34	2,53	13517
Arenisca	1492	0,060	0,391	0,39	1,88	5534

Con base en las propiedades mecánicas, y condiciones geológicas del lugar, en consideraciones técnico-económicas, equipo disponible y otros factores para obras de ingeniería y minería, se suele clasificar las rocas en categorías de dificultad, especialmente para su facilidad de voladura y/o capacidad de sostenimiento, como en los siguientes ejemplos:

TIPO	CONDICIONES
ROCA I	Muy competente
ROCA II	Muy competente o medianamente competente
ROCA III	Medianamente competente
ROCA IV	Medianamente competente a incompetente
ROCA V	Incompetente a muy incompetente
ROCA VI	Muy incompetente

POR SU CONSISTENCIA DE PLÁSTICA A QUEBRADIZA (Respuesta a esfuerzos mecánicos creados por las ondas explosivas)		
Comportamiento en voladura	Clasificación	Tipos de roca usualmente correspondientes
I) Mal efecto detonatorio Rocas elásticas y/o tenaces	Grupo A	Yeso, arcilla esquistosa, pizarra muy blanda, arcillas, rocas muy descompuestas
	Grupo B	Caliza blanda, arcilla esquistosa blanda, caliza carbonífera, calcita, rocas descompuestas.
	Grupo C	Caliza intermedia, arenisca blanda, arcilla esquistosa mediana, esquisto arenoso, caliza semisilíceas.
	Grupo D	Arenisca blanda, caliza dura, esquisto duro, esquisto bituminoso, caliza cristalina, caliza silícea o silificada.
II) Buen efecto	Grupo E	Granito blando, hematitas, arenisca dura, micasquitos, conglomerado arcilloso, silicatos, rocas con regular silificación.
	Grupo F	Cuarzo, cuarcita, conglomerado cuarzoso, mármol, granito medio, arenisca dura, rocas con mediana silificación, andesitas.
	Grupo G	Granito duro, cuarcitas de grano fino, sílice, rocas con mediana a alta silificación, gabro, basaltos.

2.2 GEOLOGÍA Y SUS EFECTOS EN VOLADURA

2.2.1 ESTRUCTURA DE LAS ROCAS

Las propiedades estructurales de los macizos rocosos, tales como esquistosidad, planos de estratificación, juntas, grietas, diaclasas y fallas, así como la morfología del yacimiento, su rumbo y el buzamiento de éstas afectan a la linealidad de los barrenos, a los rendimientos de perforación y a la estabilidad de las paredes de los taladros. Debido a la formación, edad, y a los diversos eventos geológicos que han sufrido, las rocas presentan diversas estructuras secundarias que influyen en su fracturación con explosivos. Entre ellas tenemos:

2.2.1.1 ESTRATIFICACIÓN O BANDEAMIENTO (BENDING, LAYERING)

Planos que dividen a las cajas o estratos de las rocas sedimentarias de iguales o diferentes características físicas (litológicas); también ocurren en ciertos casos de disyunción en rocas granitoides. Generalmente ayudan a la fragmentación.

2.2.1.2 ESQUISTOSIDAD

Bandeamiento laminar que presentan ciertas rocas metamórficas de grano fino a medio con tendencia a desprender láminas. Se rompen fácilmente.

2.2.1.3 FRACTURA (JOINT, FISURAS O JUNTAS)

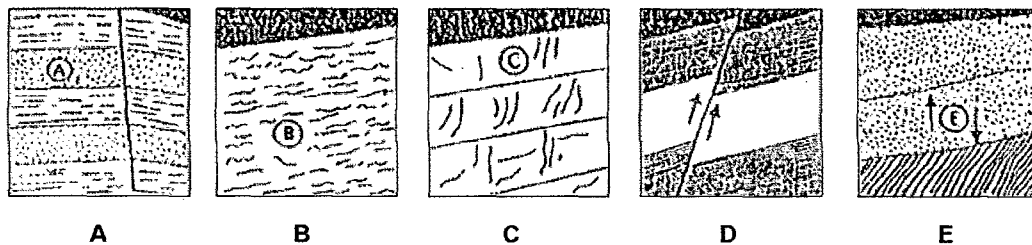
En las rocas, en las que no hay desplazamiento, se presentan en forma perpendicular o paralela a los planos de estratificación o mantos en derrames ígneos, con grietas de tensión (diaclasas), grietas de enfriamiento (disyunción) y otras. El espaciamiento entre ellas es variable y en algunos casos presentan sistemas complejos entrecruzados. La abertura también variable, puede o no, contener material de relleno.

2.2.1.4 FALLAS (FAULTS)

Fracturas en la que se presenta desplazamiento entre dos bloques. Usualmente contienen material de relleno de grano fino (arcilla, panizo, etc) o mineralización para minería. En perforación disminuyen los rangos de penetración, y pueden apretar o trabar a los barrenos. Las rocas son propicias a sobre rotura (over break, back break) junto a los planos de falla.

2.2.1.5 CONTACTOS

Planos de contacto o discontinuidades entre estratos o capas del mismo material.



2.2.2 INFLUENCIA DE ESTAS ESTRUCTURAS

Las principales desventajas que presentan son la pérdida de energía por fuga de gases y la perforación de pedrones sobredimensionados. Casos:

2.2.2.1 ESTRUCTURAS AMPLIAMENTE SEPARADAS

Desventaja para la fragmentación:

- ◆ Interrupción de las ondas sísmicas o de tensión.
- ◆ Fallas de confinamiento.
- ◆ A menudo enormes variaciones en dureza y densidad entre los estratos.
- ◆ Preformación de pedrones sobredimensionados.
- ◆ Sopladura de taladros por escape de gases.

Soluciones factibles:

- ◆ Empleo de explosivos densos y de alta velocidad.
- ◆ Empleo de cargas espaciadas (decks).
- ◆ Intervalos de iniciación más cortos entre taladros (favorable para la fragmentación y para reducir vibraciones).
- ◆ Ajuste de mallas de perforación, más apretadas.

2.2.2.2 ESTRUCTURAS APRETADAS

Normalmente son una ventaja, mejor transmisión de las ondas de tensión con mejor fragmentación y control del disparo. Las rocas con baja resistencia junto con bandeamiento apretado, con las lutitas y esquistos presentan buena fragmentación. Algunos aspectos técnicos pueden bajar costos en estas condiciones:

- ◆ Explosivos y cebos de menor velocidad y densidad son efectivos en estas rocas (areniscas, lutitas, esquistos, etc.).
- ◆ Tiempos de intervalo más largos resultan más efectivos para el desplazamiento y son favorables para reducir las vibraciones.
- ◆ Se consiguen mayores rangos de velocidad de perforación.
- ◆ Se puede incrementar la producción ampliando el burden y el espaciamiento e incrementando el diámetro de taladro pero debe controlarse la vibración.

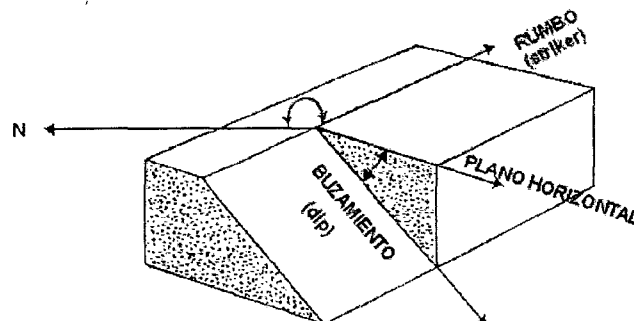
2.2.2.3 ESTRATIFICACIÓN PLANA U HORIZONTAL

Estructuras predecibles.

- ◆ La perforación perpendicular a estratos horizontales reduce la probabilidad de que se traben o agarren los barrenos.
- ◆ Los taladros son verticales y rectos, estos planos no afectan por desviación.
- ◆ En estas condiciones son factibles de aplicar opciones técnicas en mallas, inclinación de taladros y sistemas de inclinación para mejorar la voladura. Por otro lado estratos o discontinuidades en ángulo pueden desviar los taladros.

2.2.2.4 RUMBO Y BUZAMIENTO (STRIKE AND DIP)

De estratos y fallas. El rumbo indica la dirección de la estructura (con relación a los puntos cardinales o norte geográfico), y el buzamiento el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal. Ambos indican cuando o no los taladros atravesarán perpendicular o transversalmente a las estructuras.

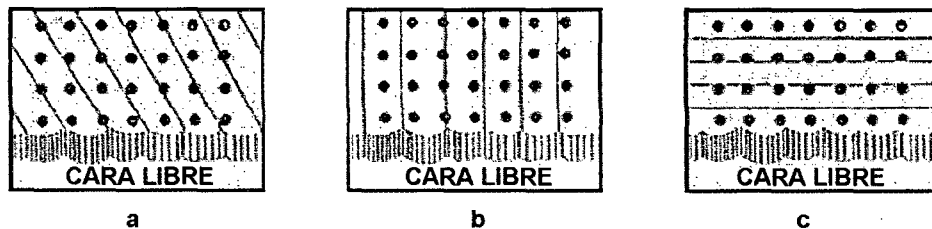


A.- Rumbo

a.- **Rumbo (fracturas o fallas) en ángulo con la cara libre:** contribuyen a mejor fragmentación, aceptable rotura final y rotura hacia atrás (back break), buena condición para voladura.

b.- **Rumbo (fracturas o fallas) perpendicular a la cara libre:** y entre espaciamentos de taladros contribuyen con rotura de bloques, poca rotura final y considerable rotura hacia atrás; mala condición para voladura.

c.- **Rumbo (fracturas o fallas) paralelo a la cara libre:** fracturación sobredimensionada, mala rotura final pero generalmente una pared posterior estable; mala condición para voladura.



Efectos Negativos en la performance de la voladura:

- ◆ Roca con estructuras complicadas.
- ◆ Zonas de incompetencia.
- ◆ Rocas con zonas competentes intercaladas con zonas incompetentes.

Soluciones Factibles:

1. - Efectuar voladuras de prueba si esto es posible.
2. - Diseñar la voladura para que la cara libre se desplace en un ángulo con las estructuras geológicas.
3. - Redistribuir la carga explosiva para sobreponerla a las estructuras.
4. - Reducir la malla.
5. - Emplear menor diámetro de taladros: mejor distribución del explosivo y mayor control de la voladura.
6. - Perforar taladros satélites entre los taladros de producción.
7. - Experimentar con diferentes intervalos de retardo.

B.- Buzamientos

a.- **Perforación y voladura con el buzamiento a favor:** mayor rotura hacia atrás (gravedad trabaja contra la operación de voladura). Mejor utilización de la energía del explosivo (los estratos yacen hacia los taladros presentando menor

resistencia al empuje). Piso del banco más plano o regular con menos problemas de bancos, mayor desplazamiento desde la cara libre (mejor formación de la pila de escombros). Por otro lado hay riesgo de piedras volantes de la cresta del banco.

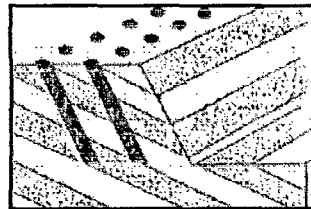
b. - Perforación y voladura con el buzamiento en contra: Menor rotura hacia atrás debido a que los estratos buzan dentro del banco. La resistencia al pie del banco se incrementa dificultando su salida, por lo que se requiere mayor carga explosiva de fondo, piso del banco irregular, menor desplazamiento desde la cara libre, que resulta en una pila de escombros más elevada.

c. - Perforación y voladura con el rumbo en contra: Se espera encontrar las condiciones más desfavorables para la perforación y voladura.

- ◆ Piso del banco irregular, frecuentemente con forma dentada cuando se intercalan estratos de rocas de diferentes características.
- ◆ Rotura hacia atrás irregular, con entrantes y salientes.
- ◆ Desfavorable orientación de cara libre, requiere trazos de voladura adecuados.

a) **TALADRO CON BUZAMIENTO A FAVOR**

SOLUCION

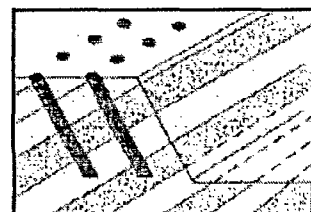
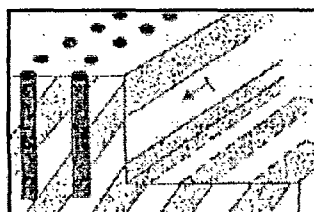


Con taladros verticales

Con taladros inclinados

b) **TALADRO CON BUZAMIENTO EN CONTRA**

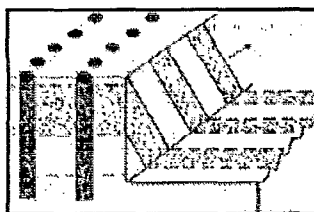
SOLUCION



Con taludes verticales

Con taludes inclinados

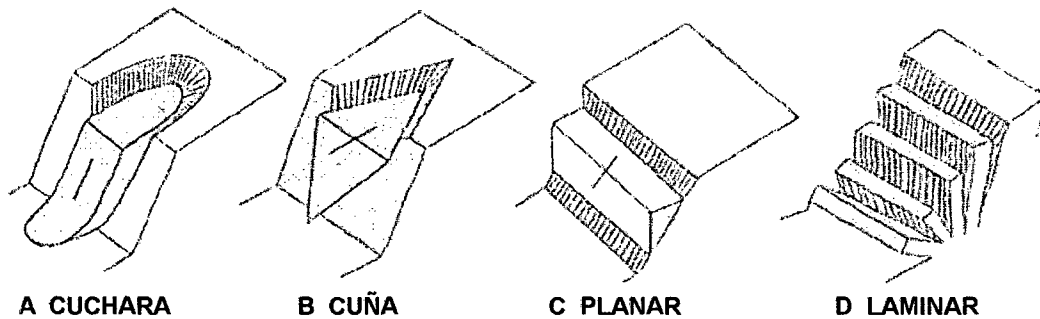
c) **TALADRO CON RUMBO EN CONTRA**



2.2.2.5 ESTRUCTURAS INESTABLES

En muchas canteras y tajos abiertos, por razones geológicas y de estabilidad de taludes se presentan problemas de deslizamientos de diferentes tipos y proporciones, que comprometen la seguridad de las operaciones. Deslizamientos vinculados a fallas, presencia de agua, roca alterada o descompuesta, presencia de material arcilloso, taludes de banqueo muy empinados que crean zonas críticas.

DESLIZAMIENTOS EN CARAS DE BANCOS



En estas zonas críticas es necesario controlar las vibraciones generadas por voladura, empleando detonadores de retardo con periodos de 8 a 10m. entre taladros, limitar la carga explosiva total (factor de carga) y disparar tantas de pocos taladros, para evitar incrementar su desplazamiento.

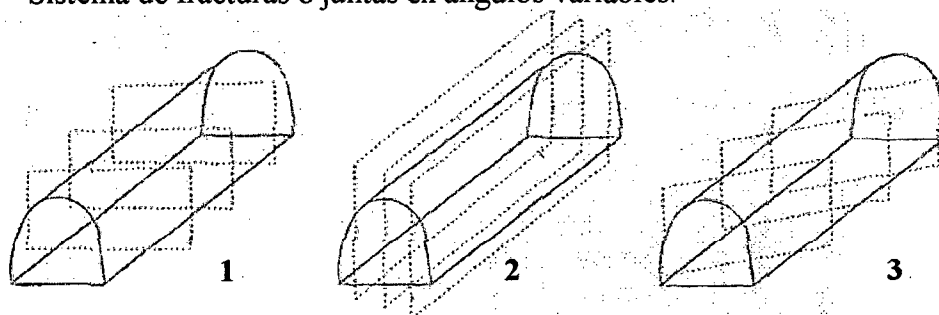
Generalmente las voladuras son monitoreadas con sismógrafos para controlar el nivel de vibraciones y efectuar los ajustes de tiempo y carga necesarios.

2.2.2.6 ESTRUCTURAS EN TRABAJOS SUBTERRÁNEOS

Las mismas consideraciones sobre estructuras geológicas se aplican en trabajos de subsuelo. Caso especial son los túneles, galerías, rampas y piques donde los sistemas de fracturas dominantes afectan a la perforación y voladura.

Los sistemas dominantes clasificados con relación al eje del túnel son tres:

1. - Sistemas de fracturas y juntas perpendiculares al eje del túnel.
2. - Sistema de fracturas o juntas paralelas al eje del túnel.
3. - Sistema de fracturas o juntas en ángulos variables.



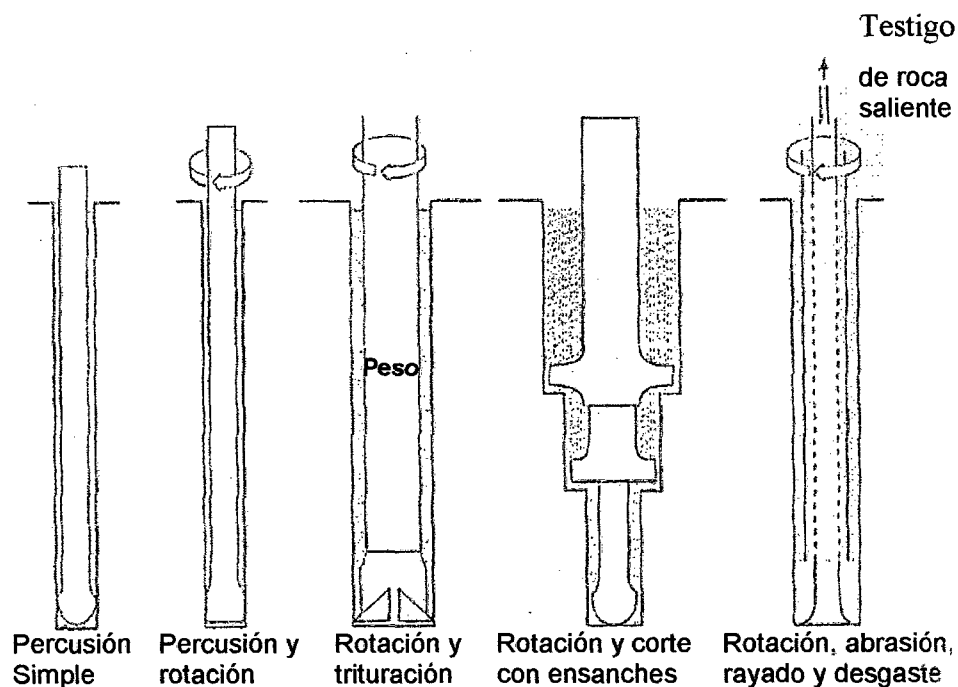
2.3 PERFORACIÓN

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes.

Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La máxima penetración consiste en lograr la máxima penetración al menor costo.

En perforación tienen gran importancia la resistencia al corte o dureza de la roca, que influye en la facilidad y velocidad de penetración y; la abrasividad. Esta última influye en el desgaste de la broca y por ende en el diámetro final de los taladros cuando ésta se adelgaza (brocas chupadas).

PRINCIPIOS DE PERFORACIÓN MECÁNICA DE LAS ROCAS



2.3.1 MEDIOS DE PERFORACIÓN

2.3.1.1 PERCUSIÓN

Con efecto de golpe y corte como el de un cincel y martillo. Ejemplo el proporcionado por los martillos neumáticos pequeños y rompe pavimentos.

2.3.1.2 PERCUSIÓN/ ROTACIÓN

Con efecto de golpe, corte y giro, como el producido por las perforadoras neumáticas comunes, tradrills jumbos hidráulicos.

2.3.1.3 ROTACIÓN CON EFECTO DE CORTE POR FRICCIÓN Y RAYADO

Con material muy duro (desgaste de la roca, sin golpe), como el producido por las perforadoras diamantinas para exploración.

2.3.1.4 FUSIÓN (JET PIERCING)

Mediante un dardo de llama que funde roca y mineral extremadamente duro como la taconita (hierro).

2.3.2 TIPOS DE PERFORACIÓN

Los tipos de trabajo tanto en obras de superficie como subterráneas, pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- ◆ **Perforación de banqueo;**
- ◆ **Perforación de avance de galerías y túneles,**
- ◆ **Perforación de producción.**
- ◆ **Perforación de chimeneas.**
- ◆ **Perforación de rocas con recubrimiento.**
- ◆ **Sostenimiento de rocas, etc.**

2.3.3 PROCEDIMIENTOS Y EQUIPOS DE PERFORACIÓN

2.3.3.1 PERFORACIÓN MANUAL

Con equipos ligeros manejados a mano por los perforistas (perforadoras manuales). Se utilizan en trabajos de pequeña envergadura donde por las dimensiones no es posible utilizar otras maquinas o no esta justificado económicamente su empleo.

2.3.3.2 PERFORACIÓN MECANIZADA

Los equipos de perforación van montados sobre unas estructuras de tipo mecano, con las que el operador consigue controlar todos los parámetros de la perforación desde unas posiciones cómodas. Tenemos: perforadoras mecanizadas y perforadoras mecanizadas rotatorias

2.3.4 COMPONENTES OPERACIONALES

2.3.4.1 PERFORADORA O MARTILLO

Son las maquinas que accionan la barra o barreno de perforación y son:

- ◆ Neumáticos, accionados por aire comprimido o hidráulico, accionados por aceites de alta presión.
- ◆ Manuales o portátiles, para taladros de 1 a 3m de profundidad, o de gran capacidad, para huecos de hasta 30m.

Los martillos pueden estar ubicados sobre el barreno denominándose drifters, o en la punta del barreno denominándose down the hole, en cuyo caso penetran en la roca junto con el barreno o barra.

2.3.4.2 COMPRESORAS Y BOMBAS HIDRÁULICAS

Pueden ser estacionarias, portátiles (móviles) y carrozadas, estas ultimas montadas en el carro perforador. Su accionamiento puede ser eléctrico o con motor a explosión (mayormente diesel). De acuerdo al sistema mecánico de compresión pueden ser de pistones y rotatorias.

2.3.4.3 BROCAS Y BARRENOS

Donde las brocas son las herramientas cortantes (aplicadores de energía), generalmente de acero altamente resistente al impacto, reforzados en sus filos con insertos o botones de material muy duro resistente a la abrasión (carburo de tungsteno). Las brocas se clasifican en tres grupos: de corte, rotatorias y diamantinas.

Barra o barrenos son varillas o tubos de acero acoplables que transmiten el impacto del martillo a la broca o transmisor de energía, ubicada en uno de sus extremos. Pueden ser tubulares, hexagonales, rígidas, etc., y sus acoplamientos de rosca, rosca corrida, soga cono roscado, cono de embone liso, etc. Cuando la rosca forma parte del barreno de denomina integral, generalmente son independientes e

intercambiables, ya que su desgaste es mayor que el de la barra. Según la forma de su cara cortante y de la distribución de los insertos pueden ser del tipo bisel, cruz, x, botones expansoras o rimadoras, etc.

2.3.5 CONDICIONES DE PERFORACIÓN

Para conseguir una voladura eficiente la perforación es tan importante como la selección del explosivo, por lo que este trabajo debe efectuarse con gran criterio y cuidado. Normalmente la calidad de los taladros a ser perforados está determinada por cuatro condiciones:

2.3.5.1 DIÁMETRO

Depende del tipo de aplicación en que el taladro será utilizado. Como regla general, el de menor diámetro factible será el más adecuado y económico de realizar.

2.3.5.2 LONGITUD

Influye mucho en la capacidad del equipo perforador y naturalmente en el avance del disparo (profundidad del taladro).

2.3.5.3 RECTITUD

Varía con el tipo de roca, método de perforación y características del equipo perforador. Deben tener la mayor rectitud y alineación para que el explosivo sea apropiadamente distribuido.

2.3.5.4 ESTABILIDAD

Los taladros deben mantenerse abiertos hasta el momento de su empleo.

3.1 BATIMETRÍA

Conjunto de técnicas para el estudio y determinación de las profundidades del mar, a fin de obtener la configuración del relieve del fondo marino mediante sondeos y corrección por mareas.

3.1.1 MEDICION DE PROFUNDIDADES

En la actualidad existen diversos equipos de medición y entre ellos tenemos:

3.1.1.1 UNIDAD SUMERGIBLE MANUAL

O método de escandallo, es el más antiguo y consiste en un dispositivo compuesto por una pesa y una driza, cabo, soga o cadena graduada, que es sumergida en el medio acuático hasta hacer contacto con el fondo marino.

3.1.1.2 TRANSMISOR DE SEÑALES SONORAS

Ecosonda, que consiste en enviar señales sonoras desde un determinado punto en la superficie del agua a través del medio acuático; es decir lo que se hace es medir el tiempo que transcurre entre el instante que se emite un sonido y aquel en que se recibe su eco y, como es conocida la velocidad de la onda, el aparato indica directamente la distancia que recorre dicho sonido.

3.1.1.3 MECANISMO DE REGISTRO GRAFICO

Consiste en registrar en gráficos las profundidades marinas mediante la emisión de señales sonoras y recepción del eco a través del medio acuático..

3.1.1.4 POSICIONAMIENTO DE GPS

Sistema de navegación por satélite, que proporciona una posición geográfica referencial temporal muy precisa, mediante la utilización de satélites. Sistema que va a desplazar a todos los sistemas de navegación existentes hasta el momento.

3.1.2 POSICIONAMIENTO DE SONDAJES

Determinada la ubicación de la embarcación, se toma el dato de profundidad; obteniéndose un punto que servirá para la configuración del relieve marino.

3.1.2.1 METODO: CON SEXTANTE

Conocidos A, B y C se mide α y β simultáneamente.

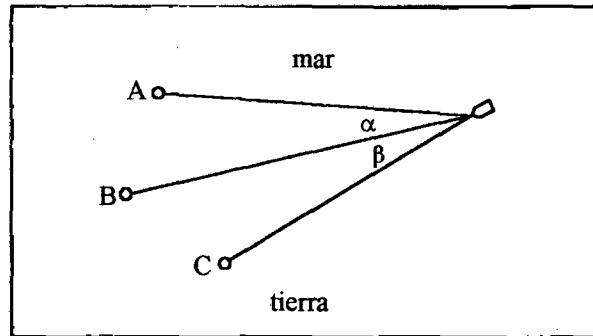


Fig. 3.1 METODO: CON SEXTANTE

3.1.2.2 METODO: CON DOS TEODOLITOS

Conocidos A y B y la distancia AB. Se mide α y β simultáneamente.

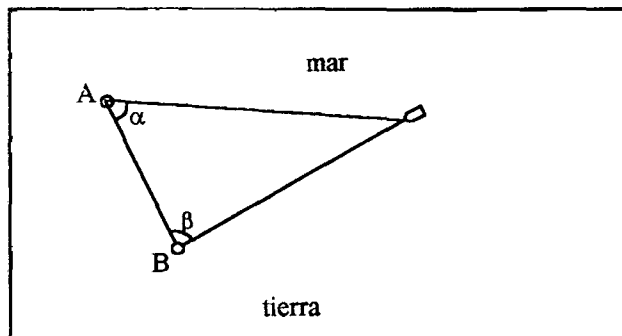


Fig. 3.2 METODO: CON DOS TEODOLITOS

3.1.2.3 METODO: CON UN TEODOLITO

Conocidos A, B y C y la distancia AB. Se mide α desplazándose el bote en la dirección AC.

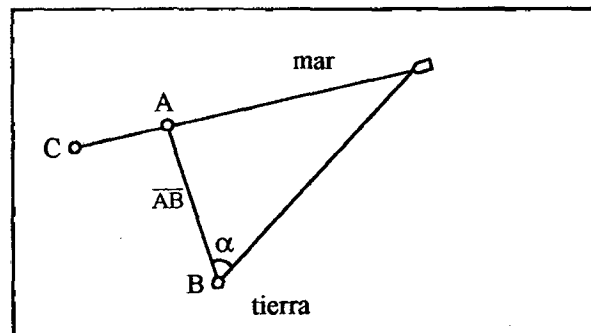


Fig. 3.3 METODO: CON UN TEODOLITO

3.1.3 NIVEL DE REDUCCIÓN DE SONDAJES

De acuerdo al equipo de medición empleado, se establecen dos tipos de reducción de sondeos.

3.1.3.1 POR MAREA

Reducción de sondeos que se efectúa por la variación de la marea durante la ejecución de las mediciones.

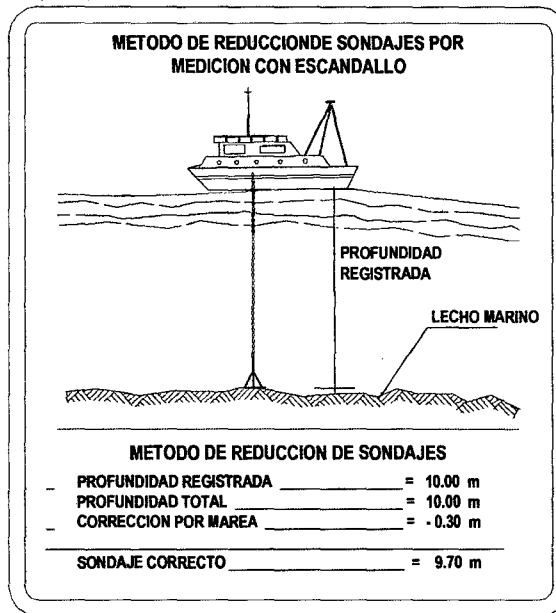


Fig. 3.4 **REDUCCION DE SONDAJES POR MAREA**

3.1.3.2 POR INMERSION POR TRANSDUCER

Reducción de sondeos que se efectúa por la inmersión del transductor al momento de la medición.

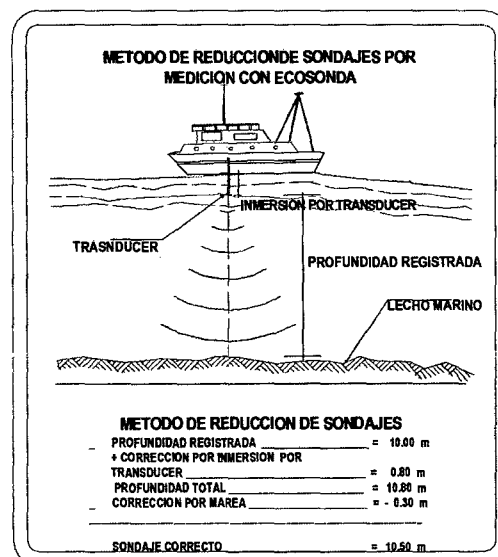


Fig. 3.5 **REDUCCION DE SONDAJES POR INMERSION POR TRANSDUCER**

3.2 CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS

3.2.1 VIENTOS

El viento es el movimiento de las masas de aire y se produce en las capas bajas de la atmósfera, en la zona denominada troposfera; sin embargo, una definición aceptada técnicamente, apoyada en la meteorología, es: corriente horizontal (o casi) de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre; una variación a esta definición está representada por los vientos orográficos que circulan en forma ascendente.

La dirección de los vientos es modificada por diferentes fuerzas, entre ellas la debida a la rotación de la Tierra (llamada fuerza de Coriolis), la cual los desvía hacia la derecha en el hemisferio Norte, y hacia la izquierda, en el hemisferio Sur. No obstante, entre el suelo y los 600m o más de altura, el rozamiento del aire con la superficie terrestre relieve del terreno- a veces frena e incluso impide tal desviación.



Fig. 3.6

CIRCULACION ATMOSFERICA

3.2.1.1 CLASIFICACION DE LOS VIENTOS

Se distinguen dos grupos en función de su altura: los llamados *de superficie* que se desarrollan entre el suelo y los 1,000m de altitud, y los *de altura*, que circulan por encima de esta cota. Los vientos pueden ser también de carácter *permanente* y *periódico* (estos últimos sólo soplan en determinadas épocas del año o en unas horas muy concretas a lo largo del día). Entre los primeros se encuentran los *vientos del Oeste*, y los *ecuatoriales del Este*, todos de altura, así como los *alisios* y los *polares del Este* en superficie. En los vientos de carácter periódico, hay estacionales como son los *monzones*, y de periodicidad diurna tales como las *brisas marinas* y *terrestres* y los *vientos de montaña* y *valle*. Los dos últimos tienen su origen en la diferencia de temperaturas existentes entre las zonas altas y bajas, y los tres primeros, en la que se da entre las masa de tierra y de agua. Todos ellos son vientos de superficie.

Existe por último un grupo de vientos denominados *locales*, cuyo radio de acción es limitado y que pueden ser periódicos o esporádicos. Parecidos a las variaciones estacionales de temperatura y presión entre la tierra y el agua, hay cambios diarios que ejercen efectos similares pero más localizados. En verano sobre todo, la tierra está más caliente que el mar durante el día y más fría durante la noche: esto induce un sistema de brisas dirigidas hacia tierra de día y hacia el mar de noche. Estas brisas penetran hasta unos 50km tierra y mar adentro.

3.2.1.2 ESCALA DE BEAUFORT

El roce con el suelo influye también en la velocidad del viento, la cual disminuirá a medida que aumente aquél. Esta velocidad tradicionalmente se determina mediante la escala de Beaufort, que viene expresada en metros por segundo, millas por hora o nudos.

Los nombres y efectos observables de los diferentes tipos de vientos clasificados por Beaufort se indican en la Tabla 3.1.

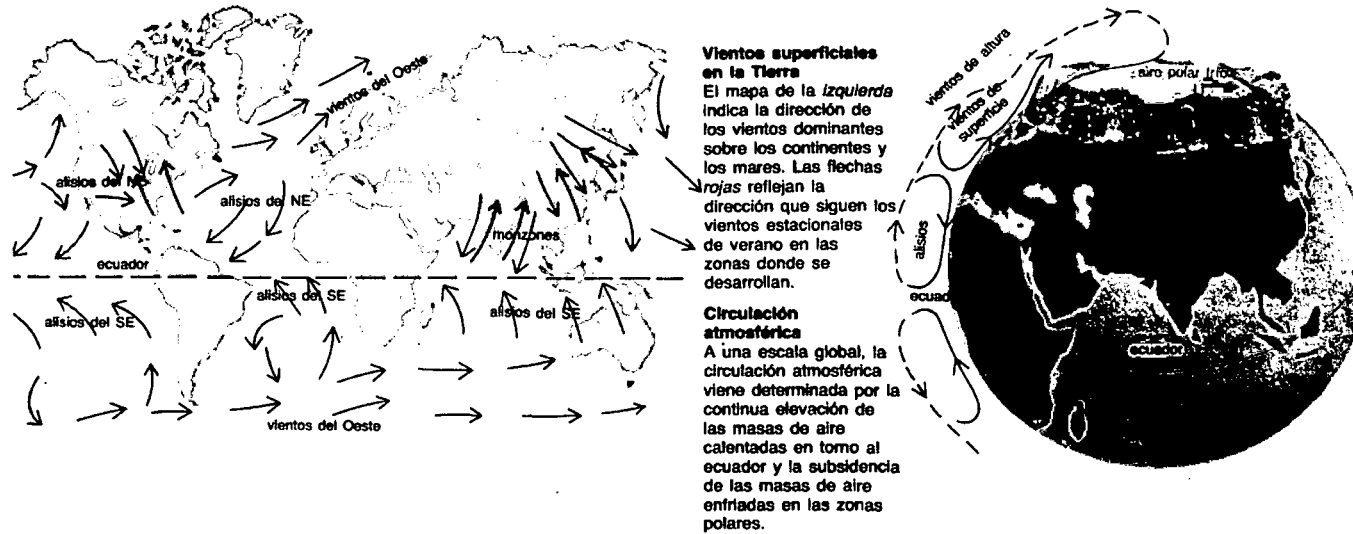


Fig. 3.7 VIENTOS SUPERFICIALES

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Velocidad:	0-0,2 m/s	0,3-1,5	1,6-3,3	3,4-5,4	5,5-7,9	8,0-10,7	10,8-13,8	13,9-17,1	17,2-20,7	20,8-24,4	24,5-28,4	28,5-32,6	más de 32,6
Nombre:	calma	ventolina	flojito	flójo	bonancible	fresquito	fresco	frescachón	duro	muy duro	temporal	borrasca	huracán
Efectos visibles:	el humo sube verticalmente	el humo se inclina	la bandera ondula	la bandera se extiende	se mueven las ramas pequeñas	los árboles pequeños se cimbrean	se mueven las ramas grandes	los árboles grandes se cimbrean	se hace difícil andar contra el viento	daños menores en edificios	los árboles son arrancados de cuajo	daños serios y generalizados en edificios	destrucción total
Efectos visuales:													

Tabla 3.1 ESCALA DE BEAUFORT

3.2.1.3 DIAGRAMAS DE VIENTOS

Son representaciones vectoriales de las características que definen a un viento, los cuales se grafican comúnmente en rosas de viento de 16 direcciones; y pueden ser de régimen mensual, trimestral, anual o de un período mayor de observación, para un determinado sitio.

3.2.1.4 EQUIPOS DE MEDICION

Entre los aparatos usados en la actualidad para determinar las características de los vientos tenemos los anemómetros, que indican velocidad y dirección del viento en forma simultánea; y los anemógrafos, que cuentan adicionalmente con un mecanismo que grafica sus lecturas en un papel graduado.

3.2.2 MAREAS

Las mareas son movimientos de ascenso y descenso periódicos y regulares de las aguas de mar ocasionados por la atracción gravitatoria que la Luna y el Sol ejercen sobre las mismas. Esta fuerza es mayor en la zona de la Tierra que se halla más cerca del astro lunar; no obstante, en virtud de la fuerza centrífuga, el extremo opuesto de nuestro planeta presenta también fuertes movimientos de mareas.

3.2.2.1 LA GRAVEDAD Y LAS MAREAS

La rotación de la Tierra entre los campos gravitatorios de la Luna y del Sol impone cambios periódicos en el potencial de cualquier punto del planeta. Las mareas son el efecto más visible; además de las mareas marinas, se producen mareas en la Tierra en forma de pequeñas deformaciones de la corteza.

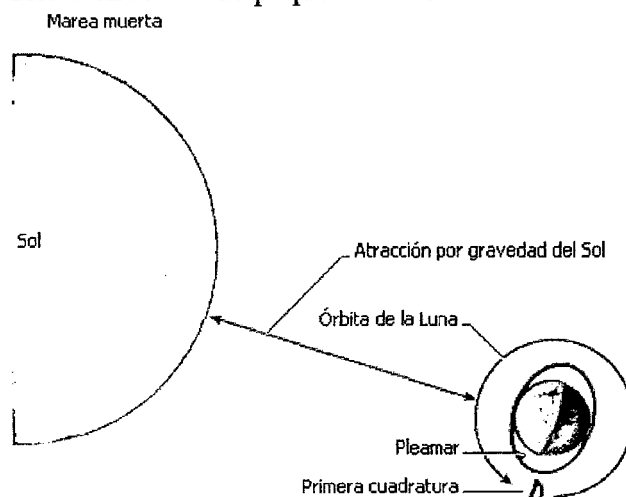
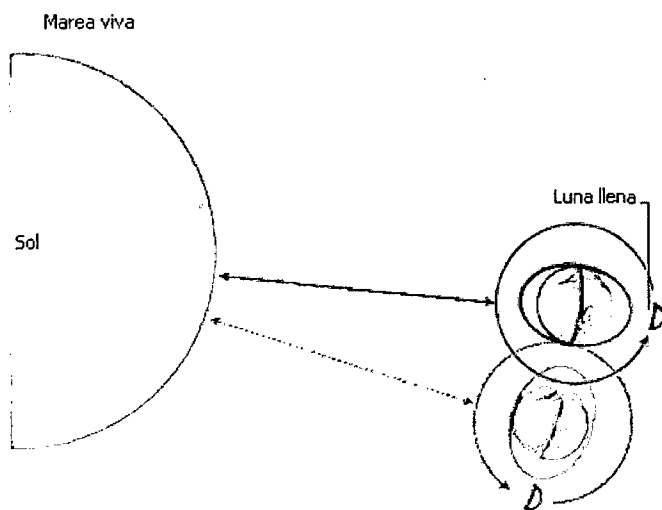


Fig. 3.8

PRIMERA CUADRATURA

Primera cuadratura: marea muerta

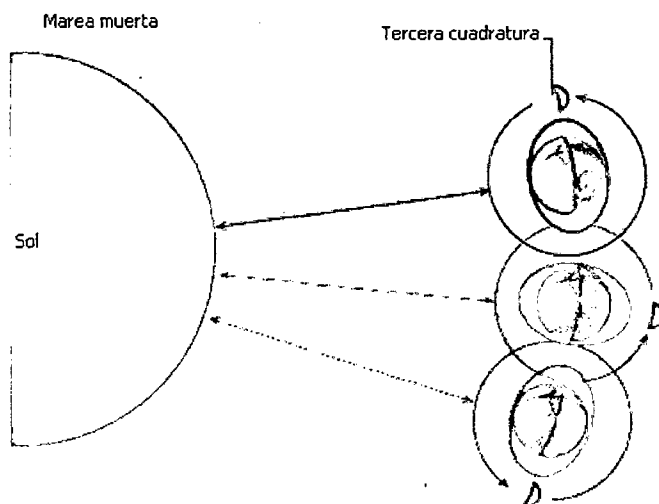
El origen de las mareas es el resultado de la atracción por gravedad del Sol y de la Luna en el ascenso y descenso en el nivel del agua en los océanos y mares. Como la Luna está más cerca de la Tierra que el Sol, ejerce una fuerza de gravedad mayor. Cuando la Luna se encuentra sobre un punto concreto de la superficie de la Tierra, ejerce una gran fuerza de atracción sobre el agua que se encuentra en dicho punto, y el agua se eleva consecuentemente sobre su nivel normal.



Luna llena: marea viva

Cuando la Luna está llena, el Sol, la Tierra y la Luna se hallan en la misma línea recta, y las mareas solares y lunares coinciden. Esta alineación produce las denominadas mareas de primavera, en las que las mareas alcanzan sus máximos y sus mínimos.

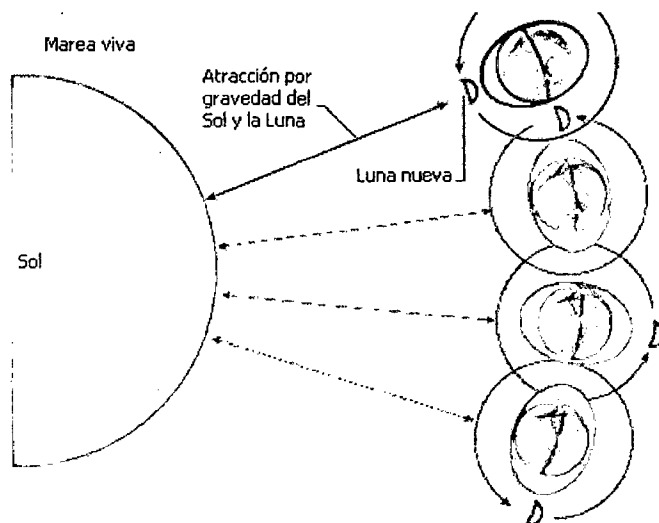
Fig. 3.9 SEGUNDA CUADRATURA



Tercera cuadratura: marea muerta

Cuando la Luna está en la tercera cuadratura, se coloca otra vez formando ángulo recto con el Sol.

Fig. 3.10 TERCERA CUADRATURA



Luna nueva: marea viva

De modo similar, la alineación del Sol, la Luna y la Tierra durante la luna nueva, produce las mareas vivas.

Fig. 3.11 CUARTA CUADRATURA

3.2.2.2 CLASIFICACION DE LAS MAREAS

El movimiento de ascenso y descenso de las mareas se presenta en fases. La fase en la cual las aguas ascienden constituye el llamado *flujo* o *marea entrante*, y aquella en que se produce el descenso se denomina *reflujo* o *marea saliente*. Cuando se alcanza la altura máxima se habla de *pleamar* o *marea alta*, mientras que cuando el nivel de las aguas se encuentra en el límite más bajo se dice que hay *bajamar* o *marea baja*. La diferencia de alturas entre la pleamar y bajamar se conoce como *amplitud* o *altura de marea*. Cuando ello ocurre dos veces al día se denomina *marea semidiurna* y cuando es solo una vez al día *marea diurna*; también puede ocurrir una combinación de estos, que se caracteriza por tener dos pleamares o dos bajamares con amplitudes notablemente diferentes y se denomina *marea mixta*.

La *desigualdad diaria*, para mareas semidiurnas y mixtas, es la diferencia de altura entre los niveles de dos pleamares o bajamares sucesivas.

Las mareas dependiendo de la rotación de la Tierra, de la forma de la costa y del tipo de la misma, de la fricción del agua de mar, etc. pueden ser:

A.- Mareas vivas

Se le denomina marea de sicigias. Es la máxima amplitud que alcanza la onda en la época de la Luna nueva y la Luna llena.

B.- Mareas muertas

Es la mínima amplitud que alcanza la onda en épocas de primer cuarto -o cuarto creciente- y cuarto menguante

C.- Marea equinoccial

Es la máxima amplitud alcanzada por la onda durante todo el año, como producto de la atracción de los astros (mareas astronómicas). En el caso de época de Luna llena de equinoccio se producirá la *máxima marea viva* del año, siendo por consecuencia, la *mínima marea muerta* cuando se presenten la época de cuarto creciente o menguante en coincidencia con el solsticio.

3.2.2.3 EQUIPOS DE MEDICION

Las estaciones que sirven para obtener los registros de los niveles generados por las mareas, cualquiera sea su género se les puede clasificar en primarias; que cuentan con aparatos e instalaciones por un espacio de tiempo relativamente grande

(mareógrafos o limnógrafos), y secundarias se instalan para cubrir necesidades específicas de algún proyecto de pequeña magnitud, siendo operadas por un corto periodo de tiempo (mareómetros, regla o escala graduada, sobre la que visualmente se leen los desplazamientos del nivel del agua).

3.2.2.4 ANALISIS DE MAREAS

La Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú publica anualmente tablas de predicción de mareas. En estas tablas se indican las alturas horarias de los pleamares y bajamares correspondientes al Puerto del Callao, referidas al nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias, y la hora a; meridiano 75°00'00"Oeste.

3.2.3 CORRIENTES

Las corrientes son desplazamiento de arrastre o traslación de una masa de agua, determinada por dos características: dirección y velocidad. Siendo la dirección; el rumbo hacia el cual se dirigen.

Los factores que comúnmente influyen en la dirección y velocidad de las corrientes locales son los vientos, las mareas y la configuración del fondo marino.

En el Perú se presentan dos tipos de corrientes la *Corriente de Humboldt*, corriente oceánica fría que fluye en dirección norte a lo largo de la costa occidental de Sudamérica; también se la conoce como corriente Peruana o del Perú. Se forma frente a las costas de Chile, Perú y Ecuador debido a que los vientos reinantes que soplan paralelos a la costa arrastran el agua caliente de la superficie. Por este motivo, la temperatura de estas aguas es entre 5 y 10 °C más fría de lo que debería ser, incluso en las proximidades del Ecuador. Hay ocasiones en las que esta corriente no llega a emerger y los vientos del norte llevan aguas calientes hacia el sur. Cuando esto sucede, una corriente cálida, que se conoce con el nombre de *corriente de El Niño*, reemplaza a la habitual corriente de Humboldt; El Niño constituye una extensión de la corriente ecuatorial y provoca un ascenso de la temperatura de las aguas superficiales de unos 10 °C.

3.2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CORRIENTES

Las corrientes para su estudio pueden dividirse en 3 tipos: corrientes oceánicas, corrientes por marea y corrientes en la costa producidas por el oleaje.

A.- Corrientes oceánicas

Las mayores corrientes superficiales oceánicas en el mundo están causadas por la acción permanente de los vientos de superficie. Las corrientes pueden ser frías, como la corriente de deriva del viento del oeste, o cálidas, como la corriente del Golfo. Las corrientes circulan en trayectorias llamadas giros, moviéndose como las agujas de un reloj en el hemisferio norte y al contrario en el sur. Las corrientes oceánicas tienen un efecto decisivo sobre los climas y afectan a las costas sólo de forma indirecta, en el sentido de que modifican la temperatura y la salinidad de las aguas costeras, influyendo así en los procesos biológicos y químicos de erosión y sedimentación.

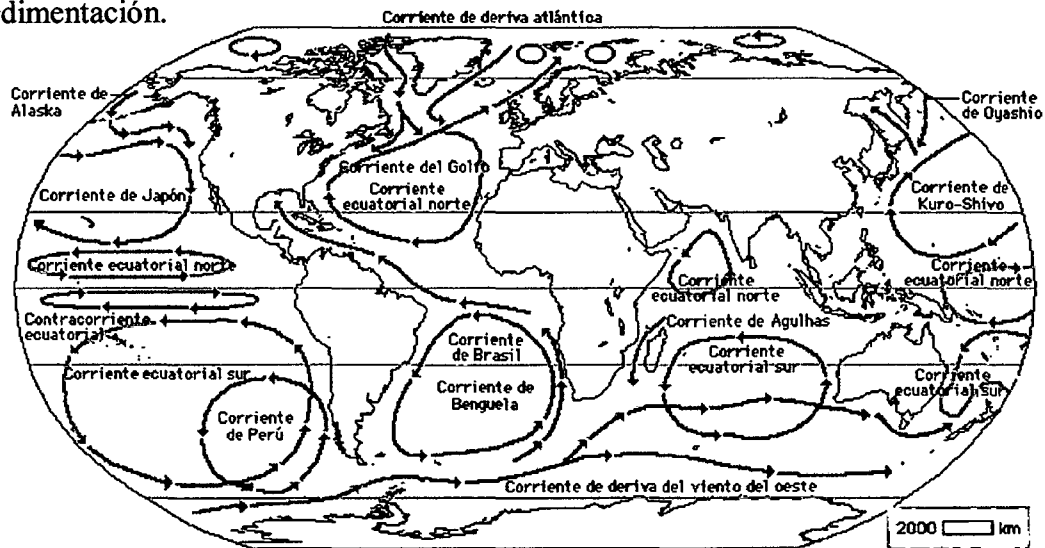


Fig. 3.12 CORRIENTES OCEÁNICAS

B.- Corrientes por marea

Las corrientes por marea son desplazamientos de agua resultante de la subida y el descenso del agua. Presentan inversión de su dirección, corren paralelamente a la costa y alcanzan su fuerza máxima a cierta distancia mar adentro. Cuando la marea alta está avanzando, una corriente de marea, conocida como marea creciente o "flujo", fluye hacia la costa durante unas seis horas; durante la marea alta, la corriente se invierte y fluye alejándose de la costa: es la llamada corriente de refluo que arrastra gran cantidad de material mar adentro.

C.- Corrientes inducidas por olas

Originadas por la ruptura continua de las olas, dan origen al transporte litoral masivo de grandes volúmenes de agua, de gran importancia en la deriva litoral o transporte gradual de sedimentos a lo largo de la costa.

3.2.3.2 MEDICIÓN DE CORRIENTES

Se emplean diferentes dispositivos y aparatos, siendo una de los mas sencillos y más utilizados el método de langragiano que consiste en un flotador de deriva, para conocer la velocidad, dirección o tendencia de las corrientes a la profundidad deseada. Entre los aparatos de medición se tienen los corrientómetros mecánico o electrónico, que consisten en dispositivos en base a una propela (hélice) calibrada y un contador de revoluciones, que registran la velocidad de las corrientes; y los electrónicos, que operan en el fondo del mar, recuperándose periódicamente la información de velocidad y dirección de las corrientes registradas en un cassette.

3.2.4 OLAS

Las olas son ondas oscilatorias que se trasladan en la superficie marina, y son causadas por terremotos, explosiones, mareas o vientos. Es este último el que produce las olas que los ingenieros debemos estar interesados y la cual tendrá más influencia sobre el diseño y evaluación de obras portuarias, muelles, instalaciones de plataformas, tuberías, etc., siendo indispensable contar con información sobre las olas del mar, por lo cual es necesario conocer su naturaleza y frecuencia de ocurrencia de las olas, definidas por su periodo, altura y dirección.

Las olas son la fuerza erosiva más importante de las costas. Las olas ejercen una intensa acción destructiva en playas y acantilados, y ello incluso con el mar en calma. Durante las tempestades arrastran grandes cantidades de arena y provocan el desprendimiento de grandes bloques de roca. El material arrastrado es depositado en otros lugares, por lo que el mar tiene también una acción constructiva, al formar las playas. La fuerza de las olas es inmensa. El agua rompiente golpea con gran fuerza las puntas de tierra y los acantilados; a intervalos regulares desgasta lentamente la base de las rocas y emplea poderosamente la acción abrasiva de la arena, guijarros y piedras acarreadas por el agua. La acción del oleaje depende también de cómo incide en la costa.

Otro aspecto importante en las mediciones de olas en la Costa es la modificación de su dirección, altura y velocidad que sufre el oleaje al acercarse a las playas, por efecto de la disminución de la profundidad del fondo marino y por la presencia de obstáculos (islas, rompeolas, etc) que produce la refracción en la dirección del frente de olas.

3.3 BRAVEZAS

Las bravezas son trenes de olas levantadas en regiones lejanas por efectos de vientos intensos y persistentes de tormentas -originados debido a una diferencia de presión atmosférica- que recorren muchas millas por el Océano hasta que se elevan delante de la Costa descargando su energía con una intensidad mayor que el promedio.

Las olas de bravezas tienen un periodo diferente al de las olas normales, las primeras se presentan con periodos entre 18 y 20 segundos; mientras que las otras alcanzan nuestras playas de esta zona con periodos que oscilan entre 10 y 14 segundos.

La duración promedio de una braveza fluctúa entre 2 y 5 días, esto ocurre en cualquier mes del año y con mayor frecuencia en el invierno; en el presente proyecto se considera que el gráfico de bravezas en el puerto patrón del Callao es aplicable en la zona de Estudio.

3.4 FENOMENO DEL NIÑO

El nombre de “El Niño” se refiere a la aparición periódica de agua cálida en la zona oriental y central del océano Pacífico, a lo largo del ecuador. La llegada de agua inusualmente cálida a esta zona puede provocar cambios imprevistos -y a menudo indeseables- en los sistemas meteorológicos de todo el mundo, especialmente en las regiones tropicales. En promedio, El Niño aparece cada cuatro años y medio, pero puede repetirse en sólo dos años o tardar incluso 10 años en volver a ocurrir. Como resultado de ello, zonas normalmente húmedas como Indonesia, Filipinas y el este de Australia sufren sequía. Por el contrario, zonas normalmente secas como la costa occidental del centro de Sudamérica o las islas Galápagos reciben precipitaciones excesivas.

Los fenómenos de El Niño presentan diferentes intensidades: débil, moderada, fuerte y extraordinaria, siendo estos últimos muy infrecuentes. Un fenómeno débil es aquel en el que la temperatura superficial del mar es de uno o dos grados por encima de la media y cubre la parte oriental del Pacífico ecuatorial. Un fenómeno fuerte se caracteriza por un aumento en la temperatura superficial de tres o cuatro grados y cubre una gran parte del Pacífico ecuatorial. Un fenómeno extraordinario tiene lugar cuando la temperatura superficial del Pacífico ecuatorial aumenta unos cinco grados o más. Una vez que comienza un fenómeno de El Niño suelen pasar entre 12 y 18 meses hasta que las temperaturas superficiales del mar vuelven a sus valores normales.

Los científicos también han averiguado que El Niño es la fase cálida de un ciclo que también incluye una fase fría, llamada “La Niña”, que aparece cuando el agua superficial del Pacífico oriental está anormalmente fría.

Los cambios en el nivel del mar se siguen desde el espacio empleando un satélite llamado Topex-Poseidon, lanzado en 1992 por Estados Unidos y Francia. El satélite envía señales de radar que rebotan en la superficie del océano, lo que permite

medir con precisión los cambios en el nivel del mar en toda la cuenca. Típicamente, el agua está más caliente allí donde alcanza un nivel más alto, lo que permite localizar el depósito cálido. El satélite Topex-Poseidon también controla otros cambios atmosféricos relacionados con El Niño, tales como la temperatura superficial del agua, el ritmo de evaporación, la circulación atmosférica, la cubierta de nubes, los vientos en la superficie del agua o la circulación oceánica.

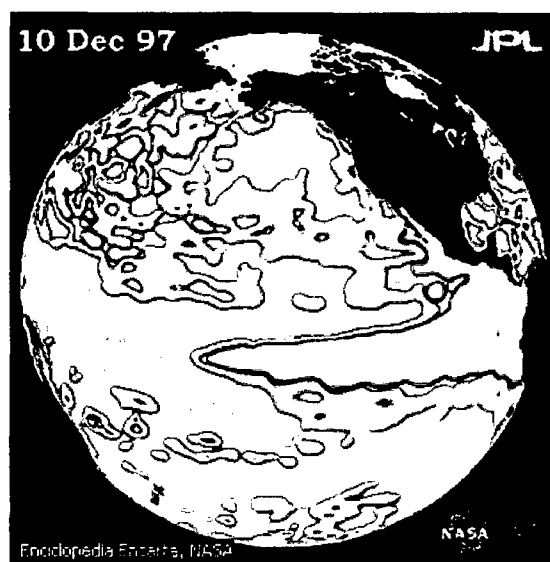


Fig. 3.13 EL NIÑO VISTO DESDE UN SATÉLITE

Esta imagen del océano Pacífico fue tomada por el satélite franco-estadounidense TOPEX/Poseidon el 10 de diciembre de 1997 utilizando mediciones de altura de la superficie marina. En ella se muestra la altura de la superficie del mar, indicador del calor que alberga el océano, de acuerdo a las condiciones normales del mismo a fecha 10 de diciembre. El volumen y el área de la zona marina cálida relacionada con El Niño se había incrementado de nuevo tras haberse reducido temporalmente en torno al día 1. Los oceanógrafos creen que los recientes aumentos y descensos en el tamaño de la corriente en la zona del ecuador son parte del ritmo natural de El Niño y que la masa cálida es empujada de forma ocasional por vientos que soplan desde el centro y el oeste del océano Pacífico. Cada racha de viento ha provocado un incremento en la superficie y el volumen de la masa cálida. En esta imagen, las áreas blancas y rojas indican patrones inusuales de almacenamiento de calor; *en las zonas blancas, la superficie marina se encuentra entre 14 y 32cm por encima de lo normal, en tanto que en las zonas rojas sobrepasa en 10cm su nivel habitual.* Las áreas verdes indican condiciones normales, mientras que las púrpuras (el Pacífico occidental) indican al menos 18cm por debajo del nivel normal del mar.

3.5 GEODESIA Y TOPOGRAFIA

Con el fin de localizar un elemento en un mapa o describir la extensión de un área, es necesario referirse a las coordenadas geográficas del mismo. Estas coordenadas geográficas se basan en los meridianos de longitud y en los paralelos de latitud. Por acuerdo internacional, la longitud se mide hasta 180° E y hasta 180° O a partir de los 0° , en el meridiano de referencia que pasa por Greenwich, Inglaterra. La latitud se mide hasta 90° N y hasta 90° S a partir de 0° sobre el ecuador. La localización de un punto en el mapa puede definirse con precisión por los grados, minutos y segundos de latitud y longitud. Los mapas están orientados de tal manera que, generalmente, el norte verdadero ocupa la parte superior de la lámina, donde a menudo se representa una rosa de los vientos u otro elemento que señala el polo magnético.

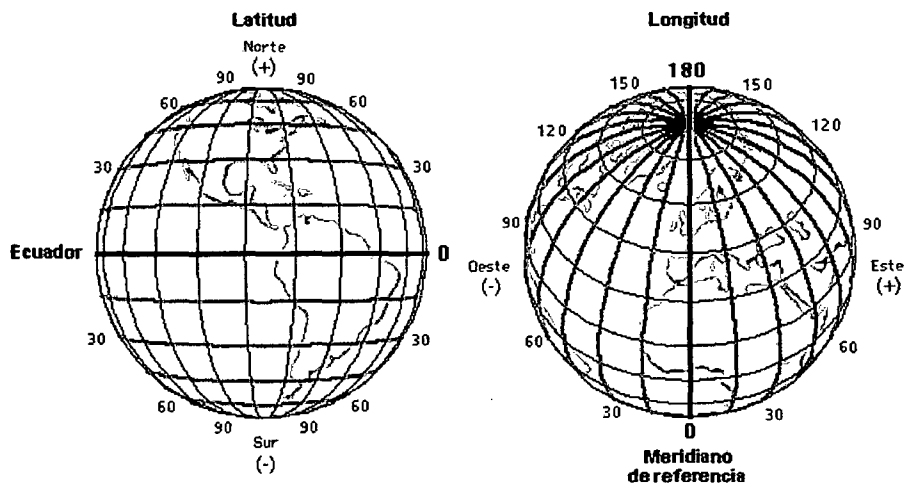
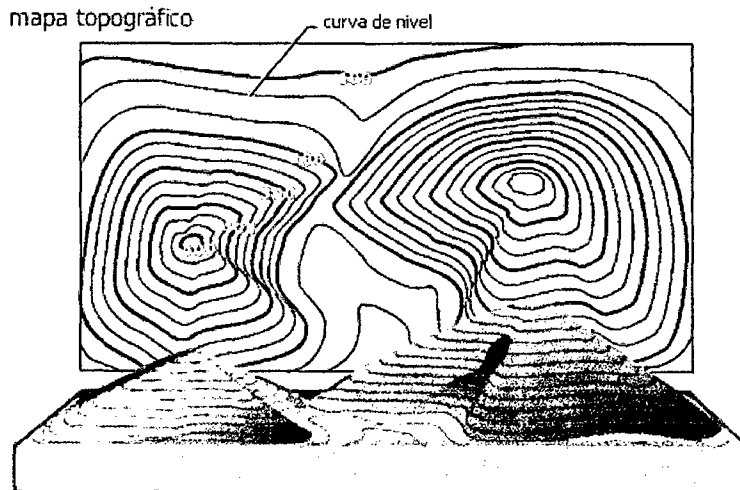


Fig. 3.14 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

3.5.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Los levantamientos topográficos son tridimensionales y utilizan técnicas de levantamiento geodésico plano y otras especiales para establecer un control tanto vertical como horizontal. La configuración del terreno y de los elementos artificiales o naturales que hay en él se localizan a través de medidas que se representan en una

hoja plana para configurar un mapa topográfico. Las curvas de nivel, que unen puntos de igual altitud, se utilizan para representar las altitudes en cualquiera de los diferentes intervalos medidos en metros.



mapa topográfico

El mapa topográfico es una representación de la superficie terrestre mediante curvas de nivel que tiene como finalidad mostrar las variaciones del relieve de la Tierra. Además de las curvas de nivel, suelen incluirse otras variables geográficas como la vegetación, los suelos, la red hidrográfica, las localidades..., todas ellas con su correspondiente color y símbolo.

Fig. 3.15 **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

3.5.2 LEVANTAMIENTO GEODÉSICO

Para áreas extensas, las mediciones topográficas tienen en cuenta la forma básica de la Tierra, el geoide (casi esférica), por lo que se las denomina levantamientos geodésicos. Se basan en un meridiano norte-sur verdadero definido por el eje de rotación de la Tierra y se apoyan en la geometría esférica. Un ejemplo típico de esta clase de alzado es el trazado de un camino o carretera de muchos kilómetros de recorrido, con lo cual necesita un ajuste geodésico para evitar la acumulación de errores provocados por la convergencia de los meridianos.

3.5.3 LEVANTAMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA

Las mediciones de ingeniería establecen puntos de control mediante poligonales, líneas de base u otros métodos con el fin de obtener la información necesaria para los diseños de obras de ingeniería (levantamientos) y para posicionar los elementos constructivos, basándose en los planos del proyecto que utilizan esos puntos de control (replanteos). Los levantamientos topográficos y los mapas a los que dan lugar proporcionan información sobre la localización horizontal y sobre las altitudes, necesarios para diseñar estructuras como edificios, embalses, canales, carreteras, puentes, tendidos eléctricos o colectores. Para levantar los planos de estas obras se parte de los mismos puntos de control utilizados en los levantamientos topográficos originales.

Los levantamientos geodésicos de construcciones implican la orientación y supervisión de mediciones de ingeniería que se coordinan en el levantamiento de planos y en la construcción de cualquier estructura.

3.5.4 LEVANTAMIENTO GEODÉSICO MARÍTIMO

Los levantamientos y confección de mapas marítimos, de los ríos, puertos o lagos, con el fin de establecer las profundidades para facilitar una navegación más segura, se realizan mediante sondeos manuales en observaciones llevadas a cabo desde los puntos de control de la costa. Los sondeos con sonar, efectuados de forma simultánea a la localización por radar del buque oceanográfico de sondeo, permiten también el trazado rápido y exacto de los mapas

3.5.5 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Los satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) describen órbitas a gran altura sobre la Tierra en ubicaciones precisas. Permiten que el usuario de un receptor de GPS determine de forma exacta su latitud, longitud y altitud. El receptor mide el tiempo que tardan en llegar las señales enviadas desde los diferentes satélites (*A*, *B* y *C*). A partir de esos datos, el receptor triangula la posición exacta. En todo momento, cada punto de la Tierra recibe cobertura de varios satélites. Se necesitan tres satélites para determinar la latitud y la longitud, mientras que un cuarto satélite (*D*) es necesario para determinar la altitud.

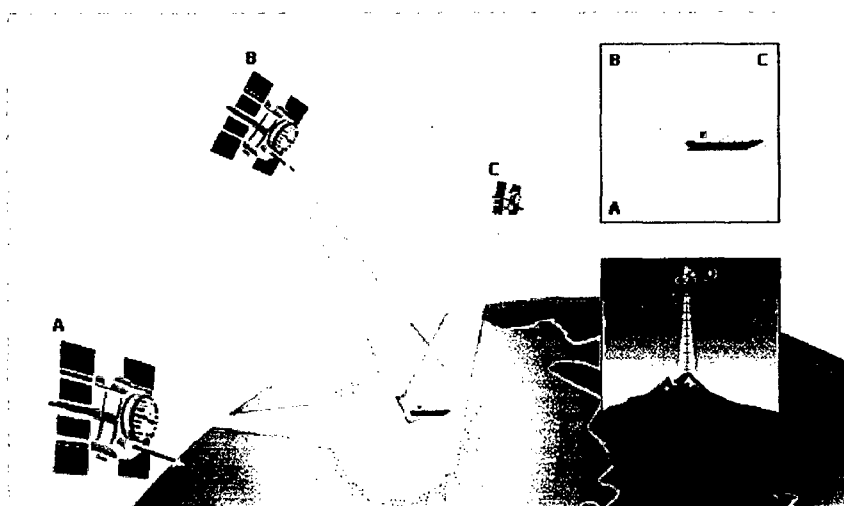


Fig. 3.16

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

3.6 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Los procesos costeros principalmente son resultado de la interacción entre el sedimento y el oleaje, influyendo además las corrientes, mareas, vientos y batimetría. Cuando una ola rompe, tiende a empujar material hacia la línea de playa; y al retirarse lo arrastra de nuevo consigo. De ahí que el equilibrio entre estas dos fuerzas sea importante para coadyuvar a la formación o destrucción de depósitos (proceso erosivo).

Desde el punto de vista ingenieril, el estudio de transporte de sedimentos es importante porque sirve para predecir el acarreo litoral, diseño de protecciones costeras y puertos; en el dragado, en problemas de succión, transporte y precipitación del material obtenido. La cantidad de transporte de sedimentos, expresada como masa, peso o volumen por unidad de tiempo, puede ser determinada por medio de mediciones en campo o por métodos analíticos; Cabe señalar que este fenómeno playero se logra estimar empíricamente, ya que aún no se conocen con precisión la interacción que existe entre todos los parámetros que intervienen entre ellos.

3.6.1 CORRIENTES LITORALES

Para conocer la velocidad litoral media, V_l , entre la rompiente y línea de costa se recomienda la ecuación propuesta por Komar e Inman

$$V_l = 1.35g^{1/2} \frac{H_r}{(d_r)^{1/2}} \sin\alpha_r \cdot \cos\alpha_r$$

donde

- H_r altura de la ola rompiente, en m.
- α_r ángulo de incidencia entre el frente de onda y la línea de rompiente.
- d_r profundidad en la rompiente, en m.
- V_l velocidad media de la corriente litoral, en m/s,

Para la velocidad media de la corriente litoral en la zona de rompiente, V_r , se recomienda la expresión propuesta por Longuet-Higgins.

$$V_r = 9(S)(gH_r)^{1/2}(\text{sen}2\alpha_r)$$

Donde s es la pendiente de la playa.

La Velocidad máxima de la corriente litoral que se alcanza entre la rompiente y la línea de costa, V_1 según Longuet-Higgings.

$$V_1 = 20.3(S)(gH_r)^{1/2}(\text{sen}2\alpha_r)$$

3.6.2 CUANTIFICACION DEL TRANSPORTE PLAYERO

Bajo La influencia del oleaje y de la corriente por él producida; el material suelto que forma la playa puede ser Transportado del mar a tierra, debido a las velocidades orbitales de las partículas producidas por el oleaje; de tierra a mar, se debe a las corrientes de retorno; o a lo largo de la línea de playa, originada por la corriente litoral la acción directa del oleaje que facilita el transporte al poner las partículas en suspensión.

Las partículas son transportadas de dos formas: sobre el fondo, o en suspensión dentro de la masa del líquido.

El transporte a lo largo de la playa se realiza en cuatro zonas:

1. Antes de la rompiente
2. En la rompiente
3. Entre la rompiente y la línea de playa
4. Sobre la playa

3.6.2.1 INICIO DE MOVIMIENTO

Antes de la rompiente interesa conocer la profundidad a la que se inicia el movimiento de las partículas aunque el transporte neto sea cero. Ishihara y Sawaragi (1962) propusieron

$$\frac{H_o}{L_o} = 0.171 \cdot \left(\frac{D_{50}}{L_o}\right)^{1/4} \left(\sinh\left(\frac{2\pi d_i}{L_o}\right)\right) \cdot \left(\frac{H_o}{H_i}\right)$$

Lo cual conduce a

$$D_{50} = \frac{1170 \cdot (H_i)^4}{(L_o)^3 \sinh^4\left(\frac{2\pi d_i}{L_o}\right)}$$

donde

- d_i profundidad a la cual se inicia el movimiento de partículas bajo la acción del movimiento oscilatorio del oleaje, en m
 L_i longitud de onda correspondiente a la profundidad d_i , en m
 L_o longitud de la onda en aguas profundas; $L_o=1.56T^2$, en m
 H_i altura de la onda a la profundidad d_i , en m
 H_o altura de la onda en aguas profundas, en m
 D_{50} diámetro de las partículas, donde el 50% es menor o igual que él, en m

En 1963 Sato, Ijima y Tanaka propusieron una expresión similar indicando que es válida para la condición en que prácticamente hay movimiento de todas las partículas de la capa superior del fondo.

$$\frac{H_o}{L_o} = 0.565 \cdot \left(\frac{D_{50}}{L_o} \right)^{1/3} \left(\sinh \left(\frac{2\pi d_i}{L_i} \right) \right) \cdot \left(\frac{H_o}{H_i} \right)$$

Y por tanto

$$D_{50} = \frac{5.54 \cdot (H_i)^3}{(L_o)^2 \sinh^3 \left(\frac{2\pi d_i}{L_i} \right)}$$

3.6.2.2 TRANSPORTE LITORAL

Denominado así al transporte de sedimentos a lo largo del litoral.

A.- Shore Protection Manual (1977)

$$Q_s = 0.0188 E_{x_{\text{día}}}$$

$$E_{x_{\text{día}}} = 86400 E_x$$

$$E_x = \frac{\gamma (H_r)^2 C_g}{16} (\sin 2\alpha_r)$$

donde

- Q_s transporte litoral, en $m^3/\text{día}$
 E_x componente, a lo largo de la costa, de la potencia de la ola (flujo de energía de la ola), en $\text{ton}\cdot\text{m}/\text{s}\cdot\text{m}$
 H_r altura de la ola significativa en rompiente, en m
 α_r ángulo de incidencia entre el oleaje referido y la línea de rompiente.
 C_g celeridad de grupo
 γ peso específico del agua de mar, en ton/m^3

Si se trabaja con las características del oleaje en aguas profundas se cumple

$$E_x = \frac{\gamma g}{64\pi} T(H_o K_r)^2 \text{sen} 2\alpha_r$$

donde

H_o altura de la onda en aguas profundas, en m
 T periodo de la ola, en s
 K_r coeficiente de refracción e igual a

$$K_r = \left(\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha_r} \right)^{1/2}$$

Donde α_o es el ángulo entre los frentes de onda en aguas profundas y una línea paralela a la playa.

B.- Método de Iwagaki y Sawaragi

$$\frac{Q_s}{\Psi} = 31.7 \left(\frac{E_x}{\phi} \right)^{3/2} S$$

donde

$$\Psi = g^{1/2} \left(\frac{H_o}{K_s L_o} \right)^{1/6} \left(\frac{H_o}{K_s} \right)^{3/2} S^{1/3} D_m (\text{sen} 2\alpha_r)^{1/3} \cos \alpha_r$$

$$\phi = (\gamma_s - \gamma) g^{1/2} D_m \left(\frac{H_o}{K_s} \right)^{1/2} L_r \left(\frac{H_o}{K_s L_o} \right)^{1/6} (\text{sen} 2\alpha_r)^{1/3}$$

$$E_x = \frac{\gamma L_r H_r^2}{16T} \text{sen} 2\alpha_r$$

$$K_s = \left(\frac{C_{go}}{C_{br}} \right)^{1/2}$$

$$L_r = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d_r}{L_r} \right)$$

D_m diámetro medio del sedimento, en m
 C_{br} celeridad de grupo a la profundidad d_r , en m/s
 C_{go} celeridad de grupo en aguas profundas, en m/s
 Q_s transporte litoral, en m^3/s

4.1 EL OLEAJE

El fenómeno del oleaje sin duda alguna se puede considerar como el más importante dentro de la dinámica costera, debido a la intensa acción destructiva que ejercen en playas y acantilados; y ello incluso, con el mar en calma. Durante las tempestades arrastran grandes cantidades de arena y provocan el desprendimiento de grandes bloques de roca. El material arrastrado es depositado en otros lugares, por lo que el mar tiene también una acción constructiva, al formar las playas.

Con la finalidad de describir el oleaje, se ha idealizado la siguiente onda:

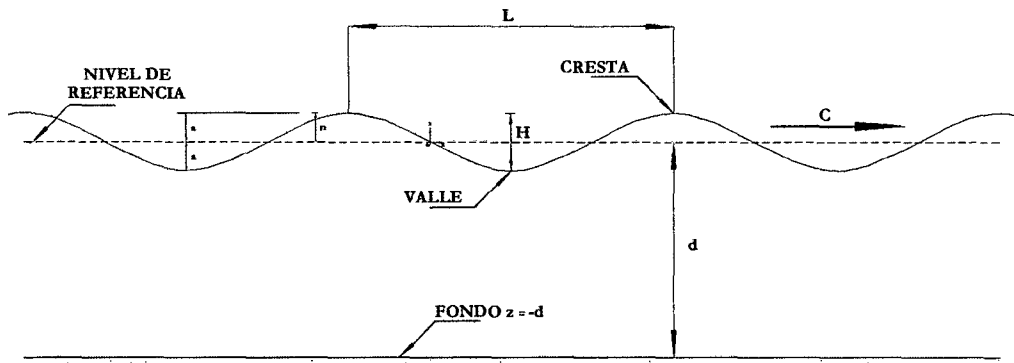


Fig. 4.1 ONDA DE OLEAJE IDEALIZADA

Las ondas en el océano son de una amplia gama de períodos; en la Fig. 4.2 se presenta un diagrama en donde aparecen los principales tipos de ondas en el océano con relación a su período y los agentes que los producen. Así como las energías correlativas a cada tipo de onda.

De la Fig. 4.2 se observa que la onda de capilaridad es la que tiene el período más corto; la fuerza principal en este tipo de ondas es la tensión superficial. En todas las demás ondas la principal fuerza de restablecimiento es la gravedad, denominándose en general "ondas de gravedad". Observándose también que la ola que tiene mayor concentración de energía es el oleaje producido por el viento, el cual tiene períodos máximos de alrededor de 20seg habiéndose registrado alturas del orden de 30m. Las ondas de período largo se asocian a los Tsunamis, onda o marea de tormenta y la onda de marea astronómica.

4.1.1 CONFORME AL PERIODO (KINSMAN - 1965)

4.1.1.1 Capilares

4.1.1.2 De gravedad

4.1.1.3 Ondas de período largo

4.1.1.4 Ondas de infragravedad

4.1.2 CONFORME A LA ALTURA DE LA ONDA

4.1.2.1 Ondas de amplitud pequeña

4.1.2.2 Ondas de infragravedad

4.1.3 CONFORME A LA ALTURA DE LA ONDA

4.1.3.1 Progresiva

4.1.3.2 Estacionaria

4.1.4 CONFORME A LA PROFUNDIDAD RELATIVA

Esta clasificación es una de las más importantes tanto del punto de vista teórico como ingenieril, con este criterio se aceptan los valores de la Tabla 4.2.

4.1.5 CONFORME AL DESPLAZAMIENTO DE LAS PARTICULAS

4.1.5.1 Ondas de traslación

4.1.5.2 Ondas de oscilación

4.1.6 CONFORME AL DESPLAZAMIENTO DE LAS PARTICULAS

4.1.6.1 Ondas libres

4.1.6.2 Ondas forzadas

4.1.7 OTRAS CLASIFICACIONES

Para los fines de Ingeniería de Costas, las olas pueden ser divididas en:

4.1.7.1 SEA o olas producidas dentro del campo de acción del viento o zona de generación.

4.1.7.2 SWELL o olas producidas en la zona de generación distantes o zonas de decaimiento.

4.1.7.3 Oleaje dominante o de mayor intensidad

4.1.7.4 Oleaje Reinante o de mayor porcentaje de ocurrencia.

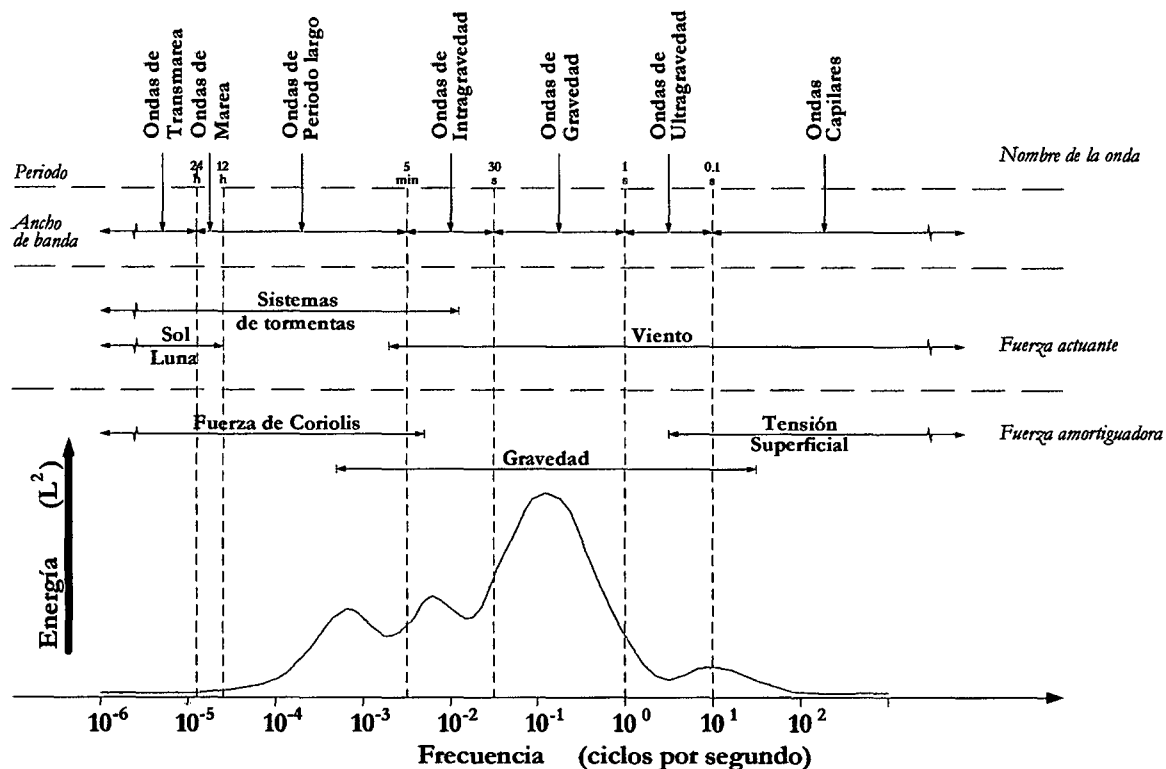


Fig. 4.2 **CLASIFICACION DE LAS ONDAS, CONFORME AL PERIODO**
según Kinsman (1965)

Tabla. 4.1 **CLASIFICACION DE LAS ONDAS, según Kinsman (1965)**

Nombre de la Onda	Periodo	Fuerza más importante que la genera	Fuerza más importante que la amortigua
Capilar	0 – 0.1s	Viento	Tensión superficial, gravedad
Ultragravedad	0.1– 1s	Viento	Gravedad, tensión superficial
Gravedad	1 – 30s	Viento	Gravedad
Infragravedad	30s – 5min	Viento	Gravedad, coriolis
Periodo largo	5min – 24h	Viento, tormenta, maremotos,	Coriolis, gravedad
Inc. ondas de marea		atracción del sol y la luna	
Transmarea	>24h	Atracción del sol y la luna	Coriolis

Tabla. 4.2 **CLASIFICACION DE LAS ONDAS CONFORME A SU PROFUNDIDAD RELATIVA**

TIPO DE ONDA	VALORES	
	TEÓRICO	PRÁCTICO O DE INGENIERÍA
EN AGUAS PROFUNDAS	$d/L > 1$	$d/L \geq 0.5$
EN AGUAS INTERMEDIAS	$1 > d/L > 0.005$	$0.5 > d/L > 0.05$
EN AGUAS POCO PROFUNDAS	$d/L \leq 0.005$	$d/L \leq 0.05$

4.2 PROPIEDADES BASICAS DEL OLEAJE

4.2.1 ALTURA DE LA OLA (H)

La altura de una ola, es la diferencia de altura entre una depresión y la siguiente cresta, que pasan respectivamente por un mismo sitio Fig. 4.1.

4.2.2 LONGITUD DE LA OLA (L)

La longitud de la ola, es la distancia entre dos crestas o dos depresiones sucesivas Fig. 4.1. Conociendo el período de las olas, se puede calcular la longitud para aguas profundas con las fórmulas existentes ($L_o = 1.56T^2$).

4.2.3 PERIODO DE UNA OLA (T)

El período de una ola, es la diferencia de tiempo en el que dos crestas o depresiones subsiguientes, pasan por un mismo sitio. La unidad de tiempo que se usa para los períodos, son segundos.

4.2.4 LA VELOCIDAD DE LA OLA (C)

La velocidad de la ola, es determinada por el período y la longitud.

$$c = \frac{L}{T}$$

Donde:

L : Longitud (m).

T : Período (s).

Para aguas profundas: $c_o = 1.56T$.

Otra fórmula para determinar la velocidad es:

$$c = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \operatorname{tgh}\left(\frac{2\pi h}{L}\right)}$$

En vista de que L y c están interrelacionados, esta fórmula solo se puede resolver por tanteos sucesivos.

La velocidad de la ola también se conoce como celeridad de la ola.

4.2.5 ALTURA PROMEDIO (\bar{H})

Es el promedio aritmético de todas las alturas de olas dentro de un grupo o tren de olas consideradas.

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} H_i}{n}$$

4.2.6 ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE (H_S O $H_{1/3}$)

Se define como aquella ola cuya altura es igual al promedio del tercio más alto de un grupo o tren de olas.

En la actualidad se observan las olas desde barcos mercantes y son tabulados y publicados por organismos especiales. El observador estima la altura que predomina en el oleaje. Comparando estas observaciones visuales con métodos más sofisticados, se ha encontrado que esta ola estimada visualmente, se asemeja a la altura de la ola significativa.

Entre tanto en el campo de la Ingeniería Portuaria y de Costas, se ha utilizado la ola significativa para desarrollar fórmulas y teorías. Cuando se hace referencia a alturas de olas se habla siempre de la ola significativa.

4.2.7 ALTURA MÁXIMA (H_{MAX})

Es la altura de la ola más grande dentro de un grupo de olas.

4.2.8 PERIODO PROMEDIO (\bar{T})

Es el promedio aritmético de todos los períodos de un grupo de olas considerado.

4.2.9 PERIODO SIGNIFICANTE (T_{Ss} ó $T_{1/3}$)

Se define como el promedio del tercio más alto del período de un grupo o tren de olas.

4.3 TEORIAS DEL OLEAJE

El oleaje se caracteriza por ser irregular y aleatorio, además de desarrollarse prácticamente en tres dimensiones; por ello su descripción matemática presenta ciertas dificultades. Sin embargo se han desarrollado varias teorías para analizar matemáticamente el fenómeno, mismas que han ido evolucionando desde que hicieron su aparición. Tabla 4.3.

La teoría más clásica, desarrollada por Airy en 1845, se denomina "teoría lineal de pequeña amplitud", siendo su importancia notable debido a que se ajusta bastante bien al comportamiento real de las olas cuando se encuentran en profundidades infinitas, siendo además, de fácil aplicación. Las hipótesis de partida de esta teoría son las siguientes:

1. El fluido es homogéneo e incompresible; por lo tanto la densidad ρ es constante.
2. Se desprecia la tensión superficial ($k=0$).
3. Se desprecia el efecto de Coriolis ($F_c=0$).
4. La presión en la superficie libre es uniforme y constante ($P_o=cte$).
5. El fluido es ideal; es decir se desprecia la viscosidad ($\nu=0$).
6. La onda considerada no está relacionada con ningún otro tipo de movimiento del agua.
7. El fondo es horizontal, fijo e impermeable; la velocidad vertical en el fondo vale cero ($w_d=0$).
8. La amplitud de la onda es pequeña con relación a la profundidad y su forma invariable en el tiempo y espacio ($H \ll d$; $H=cte$).
9. Las ondas son bidimensionales (X,Z).

La teoría mencionada no presenta validez cuando se trata de profundidades reducidas ya que no consideran la influencia del fondo del océano sobre el perfil de las ondas. La teoría de Korteweg o cnoidal merece especial mención en este sentido ya que es la que mejor define el funcionamiento ondulatorio en profundidades

someras, aunque su principal obstáculo lo representa la dificultad práctica para su aplicación.

En la Fig. 4.3, Fig.4.4 y Fig. 4.5 se presenta las variables utilizadas para describir las características de una onda y en la Tabla 4.4, las fórmulas empleadas para su cálculo en base a la teoría de pequeña amplitud.

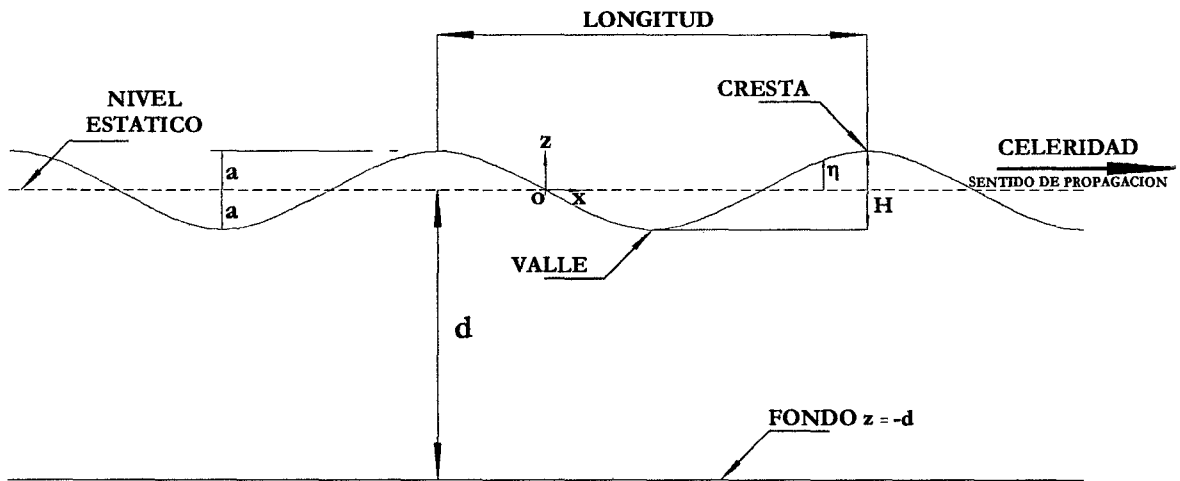


Fig. 4.3 DEFINICION DE ALTURAS Y PERIODOS

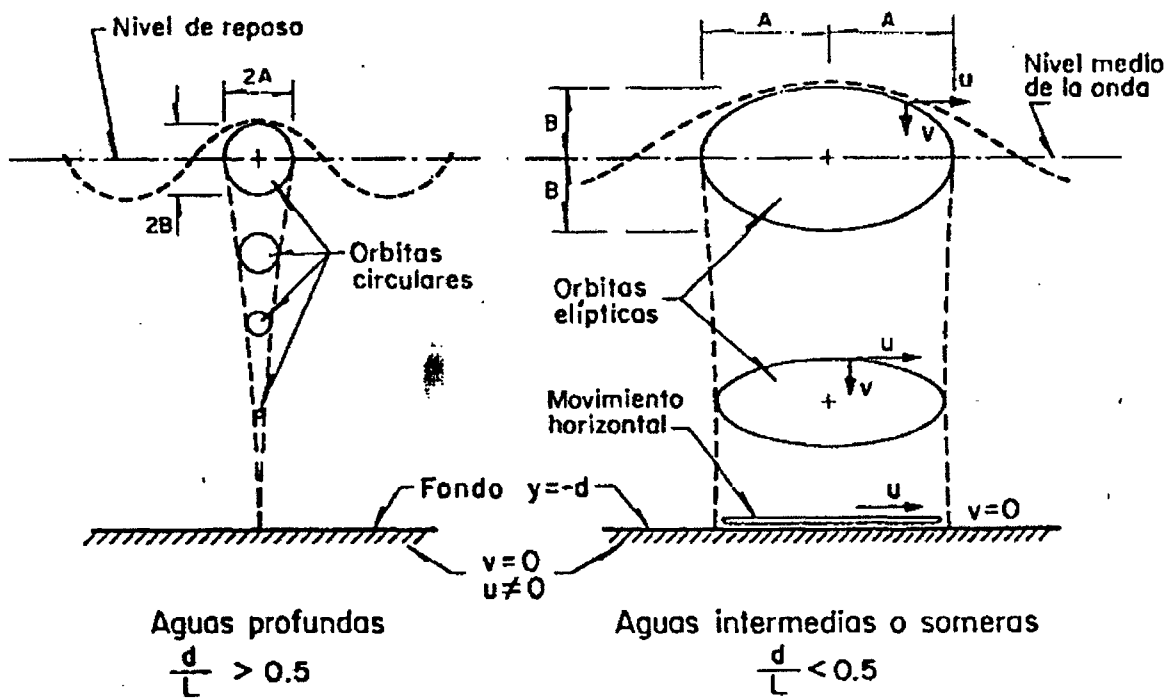


Fig. 4.4 DESPLAZAMIENTO DE LAS PARTICULAS

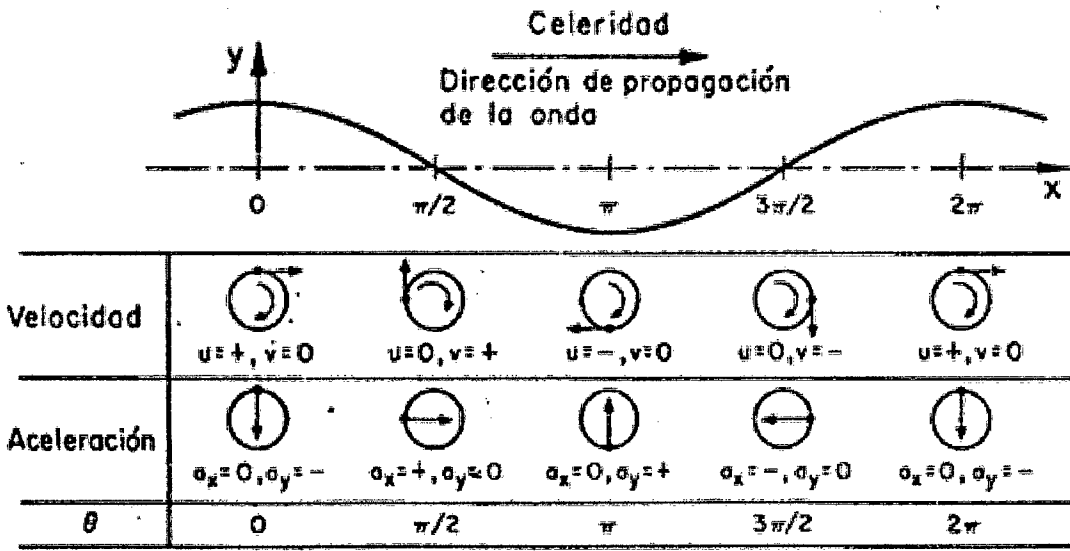


Fig. 4.5 VELOCIDAD Y ACELERACION DE LAS PARTICULAS

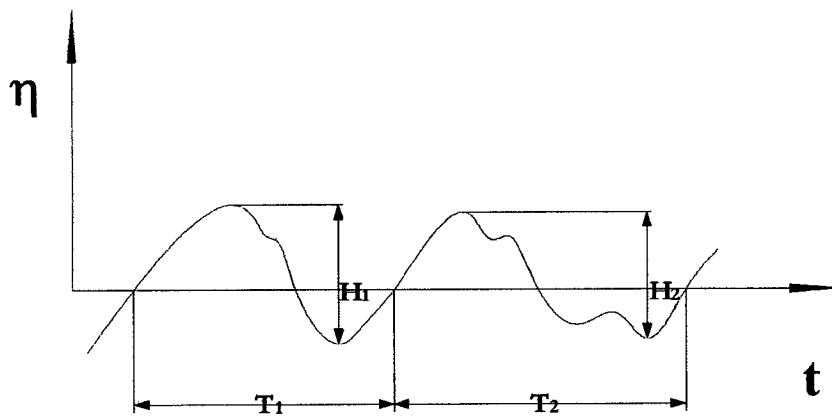


Fig. 4.6 DEFINICION DE ALTURAS Y PERIODOS

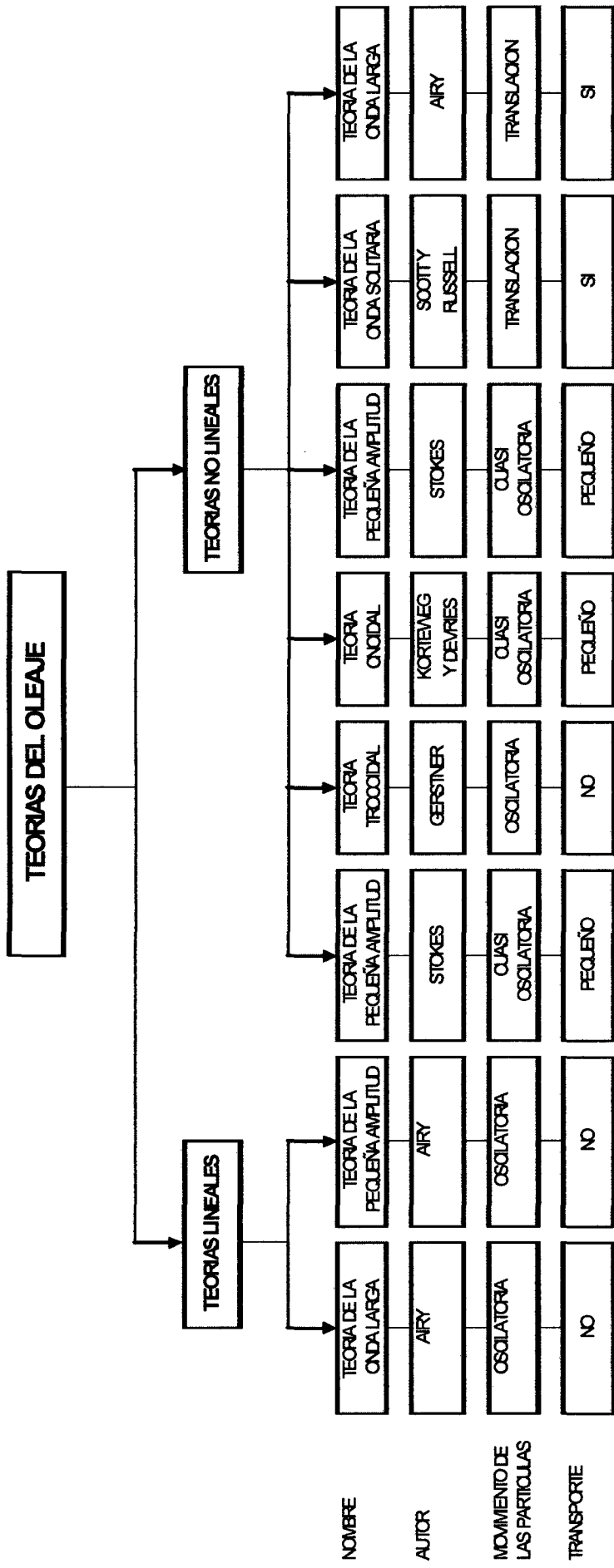


Tabla 4.3 *TEORIAS DEL OLEAJE*

Profundidad relativa	Aguas Someras* $\frac{d}{L} = \frac{1}{20}$	Aguas Intermedias $\frac{1}{20} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	Aguas Profundas** $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
Periodo de la onda	T	T	T
Longitud de la onda	$L_b = T\sqrt{gd}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$L_o = \frac{gT^2}{2\pi}$
Celeridad de la onda	$C_b = \sqrt{gd}$	$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_o = \frac{gT}{2\pi}$
Perfil de la superficie libre de la onda	$n_b = \frac{H_b}{2} \cos(k_b x - \sigma_b t)$	$n = \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma t)$	$n_o = \frac{H_o}{2} \cos(k_o x - \sigma_o t)$
Velocidades orbitales de las partículas			
a) Horizontal	$u_b = \frac{\sigma_b}{k_b d} n_b$	$u = n \sigma \frac{\cosh[k(d+y)]}{\sinh(kd)}$	$u_o = \frac{H_o}{2} \sigma_o e^{k_o y} \cos(k_o x - \sigma_o t)$
b) Vertical	$v_b = \frac{H_b \pi}{T} \left(\frac{d+y}{d}\right) \sin(k_b x - \sigma_b t)$	$v = \frac{H \sigma \sinh[k(d+y)]}{2 \sinh(kd)} \sin(kx - \sigma t)$	$v = \frac{H_o}{2} \sigma_o e^{k_o y} \sin(k_o x - \sigma_o t)$
Desplazamientos orbitales de las partículas			
a) Horizontal	$\xi_b = \frac{H_b L_b}{4\pi d} \sin(k_b x_1 - \sigma_b t)$	$\xi = \frac{H}{2} \frac{\cosh[k(d+y_1)]}{\sinh(kd)} \sin(kx_1 - \sigma t)$	$\xi_o = \frac{H_o}{2} e^{k_o y} \sin(k_o x_1 - \sigma_o t)$
b) Vertical	$\zeta_b = \frac{H_b}{2} \left(\frac{d+y}{d}\right) \cos(k_b x_1 - \sigma_b t)$	$\zeta_o = \frac{H}{2} \frac{\sinh[k(d+y_1)]}{\sinh(kd)} \cos(kx_1 - \sigma t)$	$\zeta_o = \frac{H_o}{2} e^{k_o y} \cos(k_o x_1 - \sigma_o t)$
Movimiento orbital de las partículas			
a) Lagrange	$\frac{\left(\frac{\xi_b}{2k_b d}\right)^2 + \left(\frac{\zeta_b}{2}\right)^2}{\left[\frac{H_b}{2}\left(\frac{d+y}{d}\right)\right]^2} = 1$	$\frac{\left(\frac{\xi_o}{2}\right)^2 + \left(\frac{\zeta_o}{2}\right)^2}{\left[\frac{H}{2} \frac{\cosh[k(d+y_1)]}{\sinh(kd)}\right]^2 + \left[\frac{H}{2} \frac{\sinh[k(d+y_1)]}{\sinh(kd)}\right]^2} = 1$	$(\xi_o)^2 + (\zeta_o)^2 = \frac{H_o^2}{2} e^{k_o y}$
Distribución de presiones	$P_b = -\gamma y + \frac{\gamma H_b}{2} \cos(k_b x - \sigma_b t)$	$P_b = -\gamma y + \frac{\gamma H}{2} \frac{\cosh[k(d+y)]}{\cosh(kd)} \cos(kx - \sigma t)$	$P_o = -\gamma y + \frac{\gamma H_o}{2} e^{k_o y} \cos(k_o x - \sigma_o t)$
Energía de la onda	$E_b = \frac{\gamma H_b^2}{8} L_b$	$E = \frac{\gamma H^2}{8} L$	$E_o = \frac{\gamma H_o^2}{8} L_o$
Potencia de la onda	$P_b = \frac{\gamma H_b^2}{8} C_b$	$P = \frac{\gamma H^2}{8} C \left[1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)}\right]$	$P_o = \frac{\gamma H_o^2}{16} C_o$
Celeridad de grupo	$C_{g_b} = C_b$	$C_g = \frac{L}{T} \left[1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)}\right]$	$C_{g_o} = \frac{1}{2} C_o$

* Características de la onda en aguas someras se identifican con el subíndice b
** Características de la onda en aguas profundas se identifican con el subíndice o
En forma general: $k=2\pi/L$, $\sigma=2\pi/T$

Tabla 4.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA PROGRESIVA. TEORÍA LINEAL

4.4 DESCRIPCION ESTADISTICA DEL OLEAJE

Debido a la irregularidad de las olas en un determinado grupo o "tren de olas", varían entre ellas; es necesario hacer uso de procesos estadísticos para definir las alturas así como los períodos del oleaje que lo caractericen. Para tal efecto en la actualidad se utiliza el método denominado como "cruce por cero".

Este método toma en cuenta el momento en que el perfil superficial de la ola cruza el cero imaginario del agua en reposo por donde se desplaza en una cierta dirección. De esta forma se define a la altura de ola como la distancia vertical entre el máximo y el mínimo nivel adyacente al punto de cruce por cero, quedando en forma semejante definido el período Fig. 4.3.

A continuación se mencionan las diversas magnitudes empleadas regularmente en la "geometría estadística del oleaje".

H _j y T _j	altura y período de la ola j.
H _{máx N} y T _{máx N}	altura y períodos máximos de la ola, para un conjunto de N olas
H _{1/3} , T _{1/3}	altura o periodo un tercio o significantes los cuales corresponden al promedio del tercio de los valores mas altos de un tren de olas dado.
H _{1/10} , T _{1/10}	altura y período un décimo, que corresponde al promedio de un décimo de los valores más altos de un tren de olas dado.
H y T	altura y período medios de un tren de olas dado.
H _m	altura media cuadrática

$$H_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N H_i^2}{N}}$$

Cada una de las diferentes alturas de la estadística tienen una aplicación práctica; así por ejemplo, el diseño de un rompeolas, dependiendo de su importancia y profundidad de su emplazamiento, se efectúa con H_{1/10} ó H_{1/20}; en modelo un rompeolas se ensaya con H_{1/20}; etc.

La altura de la ola significativa fue introducida por Sverdrup y Munk en 1947, habiéndose comprobado que coincide aproximadamente con el valor que un observador asignará al oleaje por mera inspección en éste.

4.5 FUENTE DE INFORMACION DEL OLEAJE ESTADISTICO

La manera más confiable que existe para conocer las características del oleaje para un sitio determinado, sería el realizar mediciones directas durante un lapso que se recomienda no sea menor de 1 año, para lo cual en la actualidad existen diferentes aparatos que permiten llevarlo a cabo. De esta manera podrían conocerse todas las variables en cuestión. Sin embargo la medición directa casi nunca es posible realizarla, bien sea por motivos de orden económico o por la necesidad de contar con datos rápidamente, por lo que es común hacer uso de fuentes de información que definen las variables de oleaje en cuanto a período y altura. Entre ellas tenemos:

4.5.1 OCEAN WAVE STATISTICS

Fuente de información editada por el Laboratorio Nacional de Física, ministerio de Tecnología de Gran Bretaña y contiene los datos estadísticos del oleaje, estimados visualmente por barcos voluntarios que navegaron en las rutas establecidas en todo el mundo de 1953 a 1961. Los datos reportados son: dirección, períodos y alturas de ola; sin distinción entre el oleaje local (SEA) y el distante (SWELL). La información se presenta agrupada en diferentes zonas.

4.5.2 SEA AND SWELL CHARTS

Publicaciones denominadas "Atlas of sea and Swell charts" tanto del "Northeastern Pacific Ocean" como del "North Atlantic Ocean", ambas editadas por la U.S. Navy Oceanographic Office, Washington D.C. Los datos presentados por esta fuente, obedecen a observaciones visuales del estado del mar, realizadas desde embarcaciones durante un período de diez años. Agrupados en dos tipos: Oleaje Local (Sea) y Oleaje distante (Swell). Los datos del oleaje se presentan agrupando las observaciones realizadas en un área o zona determinada.

4.6 EXTRAPOLACION DEL OLEAJE

Para el estudio de ciertas estructuras de los puertos sujetas a la acción del oleaje, muchas veces es necesario conocer las alturas de ola en relación a un período de retorno determinado. Para ello es necesario extrapolar los datos estadísticos con que se cuenta y asociarlos con una función de probabilidad. Uno de los métodos conocidos es el de M. Larras, cuya expresión es:

$$H_n = A \log P$$

En donde:

- H_n : es la altura de ola esperada (m), para un período de retorno de "n" años.
- A : es una constante (pendiente de la recta de regresión)
- P : es la probabilidad de ocurrencia (%), igual $1/N^\circ$ de años, expresados en días.

Para la aplicación del método, es necesario graficar en papel semilogarítmico los valores de las frecuencias acumuladas de las alturas de ola para diferentes probabilidades Fig 4.7.

$$\begin{aligned} P \text{ anual} &= 1/365 \\ P \text{ decenal} &= 1/(365 \times 10) \\ P \text{ centenal} &= 1/(365 \times 100) \end{aligned}$$

Es común y para ello existen metodologías específicas, que no se tratan en este trabajo, que el diseño de las obras se haga con alturas de ola asociadas a un determinado período de retorno; normalmente para la selección se utilizan algunas características como son la vida útil de la obra, la importancia de ella o de lo que va a proteger, asociada con un determinado riesgo de daño, etc. Por ejemplo una plataforma de perforación se diseña para una altura de ola asociada a un período de retorno de al menos 100 años.

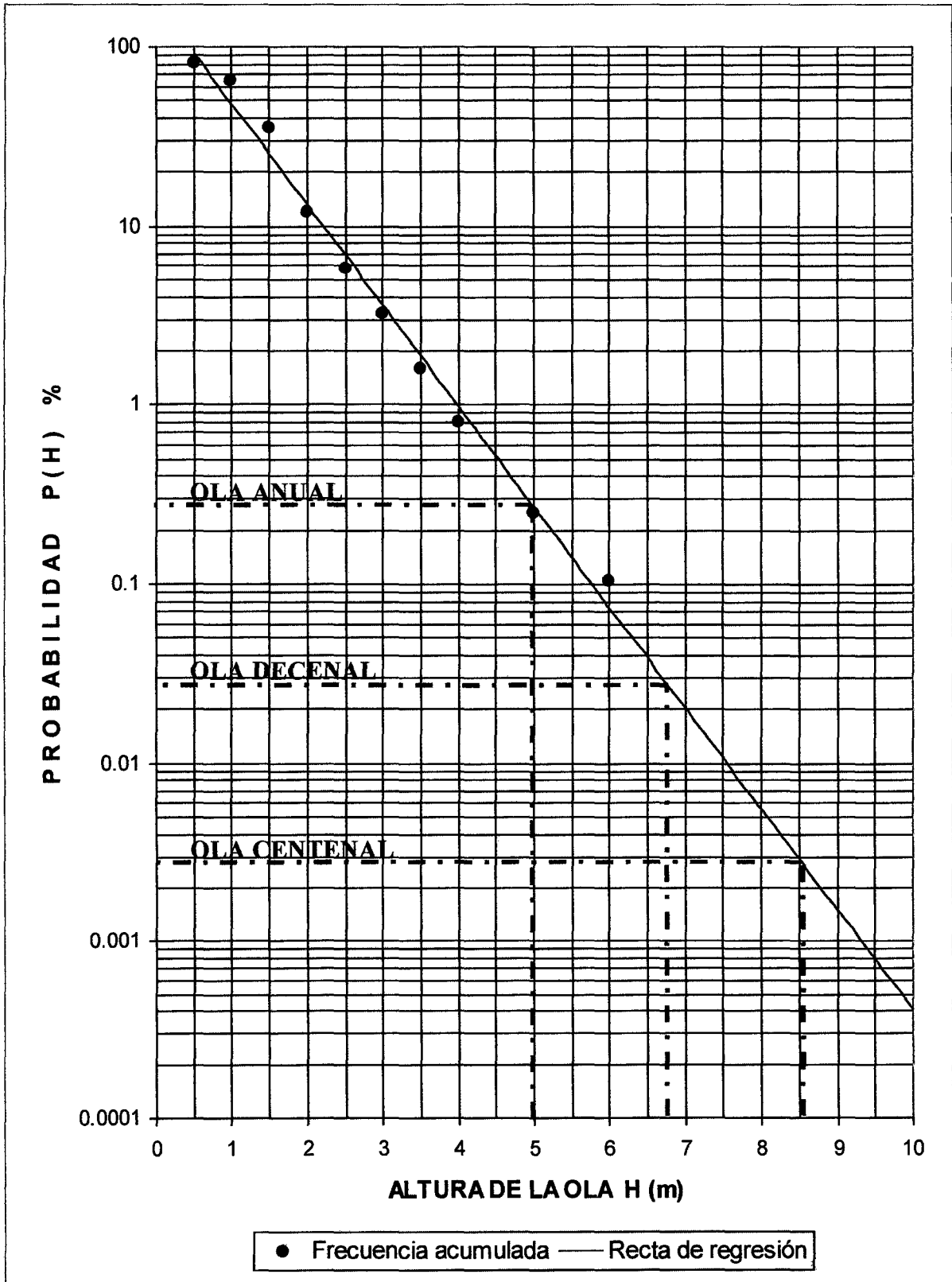


Fig. 4.7

EXTRAPOLACION PARA LA OBTENCION DE LA OLA PROBABLE,
PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

4.7 FENOMENOS QUE MODIFICAN EL OLEAJE

4.7.1 REFRACCION

La velocidad de propagación de una ola progresiva, para un período determinado, de acuerdo a la teoría lineal se expresa:

$$C = \frac{gT}{2\pi} \operatorname{tgh}\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$$

Conforme la profundidad disminuye, el fondo empieza a afectar el movimiento de las partículas de agua, debido al efecto de fricción, mismo que provoca una reducción en la velocidad de propagación y en la longitud de onda.

La disminución de velocidad significa que cuando un tren de olas, de un determinado período, entra en aguas intermedias ($1/20 < d/L_0 < 1/2$) y bajas ($d/L_0 < 1/20$) las distintas partes de la cresta (frente de ola) se desplazan con diferentes velocidades dependiendo de la profundidad, provocando que la cresta se deforme o doble en su proyección horizontal, de tal forma que tiende a hacerse paralela a las líneas batimétricas sobre las que se propaga. A este fenómeno es al que se le llama REFRACCION.

La importancia de la refracción del oleaje estriba en el hecho de que prácticamente todas las estructuras marítimas se construyen en aguas bajas o intermedias, donde las olas sufren considerables cambios debido a su efecto. Por lo tanto, el estudio del fenómeno de refracción es materia obligada para la determinación de las características del oleaje y sus acciones, como por ejemplo:

- deducir las características de las olas en aguas finitas, a partir de las correspondientes en aguas profundas ($d/L_0 > 1/2$), en donde no tiene influencia el fondo; definir la altura de la ola de diseño en cualquier punto.
- Determinar concentraciones.
- Determinar arrastres de sedimentos.

- Definir ángulos de incidencia de los frentes de ola con respecto a la línea de costa, los que permiten calcular la tendencia y magnitud del transporte de litoral.
- Definir fronteras en modelos hidráulicos.

Además de la refracción causada por el fondo, las olas pueden refractarse por corrientes o por alguno otro fenómeno que provoque que una parte de la ola se desplace más rápidamente que otra.

En la actualidad el fenómeno de refracción puede analizarse mediante métodos gráficos y numéricos. Todas las metodologías están basadas en el principio de óptica denominado como la Ley de Snell, cuyas suposiciones de partida son:

1. La energía comprendida entre dos ortogonales permanece constante Fig. 4.8.
2. La dirección de avance de la onda es la perpendicular a su cresta en cada momento.
3. La celeridad de la onda en un punto en particular, para un período determinado, depende únicamente de la profundidad de ese punto.
4. Los cambios en la batimetría son graduales.
5. La forma de la ola es senoidal, de cresta indefinida, pequeña amplitud ($n \ll L$) período constante y monocromática (todas las ondas son iguales).
6. Se desprecian los efectos de corrientes, vientos y reflexiones del oleaje incidente en la playa.

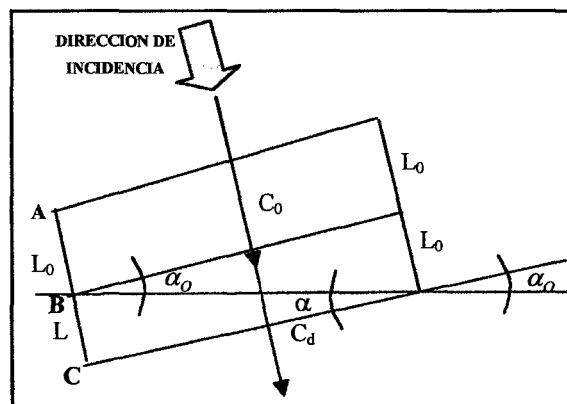


Fig. 4.8 FENOMENO DE REFRACCION

De la figura se deriva las siguientes expresiones:

$$\frac{\text{sen}\alpha}{L} = \frac{\text{sen}\alpha_0}{L_0} \quad \Rightarrow \quad \frac{\text{sen}\alpha}{\text{sen}\alpha_0} = \frac{L}{L_0} = \frac{C_d}{C_0} = \text{tgh}\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$$

Despejando:

$$\therefore \operatorname{sen} \alpha = \frac{C}{C_0} \operatorname{sen} \alpha_0$$

Por otra parte, la potencia transmitida hacia delante por un tren de olas entre dos ortogonales adyacentes, de acuerdo a la teoría lineal se expresa por:

$$P = EC = \frac{1}{8} \gamma H^2 b \frac{L}{T}$$

Considerando que la energía E entre ortogonales se conserva, entonces la misma potencia debe transmitirse a todas las posiciones entre las dos ortogonales; por lo tanto:

$$\frac{1}{8} \gamma H_0^2 b_0 \frac{L_0}{T} = \frac{1}{8} \gamma H^2 b \frac{L}{T}$$

$$\frac{H^2}{H_0^2} = \frac{b_0 L_0}{b L} \quad \Rightarrow \quad \frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{b_0}{b}} \sqrt{\frac{L_0}{L}}$$

$$\sqrt{\frac{b_0}{b}} = K_r$$

Coefficiente de refracción

$$\sqrt{\frac{L_0}{L}} = K_s$$

Coefficiente de fondo

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

Como puede observarse K_s y K_r son dos de los efectos que produce el cambio de profundidad en el oleaje. Si los frentes del oleaje son paralelos a las líneas batimétricas se cumple que $b_0/b=1$, y por tanto solo se produce el primer efecto cuantificado por K_s ; el coeficiente K_s toma en cuenta la disminución de la longitud de onda producida por la disminución en profundidad y el cambio en su altura, ya que debe conservarse el flujo de energía a lo largo de áreas de ancho unitario y altura igual a la profundidad. El segundo efecto se produce cuando los frentes de ola forman un ángulo con las líneas batimétricas, debido a lo cual las ortogonales dejan de ser paralelas; esto es cuantificado por K_r . Este segundo efecto, generalmente se produce, acompañado del primero.

De acuerdo a la teoría lineal K_r depende solo del período de la ola, de la profundidad y de la dirección del oleaje. Generalmente, para calcular los valores de b_0 y b se construye un plano o diagrama de refracción. Además los ortogonales tienden a converger o divergir; para el primer caso se tiene un incremento de la energía por unidad de área y como consecuencia de ello un aumento de la altura de la

ola, por el contrario para el segundo caso se tiene una disminución de la energía por unidad de área y por tanto una reducción en la altura de la ola.

Para el diseño y construcción de estructuras y obras marítimas generalmente se necesitan conocer las alturas, periodos y direcciones del oleaje en la región costera. Para determinar dichos parámetros se requiere tomar en cuenta los efectos de refracción. Los cambios del oleaje debido a la refracción son comúnmente estimados mediante la construcción de diagramas de refracción en forma gráfica, aunque también existen métodos aerofotográficos, pero no son de uso común. Los diagramas de refracción pueden construirse siguiendo dos procedimientos; el primero conocido como frente de ola y el segundo llamado método de ortogonales o de rayos de oleaje.

4.7.1.1 CONSTRUCCION GRÁFICA DEL DIAGRAMA DE REFRACCION POR EL METODO DE ORTOGONALES O RAYOS DE OLA

Este método es gráfico, fue propuesto por Arthur, Punk e Isaacs y requiere:

- a) Suavizar las líneas batimétricas ya que las pequeñas irregularidades no son de importancia en el fenómeno y en cambio si dificultan el trazo.
- b) Dibujar en aguas profundas un frente de ola, con la dirección que se desea estudiar y se escogen sobre él, los orígenes de todas las ortogonales por trazar; por ejemplo tres cuatro si solo hay un punto de interés, o varios si se desea estudiar una amplia zona.
- c) Construir la Tabla 4.5 que facilitará el manejo de los datos.
- d) Preparar una plantilla, para obtener los diagramas de refracción, como la indicada en la Fig. 4.9a.

Hay dos formas o procedimientos que pueden emplearse para la construcción de los rayos de ola, dependiendo si el ángulo de incidencia es menor de 80° o igual o mayor de 80° .

Tabla 4.5 CARACTERÍSTICAS DEL OLAJE

Características del oleaje en aguas profundas	
Profundidad, d_i	C_i/C_{i+1}
d_1	C_1/C_2
d_2	C_2/C_3
d_3	C_3/C_4

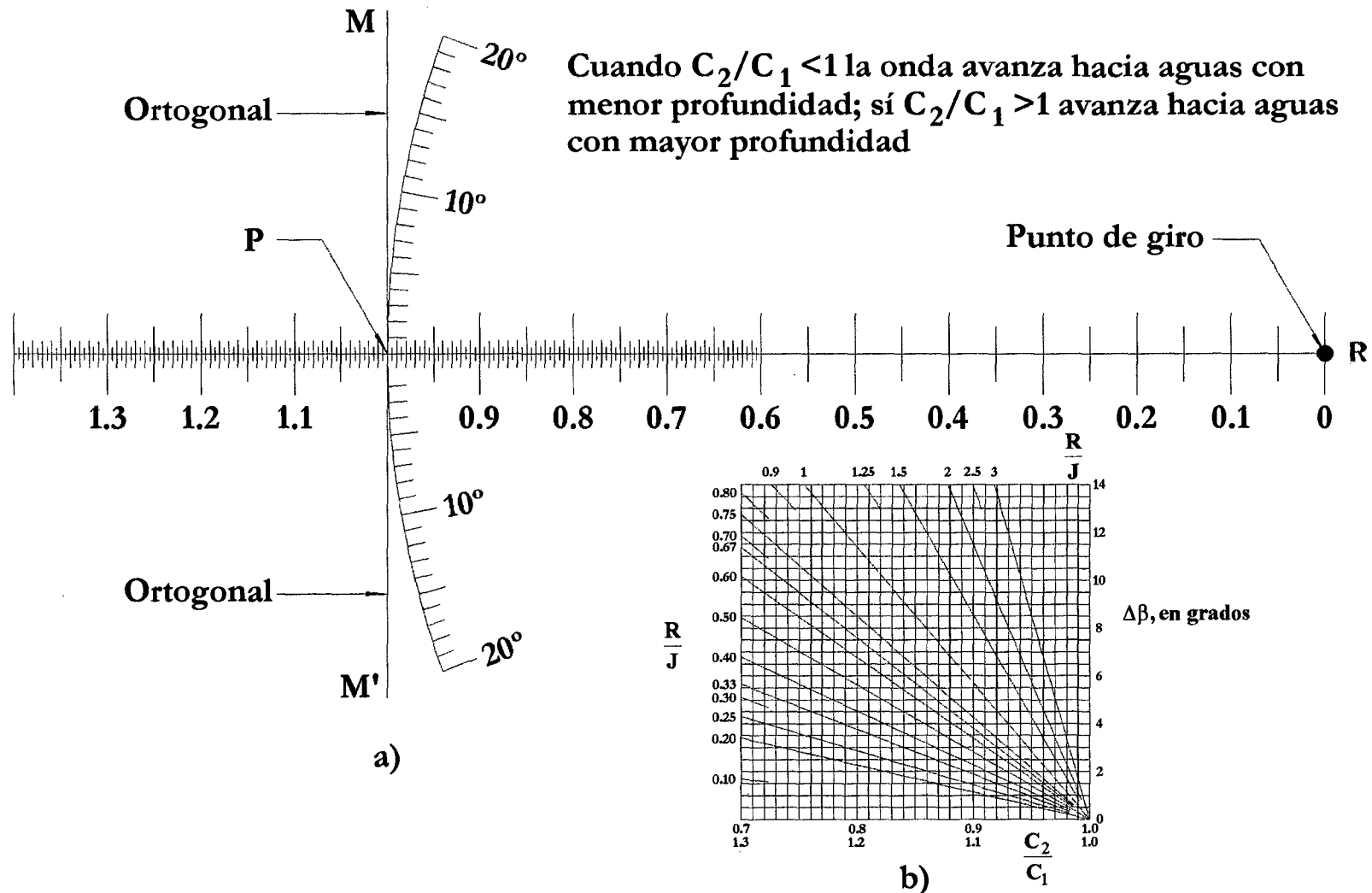


Fig. 4.9

PLANTILLA PARA DIBUJAR LOS DIAGRAMAS DE REFRACCIÓN

A Procedimiento para $\beta < 80^\circ$

Sea β_i la dirección del rayo frente a la batimétrica d_i ; se desea conocer la reorientación del rayo de la ola para la batimétrica d_{i+1} (Fig. 4.10).

- Se dibuja la profundidad media entre líneas batimétricas.
- Se extiende la ortogonal de la onda incidente, más allá del contorno de la profundidad media. El cruce con esa línea es el punto P' .
- En el punto de cruce del contorno o profundidad media con la ortogonal de la onda incidente, P' se dibuja la tangente S-T.
- La plantilla (Fig. 4.9a) para obtener el diagrama de refracción se coloca coincidiendo la ortogonal incidente con la línea MM' de la plantilla, y el punto ortogonal incidente, P de la misma sobre P' .
- Se gira la plantilla haciendo centro e R hasta que la tangente ST intersekte la recta PR en el valor de C_i/C_{i+1} (por ejemplo, 0.965 en la Fig. 4.10), correspondientes a las líneas batimétricas d_i y d_{i+1} .
- La línea ortogonal marcada en la plantilla, MM' , muestra la nueva dirección de la ortogonal pero su localización necesita de una ligera corrección, desplazándola paralelamente a \overline{PB} de tal manera que $\overline{AP} = \overline{PB}$.
- El procedimiento mencionado se repite hasta llegar a la línea de costa; la línea quebrada que se obtiene posteriormente se suaviza.

B Procedimiento para $\beta \geq 80^\circ$

Sea β_i la dirección del rayo frente a la batimétrica d_i ; se desea conocer la reorientación del rayo de la ola para la batimétrica d_{i+1} .

- Como se ilustra en la Fig. 4.11, el espacio comprendido entre líneas batimétricas adyacentes se discretiza formando una malla. El intervalo R se define arbitrariamente y se recomienda que si es posible sea un múltiplo de J (donde éste es un valor medido al centro de la malla correspondiente)
- Con la relación C_i/C_{i+1} , previamente calculada como en el procedimiento anterior, y la relación R/J, el ángulo de deflexión de la ortogonal incidente $\Delta\beta$ se obtiene de la Fig. 4.9b (por ejemplo, para $C_i/C_{i+1}=0.9812$ y $R/J=1$, se lee $\Delta\beta=1.05^\circ$; $R/J=1.5$, se lee $\Delta\beta=1.65^\circ$, $R/J=2$, se lee $\Delta\beta=2.1^\circ$).
- La ortogonal incidente se prolonga al centro del elemento discretizado y la nueva ortogonal se dibuja tomando una deflexión $\Delta\beta$ (ver Fig. 4.11).

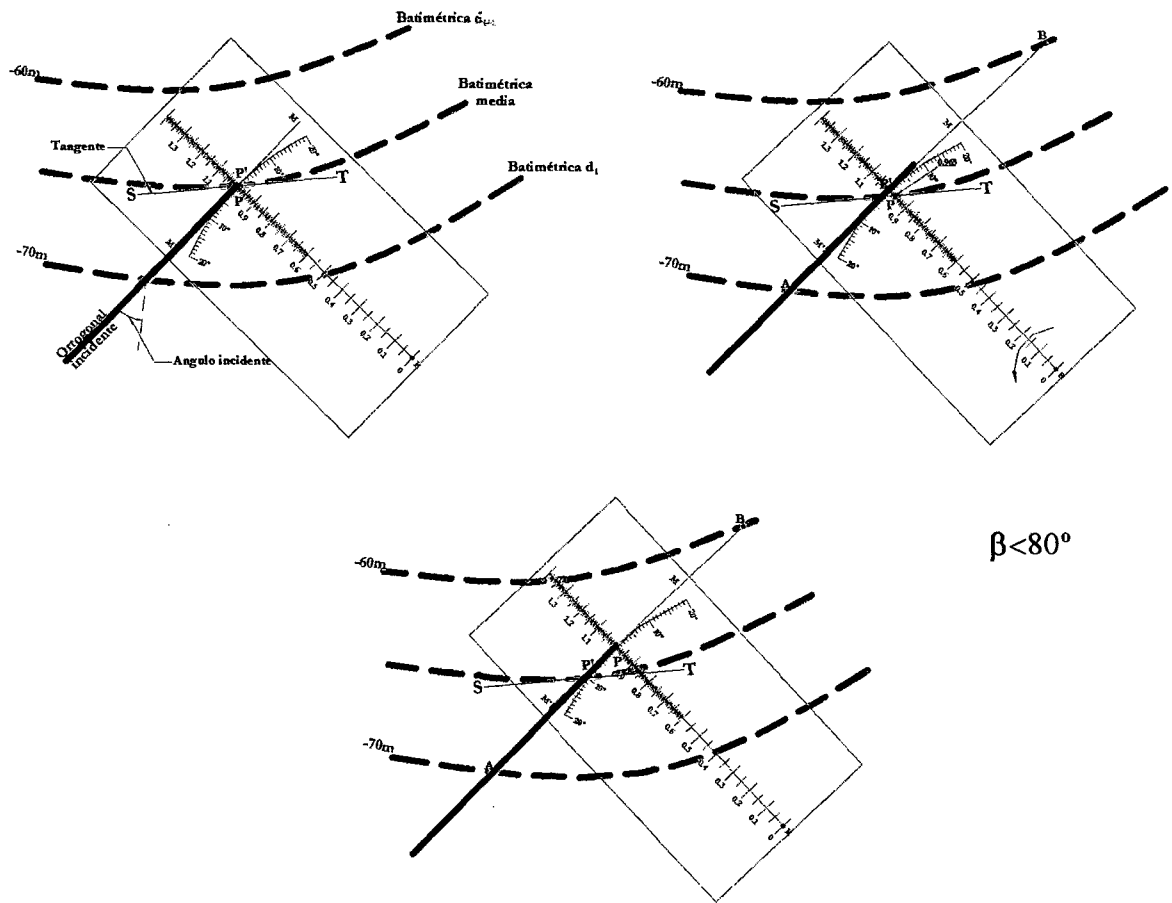


Fig. 4.10 USO DE LA PLANTILLA Fig. 4.9 PARA DIBUJAR LOS DIAGRAMAS DE REFRACCIÓN CASO A

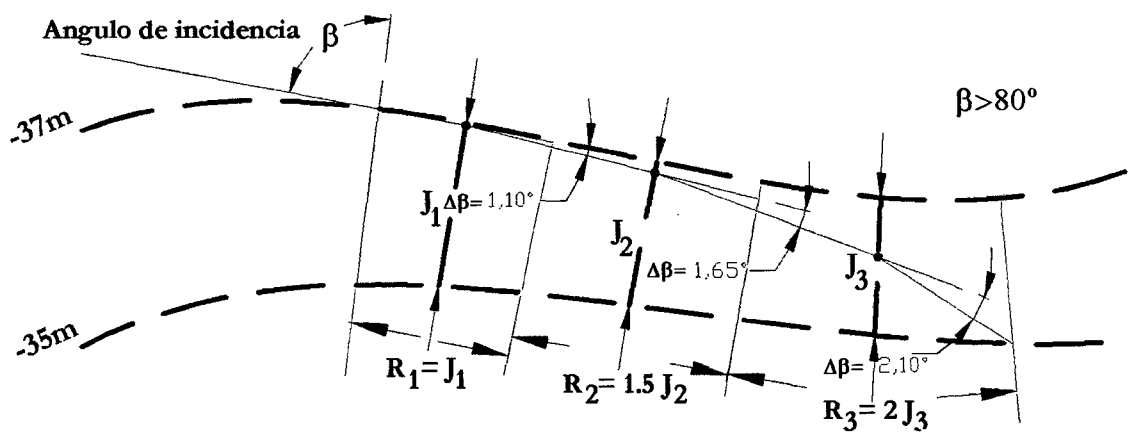


Fig. 4.11 USO DE LA PLANTILLA Fig. 4.9 PARA DIBUJAR LOS DIAGRAMAS DE REFRACCIÓN CASO B

- d) El proceso se continua: si $\beta < 80^\circ$ se prosigue como se indica en el primer caso, si $\beta \geq 80^\circ$, se utiliza este procedimiento. De esta manera se obtiene una línea quebrada que posteriormente es suavizada.

El otro método conocido como el método del frente de ola, consiste en obtener las posiciones sucesivas de las crestas conforma el oleaje se desplaza hacia la costa. Una vez determinadas las posiciones sucesivas de la cresta de ola, son trazadas líneas perpendiculares que unen a una cresta con otra. Estas líneas se conocen como ortogonales y los frentes de onda se les denominan diagrama de refracción.

Ambos métodos conducen a resultados semejantes, no obstante, el método del frente de ola es el más utilizado en problemas de ingeniería, presentando la desventaja de no poder detectar las zonas de alta convergencia de las ortogonales. Su ventaja consiste en poderse explicar muy fácilmente a personas que nos están relacionadas con el tema.

Por lo que respecta al método de ortogonales su principal desventaja consiste en que para aplicarlo se necesita una persona bien entrenada. Sin embargo, es un método muy rápido, y con él se pueden definir zonas de alta convergencia; existiendo programas de computadora para utilizarlo.

4.7.2 DIFRACCION

La difracción del oleaje es en esencia una transferencia de la energía de unas zonas a otras; se presenta cuando el oleaje es interrumpido por un obstáculo que impide su paso a la zona posterior del mismo. El obstáculo puede ser natural (islas) o artificial (rompeolas); las ondas se curvan a su alrededor y penetran dentro de la zona protegida, diciéndose que se presenta una expansión lateral Fig. 4.12.

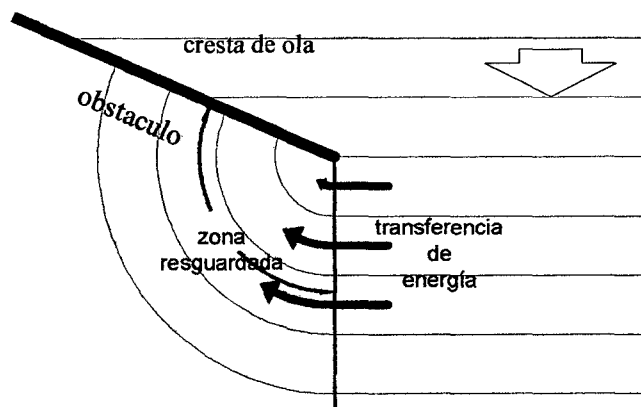


Fig. 4.12

DIFRACCION DEL OLAJE

Al igual que en el caso de la refracción, las hipótesis de partida suponen una onda monocromática de período fijo y de cresta indefinida, cuya celeridad depende únicamente de la profundidad de la zona por la cual avanza manteniéndose, además, la energía entre ortogonales a los frentes de ola.

Siguiendo estos lineamientos se tiene que al incidir una ola sobre el morro de un rompeolas, hay una zona donde la ola no se modifica, la cual está limitada por el límite de alimentación, sufriendo la ola difracción en la zona comprendida entre el límite de expansión y alimentación Fig. 4.13.

Los límites de expansión y alimentación están formados por rectas, el primero es una recta tangente al morro y que forma un ángulo de 45° con la perpendicular al frente de ondas. Eso establece que en la zona de sombra, $H_D < 0.2H$. Si se desea un límite menor, el ángulo deberá ser mayor de 45° . El límite de alimentación es una línea tangente al morro que es colineal a las ortogonales de la onda incidente; marca el límite de la zona en que las ondas tienen la misma altura de la onda incidente, de la zona en que la altura de las ondas aumenta o disminuye debido a difracción.

Otros investigadores definen el límite de expansión como una recta tangente al morro, que forma un ángulo de $57^\circ 31'$ (o un π radian) con la perpendicular a él; por su parte, el límite de alimentación queda definido por la línea tangente al morro, colineal a las ortogonales de la ola incidente.

4.7.2.1 DIFRACCIÓN DEL OLEAJE EN EL EXTREMO DE UN ROMPEOLAS

Se denomina coeficiente de difracción K_d , a la relación que existe entre la altura difractada H_d y la altura de ola incidente.

$$K_d = \frac{H_d}{H_i}$$

Para conocer esta altura de ola difractada, cuando a los frentes de ola los obstruye un espigón o un obstáculo semejante, existen dos métodos que son por medios analíticos y por medios gráficos.

Para el análisis analítico existen diferentes métodos deducidos por otros tantos investigadores, tales como M. Larras, Peney and Price.

Dentro de los métodos gráficos tenemos el de Irribarren, método que el mismo denominó expansión lateral y que no es más que una precisa denominación

intuitiva del fenómeno de difracción. El valor práctico de este método gráfico es enorme, siendo una excelente ayuda al técnico portuario en el diseño de planta de las obras exteriores.

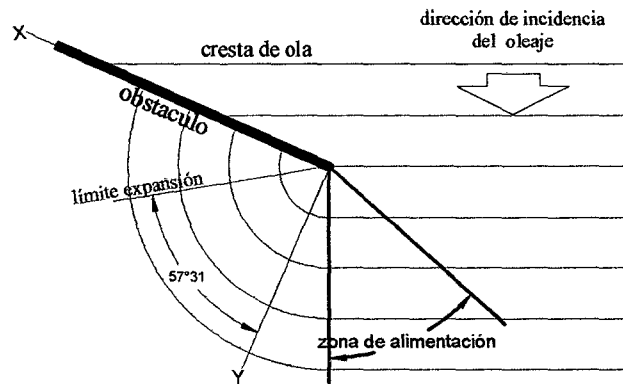


Fig. 4.13 DIFRACCIÓN DEL OLAJE EN EL EXTREMO DE UN ROMPEOLAS

Para el análisis gráfico existen además diagramas de difracción en el extremo de un rompeolas; en las que aparecen curvas de igual coeficiente de difracción, para diversos ángulos de incidencia del oleaje sobre el rompeolas, deducidas por Wiegel. Elaboradas considerando una profundidad uniforme en la zona protegida por el rompeolas; y, preparadas en forma adimensional pueden ser usadas por tanto, para cualquier periodo del oleaje y profundidad, para lo cual bastará con sobreponer una ampliación o una reducción de los gráficos al plano del problema que se estudia. La figura y el plano tendrán la misma escala.

4.7.2.2 DIFRACCIÓN DEL OLAJE EN UN RECINTO

La solución a este problema es más compleja y como no es posible construir un solo diagrama para todas las condiciones, deberá dibujarse un diagrama para todas las condiciones, deberá dibujarse un diagrama especial para cada relación diferente de ancho de entrada a longitud de ola (B/L). Estos diagramas son simétricos en relación al eje entre los rompeolas (Fig. 4.14).

Si los frentes del oleaje incidente no son paralelos al eje de las escolleras, puede realizarse un cálculo aproximado de las características del oleaje difractado considerando que la entrada tiene un ancho correspondiente a su proyección en el sentido de propagación del oleaje.

Cuando los rompeolas que forman el recinto no están alineados, la dirección de incidencia se determina definiendo la boca como la línea que une los morros de ellos.

Para ondas que pasan a través de una abertura angosta, es decir $B < L$ puede suponerse que las olas divergen en un semicírculo a partir de la abertura, de modo que a distancias mayores de $4L$, medidas a partir de la abertura, el coeficiente de difracción es igual a $(B/\pi r)^{1/2}$, donde r es el radio vector al punto que se está analizando.

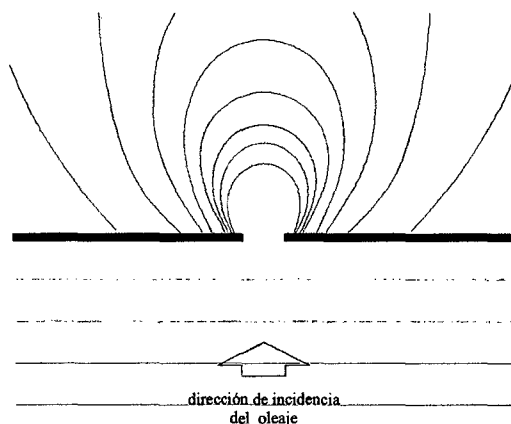


Fig. 4.14 DIFRACCION DEL OLEAJE EN UN RECINTO

4.7.2.3 DIFRACCIÓN - REFRACCIÓN

Cuando la profundidad del fondo del mar en un recinto no es uniforme, aparecen actuando en forma conjunta la difracción y la refracción. Para tomar en cuenta ambos fenómenos se puede hacer lo siguiente:

- Elaborar el diagrama de refracción hasta la entrada del recinto.
- En este punto se construyen el diagrama de difracción en una distancia de 4 a 5 longitudes de onda, hacia adentro del recinto.
- Con el último frente del diagrama de difracción se construye un nuevo diagrama de refracción hasta la línea de costa.

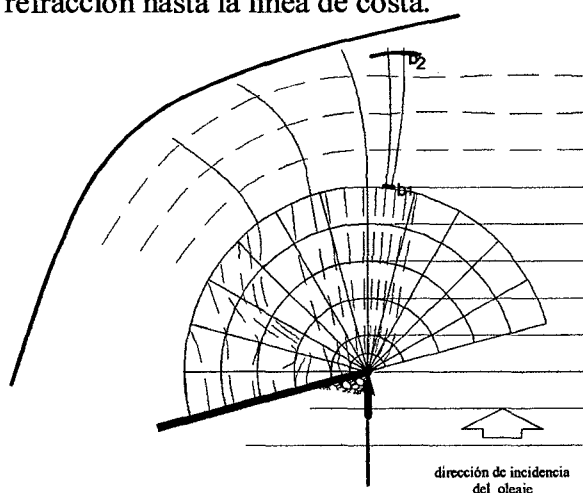


Fig. 4.15 DIFRACCION-REFRACCION COMBINADAS EN EL EXTREMO DE UN ROMPEOLAS

El coeficiente de refracción-difracción K_{r-d} (Fig. 4.15), se obtiene con la siguiente ecuación:

$$K_{r-d} = K_r \cdot K_s \cdot K_d$$

4.7.3 REFLEXION

Si un oleaje, que no ha roto, incide sobre una estructura o acantilado, tiende a reflejarse. Cuando el frente de ola es paralelo al paramento del obstáculo y, además, este es vertical, plano y con rugosidad prácticamente despreciable, se produce una reflexión perfecta, la cual se manifiesta por la presencia de ondas estacionarias llamadas "clapotis".

El clapotis se forma por la sobre posición de dos ondas progresivas de igual altura y período que avanzan en sentido contrario, esta onda estacionaria tiene la característica de que duplica la altura de ola incidente Fig.4.16.

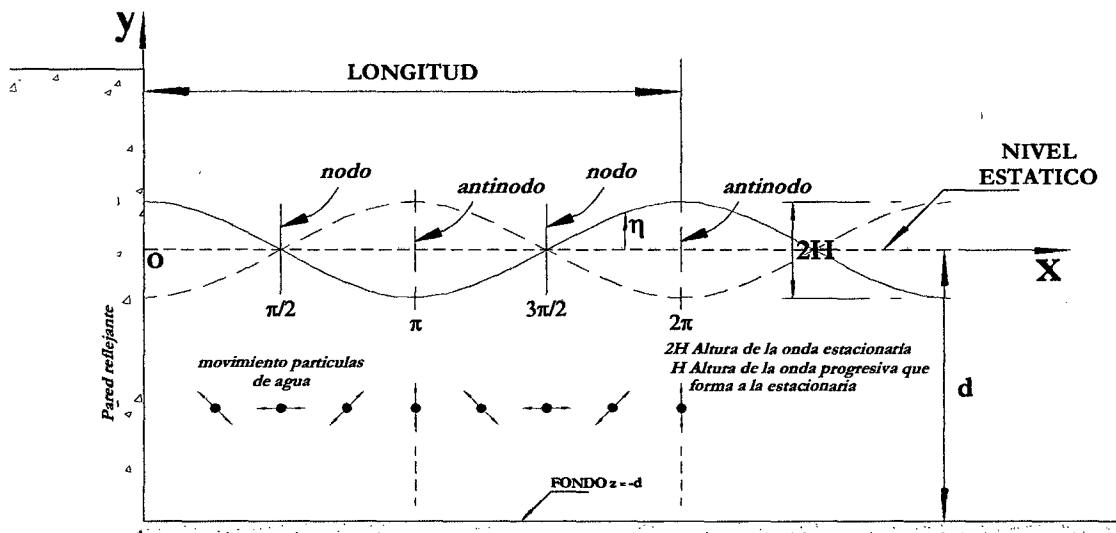


Fig. 4.16 ONDA ESTACIONARIA (CLAPOTIS) - SHORE PROTECTION MANUAL

Cuando más vertical sea el obstáculo, mayor será la reflexión, y por el contrario, será menor en el caso de que exista una pendiente gradual, rugosa y permeable. Si el oleaje no incide normalmente sobre un obstáculo será reflejado con un ángulo igual al de incidencia.

La medida que muestra la cantidad de energía que es reflejada por una barrera, es el coeficiente de reflexión K_R , dado por:

$$K_R = \frac{\text{altura de la ola reflejada}}{\text{altura de la ola incidente}} = \frac{H_R}{H_I}$$

El fenómeno de reflexión del oleaje es muy importante en el diseño de las aguas en un puerto, ya que por la boca se introducen las olas difractadas que pueden

ser reflejadas por muros y muelles, provocándose el fenómeno de resonancia, que podría poner en peligro a las embarcaciones. Es recomendable, por lo tanto, en el proyecto del puerto tratar de evitar hasta donde sea posible, el diseñar elementos reflejantes; el estudio de este fenómeno normalmente se hace en un modelo a escala reducida, en donde es posible probar diferentes geometrías del proyecto del puerto.

4.7.3.1 REFLEXIÓN EN PLAYAS

En una playa la energía reflejada es función de su pendiente, permeabilidad y rugosidad, así como del ángulo de incidencia del oleaje y de su relación de esbeltez.

4.7.3.2 REFLEXIÓN EN ESTRUCTURAS

Al incidir el oleaje en una estructura, parte de su energía se refleja, otra de transmite y puede llegar a disipar si la ola rompe.

4.7.3.3 REFLEXIÓN EN ESTRUCTURAS DE ENROCAMIENTO

Las estructuras de enrocamiento amortiguan en gran medida la energía del oleaje, los factores más importantes para ello son el talud, el tamaño de las rocas y la relación de vacíos.

La transmisión de energía a través de una estructura de este tipo puede controlarse mediante la reducción del porcentaje de vacíos en el núcleo de la misma; las olas de corto período son amortiguadas prácticamente en su totalidad. Sin embargo, las olas con períodos largos pueden lograr atravesarla por lo que siempre se busca que el núcleo tenga en sus piedras un rango de tamaños que convierta a las estructuras en impermeables, de tal forma que se evite la transmisión de energía hacia el recinto portuario.

4.7.4 ROMPIENTE

Otra característica relacionada con el paso de las olas por aguas poco profundas es su tendencia a erizarse, desestabilizarse y romper. El proceso de rompimiento de la ola implica la liberación de su energía, que puede entonces realizar trabajo en términos de erosión de los acantilados y movimiento o transporte de material de playa. El modo en que rompe la ola, el tipo de ola de rompiente resultante y la consecuente capacidad del rompimiento para realizar trabajo y

modificar la línea de costa depende de la altura inicial de la ola y de la pendiente de la playa o el acantilado.

Una vez que ha roto la ola, el agua se precipita hacia la playa como swash (flujo de agua turbulenta y espumosa causado por el rompimiento de una ola) y retrocede como reflujos debido al efecto de la gravedad. Todas las olas tienden a depositar sedimentos en la costa antes de romper o acercarse al punto de rompimiento. Sin embargo, después de romper o alejarse de este punto, cada tipo de rompimiento produce un impacto distinto sobre la playa. La rompiente de derrame, asociado generalmente con tormentas, provocan una corriente de anteplaya dominante que causa la erosión de las playas. La rompiente de oleaje, que aparecen con el viento en calma, provocan una corriente en dirección a la costa que causa la acreción de sedimentos y la formación de playas.

A su vez se ha determinado que existen fundamentalmente tres formas o tipos en los que la ola puede romper, denominándoseles internacionalmente a cada una de ellos: Spilling, Plunging y Surging; aunque algunos autores aceptan una forma más llamada Collapsing,

El tipo de rompimiento Spilling o continuo se caracteriza porque se desarrolla gradualmente y presenta una claridad relativa en la cresta de la ola (superficie llena de espuma), se produce cuando una onda se aproxima a la costa sobre un fondo con pendiente muy suave y ondas con esbeltez muy grande. No existiendo una clara línea de rompimiento.

Por su parte el rompimiento tipo Plunging o rodante se lleva a cabo en forma drástica, curvándose hacia adelante la cresta, produciendo mucha espuma y turbulencia disipando gran cantidad de energía en espacios relativamente cortos. De esa rompiente sigue otra onda con altura media menor, que posteriormente puede volver a romper mas cerca de la costa; generalmente ocurre para condiciones intermedias de pendiente del fondo y esbeltez de la onda.. Se distingue por tener una zona de rompimiento perfectamente definida.

La rompiente Surging o ondulante se desarrolla en la parte superior de la cresta en forma semejante al tipo Plunging, con la particularidad de que la base de ella, arriba a la playa antes de que se registre el rompimiento drástico, disipando su energía en forma de un frente con espuma, que sube sobre la playa; ocurre cuando la

playa tiene una pendiente grande. Quedando perfectamente definida la zona de rompiente, casi en la línea de costa,

Finalmente, el tipo Collapsing es una combinación o transición entre las formas plunging y surging, se usa para describir una condición extrema de la rompiente ondulante.

Se ha demostrado, por otra parte, que el tipo de rompiente de una ola en una costa depende tanto de la relación de esbeltez γ , como de la pendiente de la playa m ; los valores deducidos al respecto por Wiegel se presentan a continuación.

Tabla 4.6 TIPO DE ROMPIENTE

TIPO DE ROMPIENTE EN RELACION DE LA ESBELTEZ Y LA PENDIENTE (WIEGEL)			
PENDIENTE	SURGING	PLUNGING	SPILLING
1:50	$\gamma \leq 0.0039$	$0.0037 \leq \gamma \leq 0.020$	$\gamma \geq 0.020$
1:20	$\gamma \leq 0.0079$	$0.0079 \leq \gamma \leq 0.035$	$\gamma \geq 0.035$
1:10	$\gamma \leq 0.0100$	$0.0100 \leq \gamma \leq 0.060$	$\gamma \geq 0.060$

4.7.4.1 ALTURA DE LA OLA EN ROMPIENTE

Debido a la capacidad del rompimiento para modificar la línea de costa y los efectos que provoca en las estructuras marinas; es de importancia para el diseño conocer si estarán sujetas a la acción de las olas rompiendo o lejos de esta situación estructuras como rompeolas, espigones, escolleras, muros, etc.

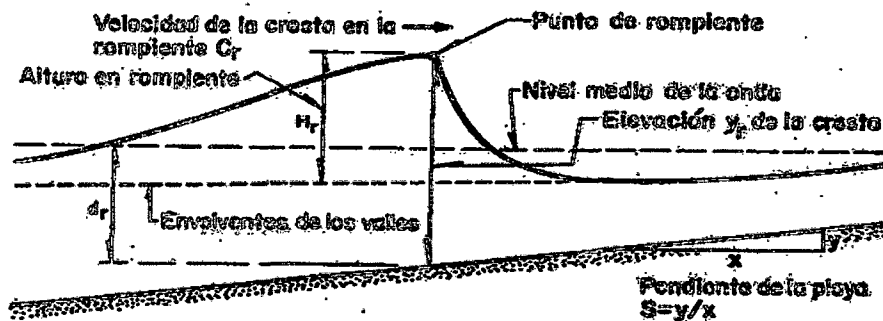


Fig. 4.17 OLA EN ROMPIENTE

La distancia vertical entre la altura de la cresta de la ola en la rompiente y el valle inmediato delante de ella es lo que se conoce como altura en rompiente.

A.- En aguas profundas

Si la esbeltez de la ola aumenta, llega un momento en que es inestable siendo el valor límite en aguas profundas para la rotura de la ola:

$$\gamma = \left(\frac{H_0}{L_0} \right)_{\max} = 0.142 \approx \frac{1}{7} \Rightarrow (H_0)_{\max} = 0.142 \cdot L_0$$

Cuando se alcanza este valor la ola empezará su proceso de rompimiento, disipando parcialmente su energía. Esta rotura sucede cuando la velocidad de las partículas en las cresta de las olas se iguala con la celeridad de la onda y un incremento en la relación de esbeltez incrementa la velocidad de las partículas provocando la inestabilidad de la ola. La rotura en este caso está asociada también al ángulo que forma la cresta, tal y como se muestra en la siguiente Fig.4.18.

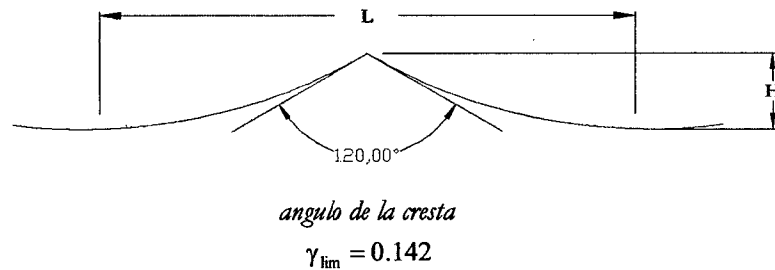


Fig. 4.18 LIMITE DE ESBELTEZ DE LA OLA - SHORE PROTECTION MANUAL

B.- En aguas someras

En este caso la ola rompería por efecto de la profundidad del fondo; y para obtener la altura en rompiente, H_r , se recomienda utilizar las curvas propuestas por Goda (Fig. 4.19).

$$\frac{H_r}{H_0} = f\left(\frac{H_0'}{L_0}, s\right)$$

Donde s es la pendiente de la playa; H_r depende de la playa y de las características de la onda en aguas profundas, pero tomando en cuenta la variación de la separación entre ortogonales desde aguas profundas hasta frente a la rompiente y la fricción cuando ella sea importante.

$$H_0' = \sqrt{\frac{b_0}{b}} H_0 \quad \Rightarrow \quad H_0' = K_r H_0$$

4.7.4.2 PROFUNDIDAD EN LA ROMPIENTE

Para diseñar obras marítimas además se requiere conocer la profundidad a la cual las ondas llegan a romper. Para lo cual se pueden utilizar las curvas propuestas por Goda (Fig. 4.20).

$$\frac{d_r}{H_0'} = f\left(\frac{H_0'}{L_0}, s\right)$$

Donde d_r es la profundidad en la rompiente. Conocido d_r se deberá comparar con la profundidad d a la cual está desplantada la estructura. Si $d > d_r$ la estructura estará sujeta a oleaje no rompiente.

Para conocer los valores $d_{r\text{max}}$ y $d_{r\text{min}}$; es decir el rango de profundidad en el cual con seguridad rompe la ola, se deberá utilizar la Fig. 4.21 en la que los parámetros α y β se obtiene en función de H_r/gT^2 . Finalmente se obtiene:

$$d_{r\text{m}\acute{a}\text{x}} = \alpha H_r$$

$$d_{r\text{m}\grave{\text{i}}\text{n}} = \beta H_r$$

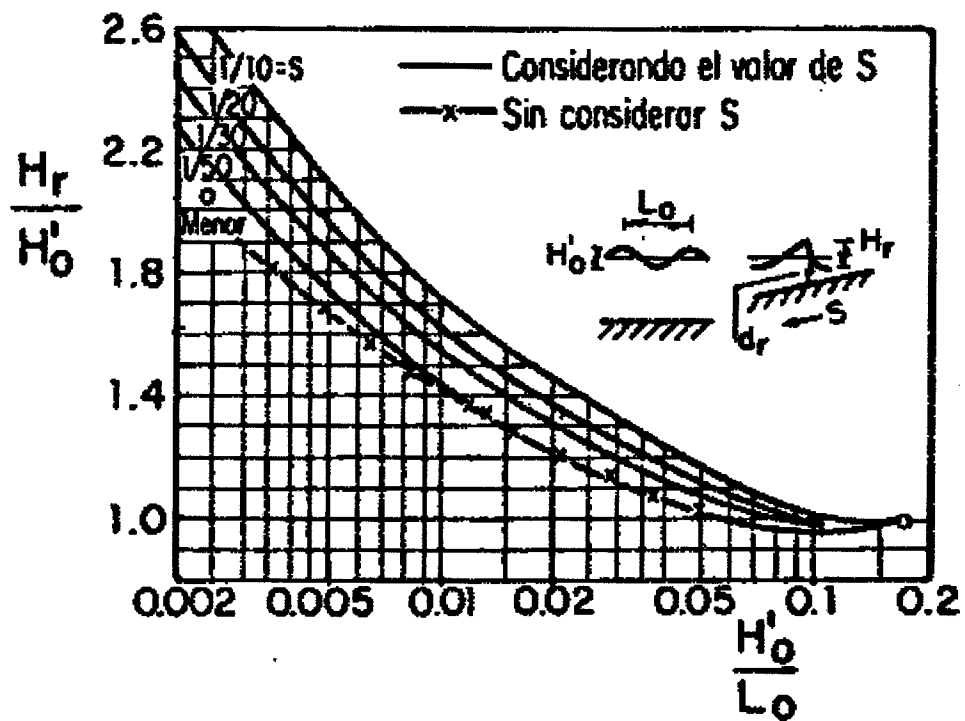


Fig. 4.19 ALTURA DE LA OLA ROMPIENTE

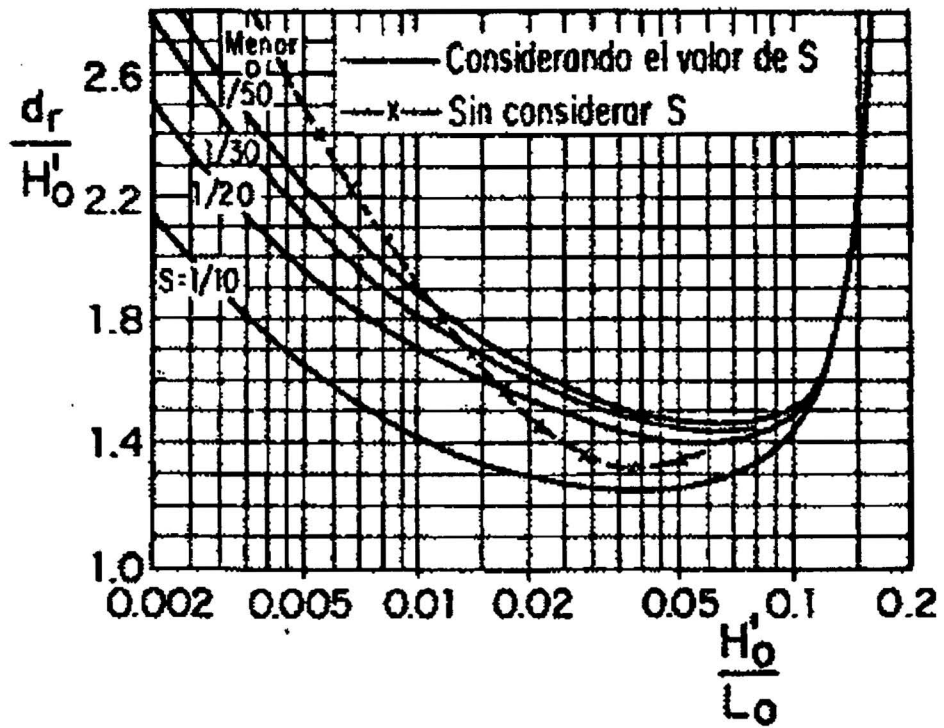


Fig. 4.20 PROFUNDIDAD EN LA ROMPIENTE

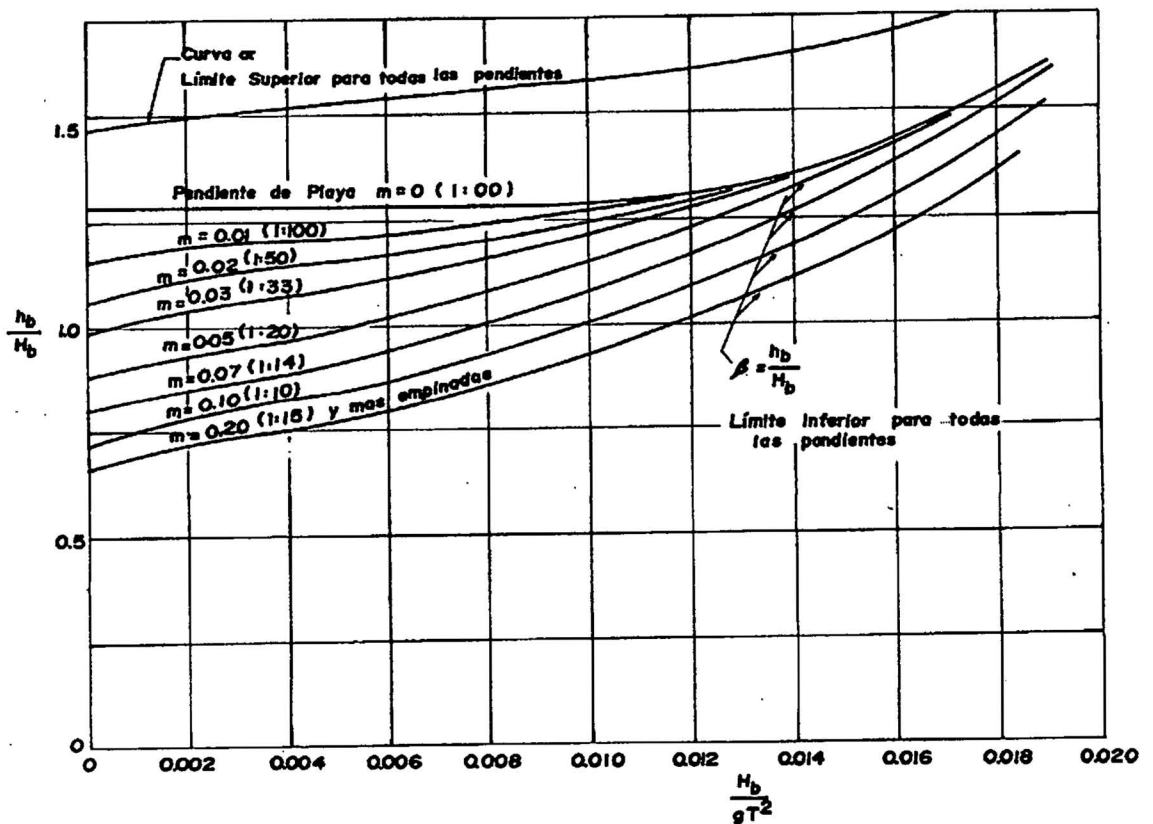


Fig. 4.21 PROFUNDIDAD EN LA ROMPIENTE: VALOR MAXIMO Y MINIMO

5.1 ROMPEOLAS

Son estructuras cuya función esencial es proteger a las costas del impacto de los oleajes provenientes de aguas profundas. A su vez, otras funciones que se dan paralelamente con la construcción de los espigones son el encauzamiento de corrientes, interrupción del transporte litoral, ganancias de terreno al mar. Cuando su función es proteger playas contra la erosión o mantenerlas cuando estas se forman artificialmente se les denomina *espigones*.

5.2 CLASIFICACION

Cualquiera que sea la función que cumpla un rompeolas, estructuralmente debe ser capaz de resistir las diferentes acciones o fuerzas a las que estará sujeto, siendo la principal de ellas la correspondiente al oleaje. Acorde a esta característica, los rompeolas se dividen en los que amortiguan el oleaje y los que impiden el paso del oleaje.

5.2.1 ROMPEOLAS QUE AMORTIGUAN EL OLAJE

Su uso no es muy usual y su utilización se restringe a casos especiales.

5.2.1.1 ROMPEOLAS SUMERGIDOS

Producen una disminución en la altura de ola incidente, mediante una reflexión parcial

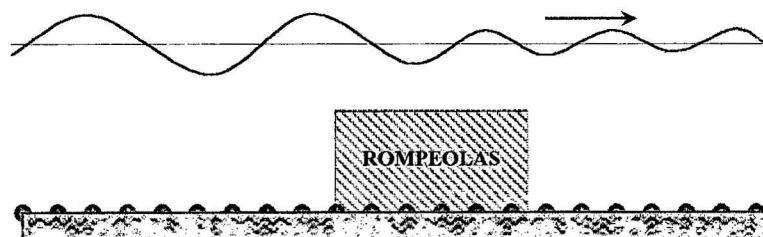


Fig. 5.1

ROMPEOLAS SUMERGIDO

5.2.1.2 ROMPEOLAS FLOTANTES

También produce disminución en la altura del oleaje incidente.

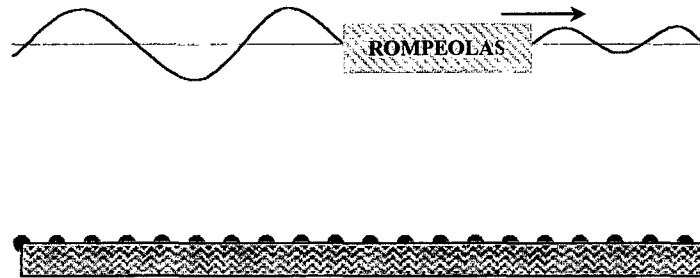


Fig. 5.2 ROMPEOLAS FLOTANTES

5.2.1.3 ROMPEOLAS NEUMATICOS O HIDRAULICOS

El amortiguamiento del oleaje se logra mediante dispositivos especiales que inyectan aire o agua a presión.

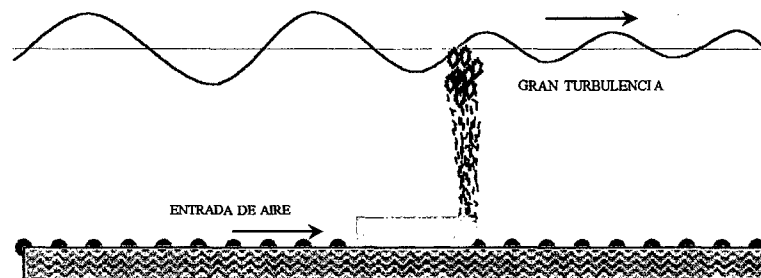


Fig. 5.3 ROMPEOLAS NEUMATICO

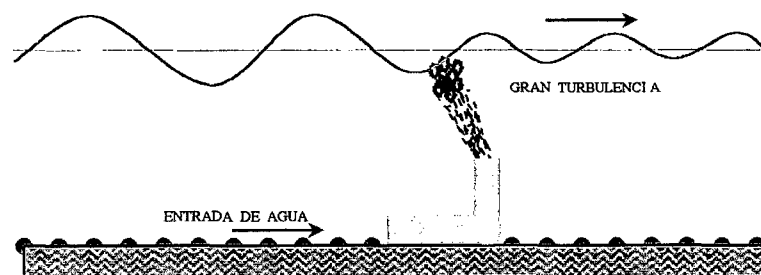


Fig. 5.4 ROMPEOLAS HIDRAULICO

5.2.2 ROMPEOLAS QUE IMPIDEN EL PASO DEL OLAJE

Su los mas usuales, pudiendo clasificarse en relación a la forma en que se oponen al oleaje, en: de paramento vertical; a talud; y mixto.

5.2.2.1 ROMPEOLAS DE PARAMENTO VERTICAL

Constituidas por una pared vertical formada, en general por cajones, de concreto rellenos con arena o roca, sustentados por un enrocamiento, hincado o en el fondo. Sometidos a empujes ascendentes y horizontales, oponiendo el rompeolas ante estos esfuerzos, su peso propio y el rozamiento en su base. Los cuales serán capaces de garantizar su estabilidad.

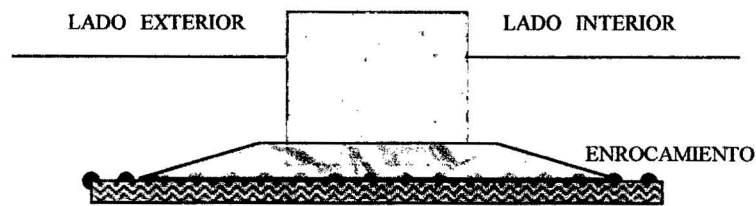


Fig. 5.5 ENROCAMIENTO DE PARAMENTO VERTICAL

5.2.2.2 ROMPEOLAS A TALUD

Están constituidos, en general, por un núcleo de enrocamiento (piedras relativamente pequeñas), que impiden la transmisión de la energía dada su baja porosidad; este a su vez, está protegido por una o varias capas también de enrocamiento pero con tamaños crecientes, cuya función es la de evitar la dispersión del núcleo por la acción del oleaje y que normalmente reciben el nombre de capa secundaria. La última capa o manto exterior se denomina coraza, puede estar constituido por elementos prefabricados de concreto o rocas en 2 o más capas; siendo esta capa la que resiste directamente la acción del oleaje.



Fig. 5.6 ENROCAMIENTO A TALUD

5.2.2.3 ROMPEOLAS MIXTOS

Consisten en una muralla vertical que reposa directamente, bien sobre el fondo del mar cuando la profundidad es poca y el terreno resistente o, más usual, sobre un enrocamiento cuya corona se encuentra cuando mucho al nivel de bajamar.

La característica fundamental de este rompeolas es que las olas se reflejan sobre él en condición de pleamar y rompen contra el talud en condición de bajamar. Cuando el enrocamiento llegue hasta por arriba de pleamar, dejará de tratarse como un rompeolas mixto para ser un rompeolas a talud con espaldón o parapeto.

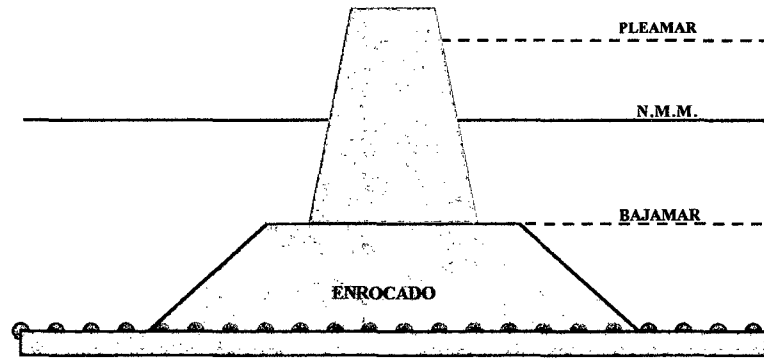


Fig. 5.7 **ENROCAMIENTO MIXTO**

5.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

En este apartado se tratarán los diferentes parámetros que intervienen en el proceso de diseño de un rompeolas de paramento a talud, por ser los más usados en nuestro país.

5.3.1 FUERZAS QUE INTERVIENEN EN LA ESTABILIDAD

En los diseños que se realizan en la práctica, las fuerzas que se consideran actuando en la estabilidad de los rompeolas son esencialmente dos: fuerzas debido al oleaje y fuerzas debido al peso propio y rozamiento de los elementos que constituye la coraza, es decir los que directamente soportan el oleaje.

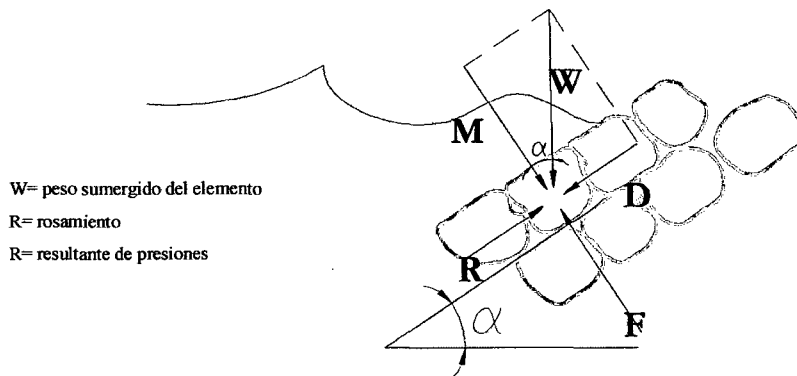


Fig. 5.8 **ESQUEMA DE FUERZAS QUE INTERVIENEN EN LA ESTABILIDAD DE LA CORAZA**

5.3.2 PESO DE LOS ELEMENTOS DE CORAZA

Las expresiones para calcular el peso de los elementos de la coraza son empíricas y están en función de la altura de la ola de diseño, y fueron calibradas mediante ensayo en modelos. La fórmula más usada para calcular el peso de los elementos es la propuesta por Hudson y está basada en la de Iribarren.

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D (S_s - 1)^3 \cot \theta}$$

donde

W	Peso de un elemento en la capa primaria o coraza, en kgf
γ_s	Peso específico del elemento que va a formar la coraza, en kgf/m ³
S_s	Densidad de sólidos, igual a γ_s / γ , donde γ es el peso específico del agua en el cual estará inmersa la escollera, adimensional
H	Altura de la ola de diseño frente a una sección o tramo de escollera, en m. Se trabaja con la ola significativa.
θ	Ángulo del talud de la estructura con respecto a la horizontal
K_D	Coefficiente de estabilidad, adimensional

5.3.2.1 RESTRICCIONES DE LA FÓRMULA

Hudson encontró que la ecuación da resultados satisfactorios para ángulos α pequeños y piedras colocadas a volteo, aunque debe tomarse con reservas para ángulos α grandes que generalmente se usan cuando se utilizan elementos prefabricados. Además, se ha visto que K_D es función del ángulo α de la pared inclinada de la estructura y de la forma del elemento con que es construida.

Hudson propone la fórmula de estabilidad para el peso de los elementos aplicable a la condición de no daños en la estructura y que la ola no pase sobre ella. Dicha ecuación ha través de múltiples ensayos en laboratorio, y da un nombre razonable del peso de los elementos (ver Tabla 5.1).

5.3.2.2 VARIABILIDAD DE LA FÓRMULA

No todos los parámetros en la fórmula de Hudson, pueden ser determinados exactamente para un diseño dado. En la siguiente discusión la influencia de pequeños cambios dado en un parámetro será reflejado en una variación del peso resultante de la unidad W, todos los parámetros se asumirán constantes.

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

Incrementando el peso específico de la unidad de armadura γ_s en un 10%, disminuirá en un 30% el peso W . Disminuyendo el peso específico en un 10%, aumentará el peso necesario en un 55%.

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

5.3.2.3 SELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE ESTABILIDAD

Las variables que interviene en la selección del coeficiente K_D son:

1. Forma de los elementos que constituye la escollera, es decir, piedras o elementos prefabricados.
2. Número de unidades que forman el espesor de la coraza.
3. Manera de colocar los elementos, al azar o acomodados.
4. Tipo de ola que incide sobre la estructura, rompiente o no rompiente.
5. Parte de la estructura que se está diseñando, tronco (cuerpo) o morro.
6. Ángulo que forma el talud de la estructura con respecto a la horizontal
7. Porcentaje de daño aceptado, al actuar el oleaje de diseño.

En la Tabla 5.1 se indican los valores de K_D y en ellos se considera un posible daño entre 0 y 5%. Si se desea tomar en cuenta porcentajes de daño mayor, el valor de K_D se determina con la Tabla 5.2.

Los valores de la Tabla 5.2 se utilizan si la ola es no rompiente, se está diseñando el tronco y el espesor de la coraza está formado por dos elementos colocados aleatoriamente.

Al aceptar daños en la estructura se selecciona un K_D mayor o bien una menor altura de ola de diseño. En ambos casos se obtiene un menor peso de los elementos, Por ello en la Tabla 5.2 se puede seleccionar el K_D de diseño, o bien obtener el valor de una ola de diseño menor, ya que se dan los valores de $H/H_{D=0}$. Con uno cualquiera de esos valores se entra a la fórmula dada por Hudson. Para no cometer errores conviene tomar en cuenta lo siguiente; En la Tabla 5.2, D , es el porcentaje de daño,

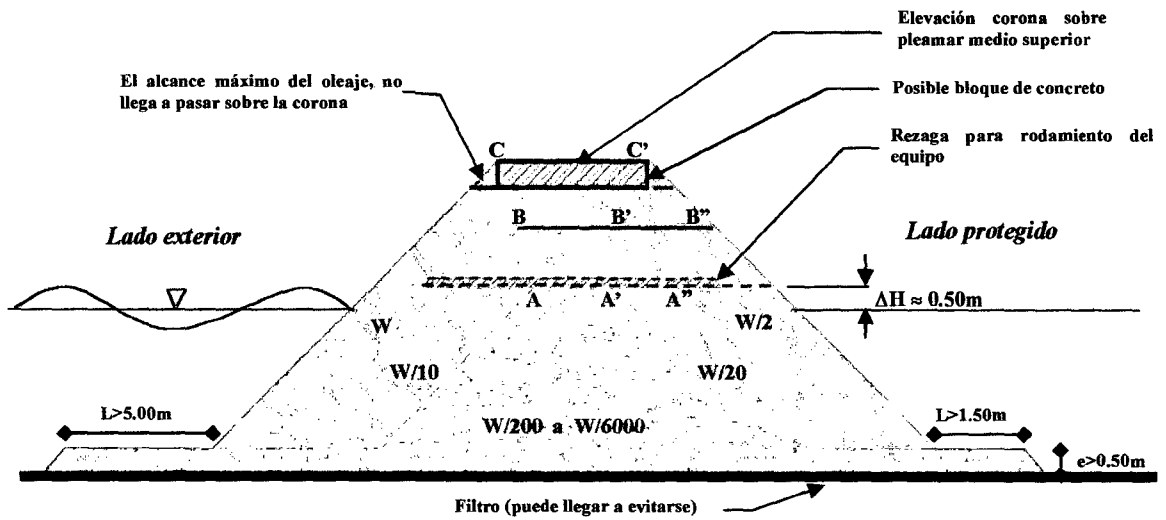
TIPO DE ELEMENTO EN LA CORAZA	n(1)	COLOCACIÓN	CUERPO (TRONCO) DE LA ESCOLLERA (4)		MORRO DE LA ESCOLLERA		TALUD
			OLA ROMPIENTE	OLA NO ROMPIENTE	Ola rompiente	Ola no rompiente	
			Roca de cantera Lisa y redondeada	2	Azar	2.1	
Lisa y redondeada	>3	Azar	2.8	3.2	2.1	2.3	3.0
Rugosa y angulosa	1	Azar (2)	(2)	2.9	(2)	2.3	(5) (5)
Rugosa y angulosa	2	Azar	3.5	4.0	2.9 2.5 2.0	3.2 2.8 2.3	1.5 2.0 3.0
Rugosa y angulosa	>3	Azar	3.9	4.5	3.7	4.2	(5)
	2	Especial (3)	4.8	5.5	3.5	4.5	(5)
Tetrápodo y cuadrípodo	2	Azar	7.2	8.3	5.9 5.5 3.7	6.6 6.1 4.1	1.5 2.0 3.0
Tribar	2	Azar	9.0	10.4	8.3 7.8 7.0	9.0 8.5 7.7	1.5 2.0 3.0
Dolos	2	Azar	22.0 (6)	25.0 (6)	15.0 13.5	16.5 15.0	2.0 (7) 3.0
Cubo modificado	2	Azar	6.8	7.8	--	5.0	(5)
Hexápodo	2	Azar	8.2	9.5	5.0	7.0	(5)
Tribar	1	Uniforme	12.0	15.0	7.5	9.5	(5)

1. Número de elementos de la capa de coraza
2. El uso de una capa de coraza formada con un solo elemento de roca sujeta a olas rompientes no es recomendada y solo bajo condiciones especiales para olas no rompientes.
3. Colocación especial con el eje longitudinal de la roca puesta en dirección perpendicular al paralelo de la escollera.
4. Aplicable en taludes comprendidos entre 1.5:1 y 5:1
5. Hasta no tener más información disponible acerca de la variación de K_D con respecto al talud, el uso de K_D deberá limitarse a taludes comprendidos entre 1.5:1 y 3:1.
6. Datos disponibles únicamente para taludes 2:1
7. Pendientes mayores de 2:1 no son recomendables en la actualidad.

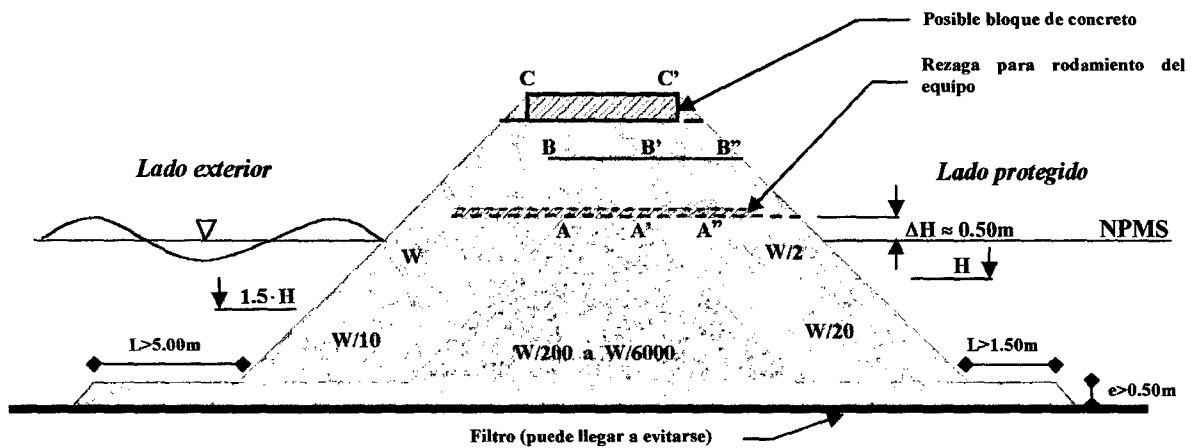
Tabla. 5.1 VALORES DETERMINADOS DE K_D PARA DETERMINAR EL PESO DE LAS UNIDADES DE CORAZA (CRITERIO SIN DAÑO, SEGÚN CERC)

Tipo de elemento		Daños, en porcentaje (D)						
		0 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 20	20 a 30	30 a 40	40 a 50
Roca de cantera (lisa)	$H/H_D=0$	1.00	1.08	1.14	1.2	1.29	1.41	1.54
	K_D	2.4	3.0	3.6	4.1	5.1	6.7	8.7
Roca de cantera (rugosa)	$H/H_D=0$	1.00	1.08	1.19	1.27	1.37	1.47	1.56
	K_D	4.0	4.9	6.6	8.0	10.0	12.4	15.0
Tetrápodo y Cuadrípodo	$H/H_D=0$	1.00	1.09	1.17	1.24	1.32	1.41	1.5
	K_D	8.3	10.8	13.4	15.9	19.2	23.4	27.8
Tribar	$H/H_D=0$	1.00	1.11	1.25	1.36	1.50	1.59	1.64
	K_D	10.4	14.2	19.4	26.2	35.2	41.8	45.9

Tabla. 5.2 VALORES K_D EN FUNCION DEL DAÑO SOBRE LA CORAZA Y EL TIPO DE ELEMENTOS UTILIZADOS



- a) Sección para oleaje rompiente, sin paso de la ola sobre la corona
 NPMS Nivel Pleamar media superior.
 $\Delta H = 0.50$ m, es la sobre-elevación mínima que permite el procedimiento de construcción, como nivel de rodamiento durante la construcción se puede seleccionar el A-A'' o B-B''.



- b) Sección para oleaje no rompiente, sin paso de la ola sobre la corona

Fig. 5.9 SECCIONES TRANSVERSALES PARA EL TRONCO DE UNA ESCOLLERA FORMADA CON ENROCAMIENTO O ELEMENTOS PREFABRICADOS

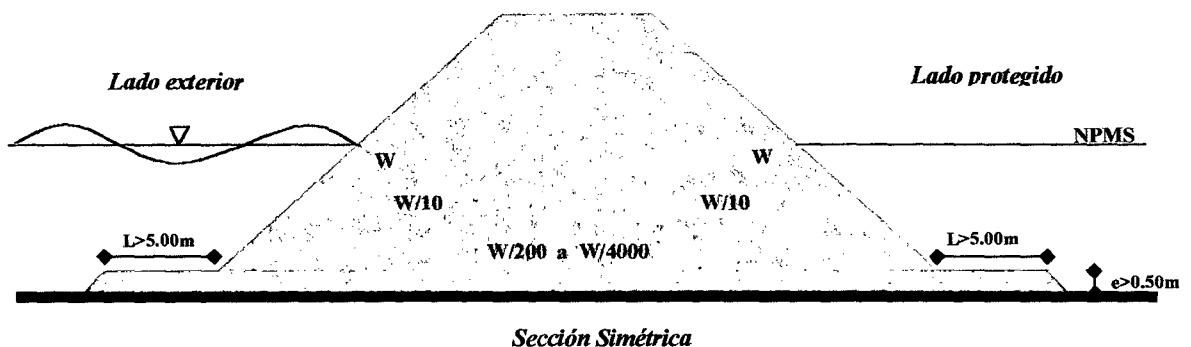


Fig. 5.10 SECCIÓN TRANSVERSAL PARA EL MORRO DE UNA ESCOLLERA FORMADA CON ENROCAMIENTO O ELEMENTOS PREFABRICADOS

$H_{D=0}$ la altura de ola significativa que produce cero daños, H la ola significativa que produce el daño D . Los valores de K_D y $H_{D=0}$ están en función de D y del tipo de material de la coraza. Nótese que para cumplir con la explicación inicial de este párrafo al entrar con la relación $H/H_{D=0}$ se procede al revés, $H_{D=0}$ es la altura de diseño con daño y H la altura de diseño sin daño. Sin embargo al revisar una estructura diseñada con cero daño para la que se desea conocer el daño que producen olas mayores H es esa ola mayor y $H_{D=0}$ tiene el significado inicial, de altura de la ola de diseño para cero daño. Si el oleaje rompe contra la estructura, el talud expuesto al oleaje se construirá con roca de peso W , lo mismo se hará con toda la corona. En cambio el talud protegido se construirá con roca que tiene un peso $W/2$ como se indica en la Fig. 5.9a.

Cuando el oleaje es no rompiente los pesos de los elementos de la coraza se indican en la Fig. 5.9b.

Para la formación del morro, se recomienda distribuir los tamaños de los elementos según lo mostrado en la Fig. 5.10.

5.3.2.4 POROSIDAD

La porosidad en la coraza y en la capa secundaria, construida con roca, varía entre el 33 y 35 por ciento y depende de la forma y colocación de los elementos. Si la porosidad es baja se incrementan la reflexión y el alcance de la ola (run-up). Cuando se utilizan elementos prefabricados la porosidad puede llegar a alcanzar valores hasta 63%.

5.3.2.5 PORCENTAJE DE DAÑOS

El grado de daños usualmente se define como un porcentaje calculado a partir del número de elementos desplazados entre la corona de la estructura hasta un tirante de agua, medido a partir del nivel de reposo del mar igual a una vez la altura de ola. Si se acepta, por ejemplo entre 30 y 40 por ciento de daños para la ola de diseño, se disminuye el peso de los elementos de la coraza. No obstante debe tenerse cuidado de que el daño no pase a las otras capas ya que ellas no pueden resistir el oleaje de diseño. También el porcentaje de daños depende del costo inicial contra los costos de mantenimiento y de riesgo permisible en las zonas protegidas por la estructura.

5.3.3 PESOS DE ELEMENTOS EN LA CAPA SECUNDARIA Y NUCLEO

En la Fig. 5.9 se indican los pesos de los elementos que se recomiendan utilizar en la capa secundaria y núcleo, tanto cuando la ola rompe contra la escollera o rompeolas como para la condición de no rompiente.

Los tamaños recomendados en las Fig. 5.9 y 5.10 evitan que salgan los elementos de las capas interiores.

5.3.4 DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS A LO LARGO DE LA ESCOLLERA

La profundidad del mar a lo largo de la estructura varía desde cero en la zona del arranque hasta la profundidad máxima frente al morro, y como esa profundidad determina la altura máxima del oleaje, la ola de diseño teórica para cada sección de la estructura variará de un máximo valor frente al morro a cero cerca del arranque. Por tanto, el tamaño teórico de los elementos de roca podrá variar de sección a sección, disminuyendo estos tamaños desde el morro hacia al arranque. Al no ser práctica constructivamente esta variación de tamaños se recomienda dividir la longitud total de la obra en 2 a 4 zonas, y cada una se diseñe para diferente altura de oleaje. Dicho oleaje se considera casi siempre rompiente, excepto en el morro, donde el oleaje podrá romper o no romper.

Considerando lo anterior, entonces la elevación de la corona también disminuirá en la misma dirección que el tamaño de roca, del morro al arranque; y la distribución del peso de los elementos de cada zona de la sección transversal pueden variar dentro de diferentes rangos de valores (Tabla 5.3).

Tabla. 5.3 GRADUACIÓN DE TAMAÑOS, SEGÚN CERC

CAPA O ZONA	PESO TEORICO	PESOS REALES COMPRENDIDOS ENTRE
CORAZA	W	$(1.25 \text{ y } 0.75) W$
	$\frac{W}{2}$	$(1.25 \text{ y } 0.75) \frac{W}{2}$
SECUNDARIA	$\frac{W}{10}$	$(1.30 \text{ y } 0.70) \frac{W}{10}$
	$\frac{W}{20}$	$(1.30 \text{ y } 0.70) \frac{W}{20}$
NUCLEO	$\frac{W}{200}$ y $\frac{W}{4000}$	$\frac{W}{200}$ y $\frac{W}{4000}$
	$\frac{W}{200}$ y $\frac{W}{6000}$	$\frac{W}{200}$ y $\frac{W}{6000}$

5.4 CRITERIOS DE DISEÑO

En todos los casos de diseño óptimo de un rompeolas, será aquel que cumpla con los requerimientos para los cuales se construye, al mínimo costo de construcción y mantenimiento. Para ello se tendrá que elegir la altura de la ola de diseño adecuada, además de dimensionar en planta el rompeolas o escolleras para los fines objeto de su diseño. Siendo indispensable diseñar sus secciones transversales, a lo largo de su longitud, la cual en general está constituida de tres partes; morro, cuerpo y arranque.

5.4.1 ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DEL OLAJE

Uno de los factores fundamentales para el diseño de rompeolas o escolleras es el relativo a las características del oleaje; el cual se puede obtener de muy diversas maneras, ya sea de estudios de medición directa, de información proporcionada por alguna agencia hidrográfica, de predicción basada en condiciones meteorológicas así como estudios estadísticos y de probabilidad de ocurrencias, etc. El problema de elegir la altura de la ola de diseño, se soluciona cuando la obra se ensaya en modelo reducido con oleaje irregular, que considera todas las alturas previsible. Por eso una forma más usual de obtener la altura de ola de diseño es mediante el análisis estadístico y probabilístico de ocurrencia.

Generalmente la altura de la ola de diseño para una estructura de enrocamiento a talud es menor que la máxima dentro de una distribución de alturas (generalmente la altura significativa); y esto es a que en caso de existir una falla debida a oleaje mayor, ocurre en una forma progresiva y el desplazamiento de elementos de la coraza y su pérdida, no significarán una pérdida completa de protección. Sin embargo, puede en ocasiones utilizarse la máxima altura del tren y de esa manera no permitir daño alguno. En algunas otras ocasiones, la altura de la ola de diseño es la que puede ocurrir a la profundidad a que llega la obra, es decir, este es el criterio de la máxima ola que puede romper a esa profundidad.

En conclusión, se puede decir que la elección de la ola de diseño será cuestión directa del proyectista, el cual deberá tomar en cuenta todos los factores físicos y económicos implicados, para sustentar su elección, siendo recomendable considerar:

1. Características del oleaje de diseño en aguas profundas asociado a un periodo de retorno, generalmente la altura y periodo de la ola significativa.
2. Características de ese oleaje cerca de la estructura e influenciado por la batimetría (refracción).
3. Relacionado con el inciso anterior está si la ola frente a la estructura es rompiente o no rompiente

5.4.2 DISEÑO EN PLANTA DEL ROMPEOLAS

El desarrollo y localización de rompeolas y escolleras toma en cuenta el espacio que se desea lograr como recinto protegido, la batimetría de la costa, la dirección de los oleajes más frecuentes y más intensos denominados reinante y predominante, las zonas en las que se desea protección completa (es decir calma absoluta) y además la interacción de la obra con las corrientes y el transporte litoral. Este último punto conviene estudiarlo en un modelo marítimo.

Para proteger obras de toma de plantas termoeléctricas, las escolleras deben situarse de tal forma que se logre el máximo amortiguamiento del oleaje frente a la casa de bombas y que la entrada de arena se evite o reduzca a un mínimo. Si no se puede evitar completamente la entrada de arena se deberá dejar espacio para que esta se deposite y maniobre el equipo de dragado.

En grandes obras se deberá estudiar la mejor localización de las escolleras y rompeolas en un modelo hidráulico que puede ser distorsionado de fondo fijo o móvil. Una vez definida su localización se podrá estudiar su agitación interior en un modelo marítimo de fondo fijo sin distorsión.

Cuando las escolleras se construyen para mantener una profundidad de navegación en la boca de un río o laguna, conviene que sean paralelas conservando entre ellas el ancho del río y llegando sus extremos, de preferencia, hasta la línea batimétrica que coincida con el nivel de fondo del canal de navegación. Y cuando se construyen sólo para mantener abierta la boca de una laguna litoral, se pueden trazar convergiendo de tierra hacia el mar y dejando entre sus morros una separación igual al ancho del canal de comunicación que hay entre el mar y la laguna.

5.4.3 DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL ROMPEOLAS

Para dimensionar la sección transversal deberá tomarse en cuenta los siguientes factores.

5.4.3.1 ANCHO DE LA CORONA

El ancho mínimo constructivo de la corona, tanto de la coraza como de la capa secundaria, se determina mediante.

$$B = nK_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_S} \right)^{1/3}$$

Donde

n número de elementos; el máximo de elementos es de 3

K_{Δ} coeficiente de capa; se obtiene de la Tabla 5.4

W peso de un elemento en la corona, en kgf. (fórmula de Hudson)

γ_S Peso específico del elemento en la formar la coraza, en kgf/m³

El coeficiente W/γ_S es el volumen de un elemento.

Elemento de coraza	n	Colocación	Coficiente de capa K_{Δ}	Porosidad P%
Roca de cantera (lisa)	2	Volteo	1.02	38
Roca de cantera (rugosa)	2	Volteo	1.15	37
Roca de cantera (rugosa)	>3	Volteo	1.10	40
Cubo modificado	2	Volteo	1.10	47
Tetrápodo	2	Volteo	1.04	50
Quadrípedo	2	Volteo	0.95	49
Hexápodo	2	Volteo	1.15	47
Tribar	2	Volteo	1.02	54
Dolos	2	Volteo	1.00	63
Tribar	1	Uniforme	1.13	47

Tabla. 5.4 GRADUACION DE TAMAÑOS, SEGÚN CERC

El ancho de la coraza queda definido por la ecuación de este acápite mientras que el de la capa secundaria queda dado por la geometría de la sección.

5.4.3.2 ELEVACION DE LA CORONA

La elevación de la coronación de la estructura queda determinada, entre otras causas, por la necesidad de evitar el paso de la ola sobre la corona; que se obtiene conociendo el alcance máximo del oleaje (run-up). De esta forma para garantizar que

la estructura no este sometida a oleajes que sobrepasen el nivel de coronación, podremos calcular como:

$$\boxed{MHW + R_U + S}$$

Donde	
MHW	nivel de alta marea
R _U	elevación vertical máxima de las olas con respecto del nivel de aguas tranquilas
S	borde libre (recomendándose 0.50m)

Según el proceso constructivo, el nivel de la corona dependerá del nivel de pleamar media superior, de la elevación del plano de construcción de la primera etapa (por ejemplo, la línea AA' o BB' Fig. 5.9) y de los espesores de la coraza o de la coraza y capa secundaria. Así, por ejemplo. Si se escoge la línea AA' (Fig.5.9), la elevación de la corona, debido al procedimiento constructivo, es igual a la elevación del nivel de pleamar máxima superior más 0.50m de borde libre mas los espesores de la capa secundaria y coraza.

5.4.3.3 ESPESOR DE LA CORAZA Y CAPA SECUNDARIA

El espesor E, ya sea de la coraza o capa secundaria, se determina con la siguiente ecuación.

$$\boxed{E = nK_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_s} \right)^{1/3}}$$

El número de elementos en un área A del talud esta dado por

$$\boxed{N = nK_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_s}{W} \right)^{2/3} A}$$

Donde	
N	número de elementos
A	área de capa; generalmente se escoge un área unitaria de 10 a 100m ²
n	número de elementos que forman la capa
P	porosidad en porcentaje, se obtiene de la tabla 5.4
W	peso de los elementos que forman la coraza (fórmula de Hudson)

5.4.3.4 ALCANCE DE LA OLA Ó RUN-UP

Cuando las olas llegan a la costa o a una estructura tienden a subir por su talud. Se define como alcance de la ola, la máxima distancia medida verticalmente sobre el nivel estático del agua, que alcanza la ola al llegar contra una estructura o una frontera natural, como la playa Fig. 5.11.

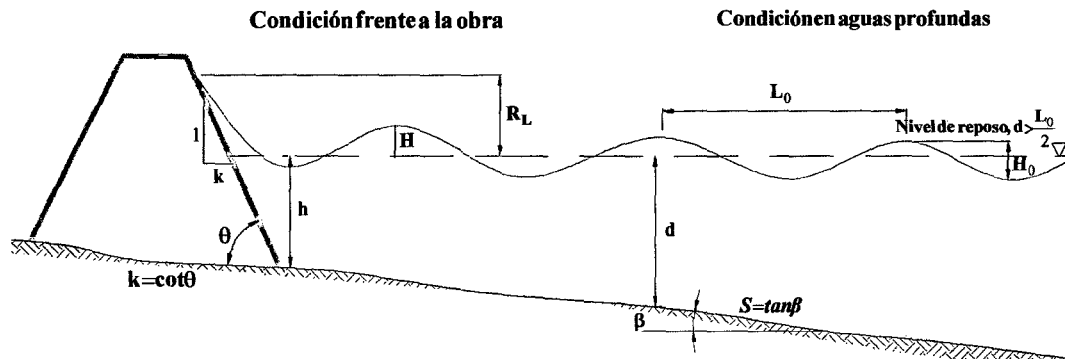


Fig. 5.11 DEFINICION DE TERMINOS UTILIZADOS EN EL ALCANCE DE LA OLA

En el diseño es importante calcular el alcance de la ola sobre la estructura, ya que permite obtener la elevación mínima de la corona de la obra, que evite el paso del agua sobre ella; o bien, si se escoge una elevación de la corona, permite conocer la altura de la ola máxima que no alcanza a pasar sobre la obra. Considerándose 3 condiciones al momento de valuar el alcance de la ola.

1. La ola es no rompiente sobre la obra.
2. La ola rompe sobre el talud de la obra.
3. La ola rompe antes de llegar al talud de la obra.

Si la ola no rompe antes de llegar a la estructura, puede romper sobre el talud si el ángulo θ que forma con la horizontal Fig. 5.11 es menor que el $\theta_{\text{crítico}} (\theta_c)$, dado por la relación.

$$\frac{(2\theta_c)^{1/2} \sin^2 \theta_c}{\pi^{3/2}} = \frac{H_0}{L_0}$$

Donde θ_c está dado en radianes.
 Si $\theta \geq \theta_c$, la ola no rompe sobre el talud.
 Si $\theta < \theta_c$, la ola rompe sobre el talud.

Mediante estudios realizados se determinó la forma de valuar cada condición, cuando la pared de la obra es lisa; y para tomar en cuenta el efecto ocasionado para otras superficies diferentes a la lisa en el valor del alcance, Battjes propuso en 1970 utilizar un coeficiente correctivo r , el cual es función del material y acabado del talud de la obra. Por tanto el alcance real de la ola es:

$$R = r \cdot R_L$$

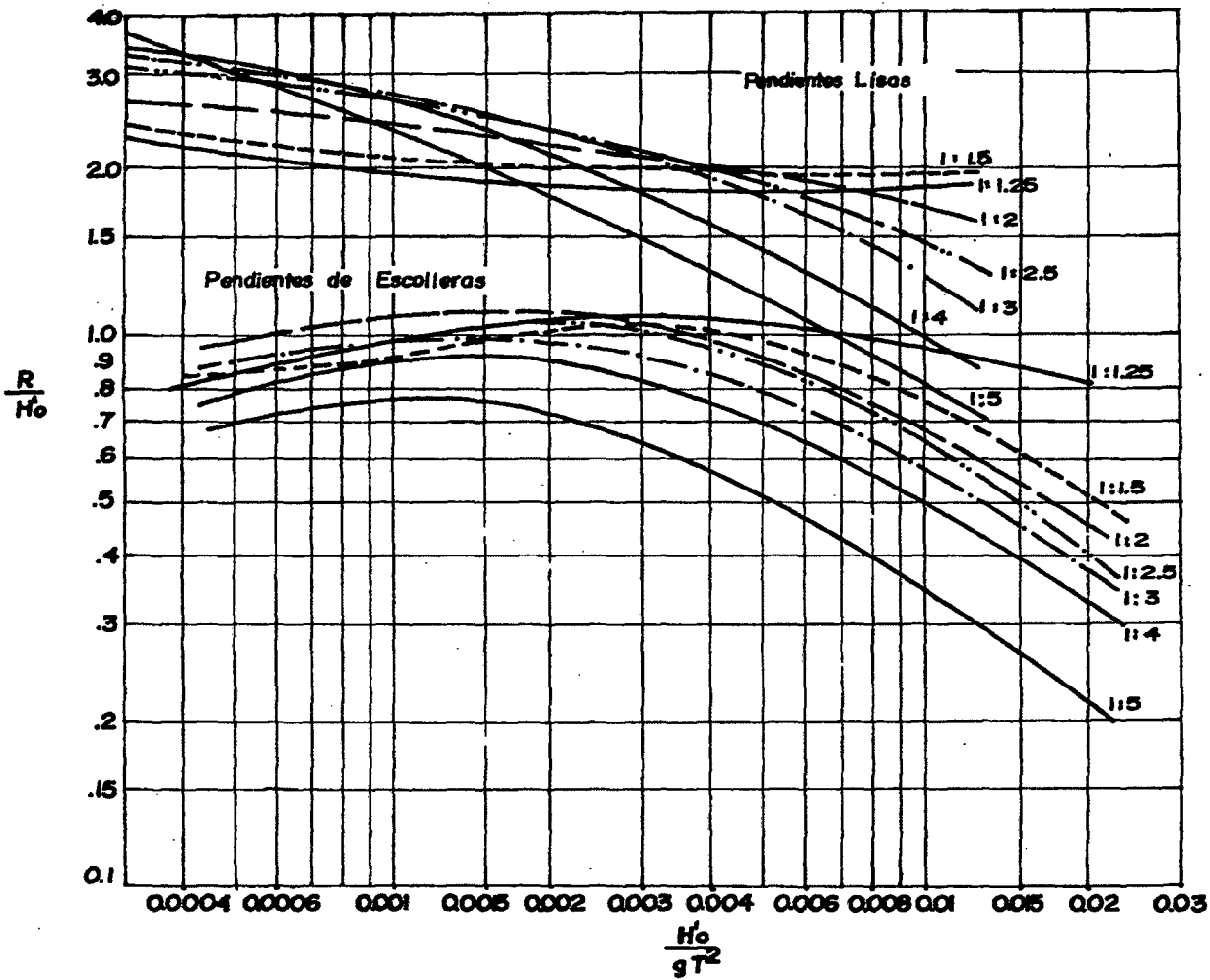


Fig. 4.18 RUN UP PARA PENDIENTES LISAS Y DE ESCOLLERAS PERMEABLE

5.5 DISEÑO DE ESPIGONES

Los espigones sirven para proteger playas contra la acción erosiva de las corrientes litorales y del oleaje. Con ellos se puede estabilizar playas ya sea para protección de la costa o para atractivo turístico.

Los espigones son pequeñas barreras que se construyen, por lo general, perpendiculares a la costa, otros se construyen formando un ángulo con la línea de costa, cuando el oleaje reinante (oleaje más frecuente) y dominante (oleaje más intenso) generalmente llega de una sola dirección. También se construyen separados de la costa y paralelos.

Bajo algunas limitaciones definidas, los espigones se pueden emplear para estabilizar una playa sujeta a avances y retrocesos intermitentes, para reducir el transporte litoral al reorientar un tramo de línea de costa, para ampliar la playa atrapando material litoral o para prevenir la pérdida del material playero.

Los espigones también se pueden disponer como un sistema de espigones; considerando un transporte litoral y un oleaje permanente en una sola dirección Fig.4.19, la línea de playa tiende a alinearse con los frentes de onda.

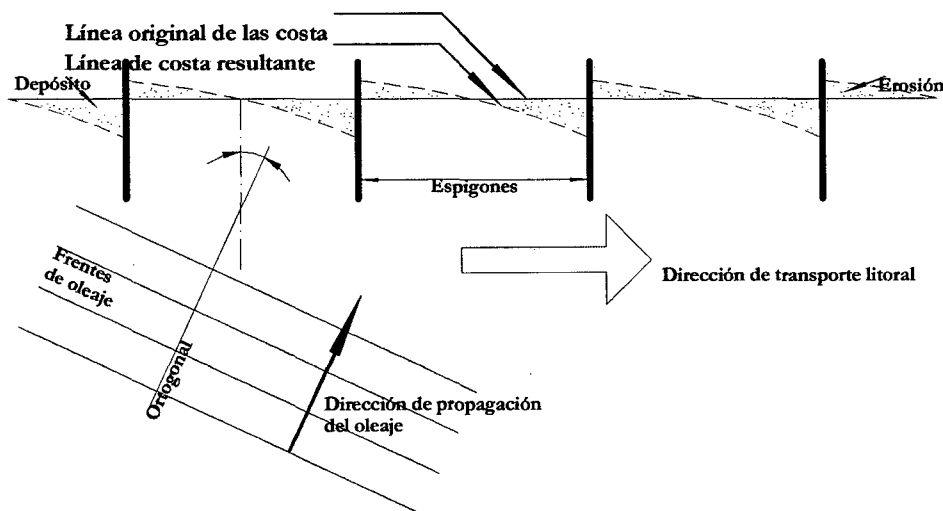


Fig. 4.19 *MODIFICACIONES QUE SUFRE LA LÍNEA DE COSTA POR LA PRESENCIA DE UN SISTEMA DE ESPIGONES*

5.5.1 TIPOS DE ESPIGÓN

Los espigones se clasifican en permeables e impermeables, altos o bajos, y fijos o ajustables. Pueden consistir de una pantalla de madera, acero o concreto, o bien ser una barrera formada de roca, elementos prefabricados de concreto u otros materiales. Además pueden estar unidos o separados de la costa. Los unidos a la costa pueden colocarse perpendicularmente, y además tener una forma de L o T Fig. 4.20a, mientras que los separados de la costa pueden ser paralelos a ella o formar un cierto ángulo, Fig. 4.20b y Fig. 4.20c; los primeros se utilizan más en protección de playas y los segundos para estabilizar la entrada de lagunas litorales (sin navegación) o entradas de obras de toma.

Los espigones impermeables tienen una estructura sólida, la cual evita que el acarreo litoral pase a través de ellos. Los permeables tienen huecos en sub-estructura, de tal manera que permiten el paso de una cierta cantidad del acarreo litoral.

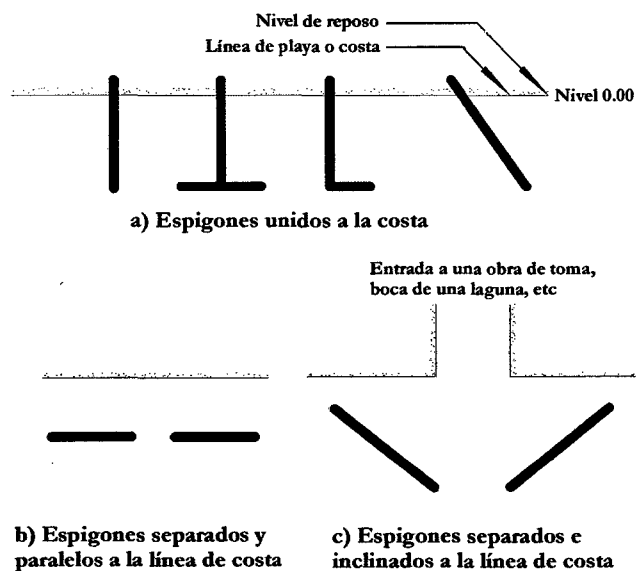


Fig. 4.20 TIPOS DE ESPIGONES

En los espigones impermeables, el material playero generalmente pasa bordeando su extremo; sin embargo también puede pasar sobre él cuando el espigón es de poca altura, se ha rellenado de arena la zona entre espigones y se presenta oleaje fuerte durante la marea alta.

Los espigones rectos perpendiculares se basan en el principio de que la colocación de un obstáculo en la costa produce un depósito y una erosión a ambos lados de él Fig. 4.19; ellos son los más económicos y su mantenimiento se reduce principalmente a la zona del morro o extremo mar adentro. Los tramos paralelos a la costa de espigones en L o T deben ser mucho más resistentes que el tramo que los

une a la costa, pero pueden requerirse dependiendo de la configuración de la costa o cuando se desea no solo conservar la playa, sino además disponer de una zona de calma o con oleaje de menor altura, lo que puede ocurrir en playas turísticas.

Una protección más permanente la producen los espigones separados y paralelos a la costa; sin embargo son mucho más costosos y su reparación y mantenimiento es más difícil.

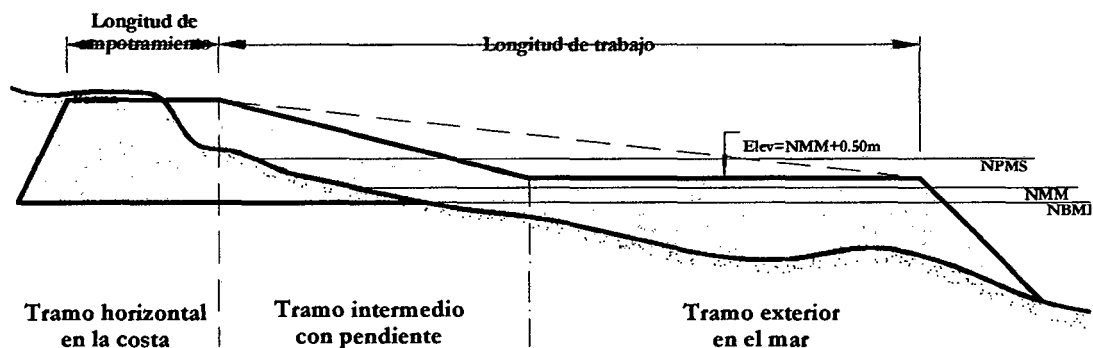
5.5.2 DIMENSIONES DE UN ESPIGÓN

Las dimensiones se determinan de acuerdo con el perfil y profundidades de la playa y la extensión hasta la cual se desea interceptar el transporte litoral. Sus dimensiones dependen de la fuerza del oleaje que van a resistir, tipo de espigón, materiales con los cuales se construirá y de los métodos de construcción que se empleen. La longitud, perfil y espaciamiento entre espigones se obtienen del análisis del funcionamiento del conjunto tomando en cuenta, direcciones y volúmenes del transporte litoral a lo largo del año.

5.5.2.1 PERFIL-ALTURA Y LONGITUD DEL ESPIGÓN

Generalmente la longitud de los espigones se determina después de conocer todo el ancho de la zona de rompiente, la cual es función de la altura y periodo de las olas que llegan al sitio, de la pendiente de la playa y de la variación de las mareas.

Los espigones se pueden diseñar solo para proteger la playa o bien para aumentar el ancho de la misma. Cuando únicamente protegen, el perfil de los espigones puede ser el mostrado en la Fig. 4.21. Si además se desea aumentar el ancho de la playa se debe aumentar la longitud del tramo inclinado o intermedio del espigón reduciendo la longitud del tramo dentro del mar. Fig. 4.21.



Perfil de la corona cuando se desea hacer avanzar más eficientemente

Fig. 4.21 PERFIL DE UN ESPIGÓN

5.5.2.2 ESPACIAMIENTO ENTRE ESPIGONES

Cuando la longitud de la playa por proteger es muy grande, la separación entre espigones puede llegar a ser de tres veces su longitud de trabajo. En cambio en playas cortas conviene reducirla solo dos veces esa longitud, ello no aumenta considerablemente el número de espigones, ni los volúmenes totales de construcción.

5.5.2.3 TAMAÑO DE LOS ELEMENTOS QUE FORMAN EL ESPIGÓN

Lo que se indica a continuación, se refiere a los espigones que son contruidos únicamente de roca. El criterio de diseño es enteramente similar al indicado para las escolleras. Siempre y cuando la altura del oleaje no sea mayor que 1.5m el CERC recomienda que el espigón se construya utilizando el mismo material en toda su sección, variando el peso de los elementos entre los siguientes límites.

$$0.22W_{50} < W < 3.6W_{50}$$

para $H \leq 1.50m$

Donde

$$W_{50} = \frac{\gamma_s H^3}{K_{rr} (S_s - 1)^3 \cot \theta}$$

Y K_{rr} es el coeficiente de estabilidad; igual a 2 para condición de oleaje rompiente y 2.5 para oleaje no rompiente.

Si el oleaje es mayor de 1.50m, el material debe ser uniforme. Su peso, W , se calcula sustituyendo K_D en lugar de K_{rr} , el que para material angular y colocado al azar vale

$$K_D = 3.9 \text{ oleaje rompiente}$$

$$K_D = 4.5 \text{ oleaje no rompiente}$$

Las variaciones de tamaño se recomienda esté comprendida entre $1.25W$ y $0.75W$. Como no es fácil formar tres capas como en el caso de los rompeolas, la coraza del espigón se apoya directamente sobre un núcleo cuyos elementos tienen un peso comprendido entre $W/10$ y $W/20$.

Conviene colocar el espigón sobre un filtro sintético que evite el peso y movimiento ascendente de la arena del fondo. Si ese filtro no se coloca se deberán esperar asentamientos del espigón sobre todo a lo largo de la zona de rompiente.

El ancho de la corona puede obtenerse en forma semejante a la indicada para las escolleras; sin embargo como los elementos generalmente son pequeños rige el ancho mínimo constructivo, que dependerá del equipo de construcción.

5.5.2.4 EROSIÓN

En una protección con espigones se presentan varias erosiones que conviene observar para evitarlas o dar mantenimientos oportuno a los espigones, las principales son:

- Erosión local en el lado corriente debajo de un espigón cerca del empotramiento (zona a-c de la Fig. 4.22).
- Erosión local al pie del talud del morro debida a la acción del oleaje y corrientes.
- Erosión local al pie del talud del espigón por cambio considerable del perfil de la playa.
- Erosión de la playa situada corriente debajo de la zona protegida por los espigones, ya que recién construidos pueden detener casi todo el transporte litoral.

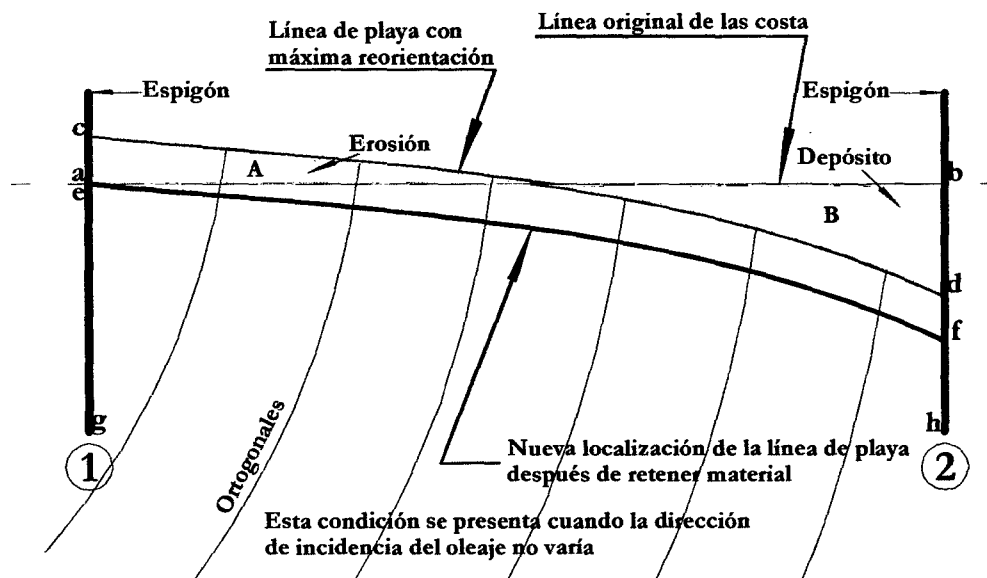


Fig. 4.22

EROSIÓN Y DEPÓSITO ENTRE DOS ESPIGONES

5.5.3 SELECCIÓN DE LA ALTURA DE LA OLA DE DISEÑO

Para seleccionar el valor de la altura de la ola de diseño se debe tomar en cuenta lo siguiente.

- Si no se permite la destrucción o falla total de la estructura, la obra se debe diseñar con la altura máxima asociada a un periodo de retorno entre 5-50 años o más dependiendo del tipo y magnitud de la estructura.
- Durante la vida útil de una estructura se puede establecer un límite a los daños que provoca una ola mayor a la de diseño, la cual se puede presentar

una o varias veces. En ese caso la selección de la ola de diseño se hace desde un punto de vista económico, tomando en cuenta para ello el costo total de la obra y el de mantenimiento; en este último se incluye el de reparación de los daños. Esto se aplica a las estructuras formadas con elementos sueltos.

Para hacer el análisis de estabilidad o calcular el alcance de la ola y si se dispone de registros del oleaje, la altura de diseño se escoge con el siguiente procedimiento.

- Se selecciona una altura de diseño $H_{\text{diseño}}$.
- Se calcula la altura de la ola rompiente $H_{r\text{máx}}$ que corresponde a la $H_{\text{diseño}}$ escogida.
- Si $H_{\text{diseño}} < H_{r\text{máx}}$ se usa $H_{\text{diseño}}$ para el análisis de estabilidad, en caso contrario se emplea $H_{r\text{máx}}$.
- Se calcula la altura máxima de la ola $H_{\text{máx}}$ asociada a un periodo de retorno.
- Si $H_{r\text{máx}} < H_{\text{máx}}$ se usa $H_{r\text{máx}}$ para calcular el alcance de la ola, en caso contrario se emplea $H_{\text{máx}}$.

CAPITULO VI

EVALUACION Y DISEÑO DEL PROYECTO

6.1 ANALISIS DE LA DISTRIBUCION DEL OLEAJE EN LA ZONA DE ESTUDIO

6.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área del estudio, está ubicada en el Balneario de Naplo, a la altura del Km.57 de la Panamericana Sur, Distrito de Pucusana, Departamento de Lima y esta comprendida en las coordenadas siguientes:

Latitud : **12°28'11.876"**
Longitud : **76°47'22.008"**

6.1.2 GEODESIA, TOPOGRAFIA

6.1.2.1 CONTROL HORIZONTAL

Con el fin de dar posición Geodésica al área de trabajo en el Balneario de Naplo Pucusana se extendieron los puntos tomando como referencia dos estaciones conocidas de tercer orden amarradas a la Red Geodésica Nacional:

Estación Aux. CRUZ	N	8'620,527.450	Lat.	12° 28' 20.728	S
	E	304,584.240	Long.	76° 47' 52.716	W
Estación PUNTO FARO	N	8'620,770.540	Lat.	12° 28' 12.781	S
	E	304,416.560	Long.	76° 47' 58.214	W

Las coordenadas de las Estaciones "*Aux. CRUZ*" y "*FARO*" están referidos al Datum para América del Sur de Canoas, Venezuela 1956, calculados por la Dirección de Hidrografía y Navegación.

6.1.2.2 ESTACIONES ESTABLECIDAS EN EL AREA DE TRABAJO

Se midió una poligonal electrónica amarrada a la línea Azimutal *Aux. CRUZ-FARO*, luego se efectuó el cálculo de coordenadas compensadas de las Estaciones

“ROCA”, “CASETA” y “MUELLE”, aplicando el ajuste de ángulos y distancias por el método de mínimos cuadrados, con el resultado que se presenta a continuación:

Estación ROCA	N	8'620,748.989	Lat.	12° 28' 13.707	S
	E	305,437.940	Long.	76° 47' 24.400	W
Estación CASETA	N	8'620,704.180	Lat.	12° 28' 15.175	S
	E	305,483.557	Long.	76° 47' 22.900	W
Estación MUELLE	N	8'620,660.677	Lat.	12° 28' 16.585	S
	E	305,458.694	Long.	76° 47' 23.732	W

6.1.2.3 CONTROL VERTICAL

El control vertical se realizó para dar cota al Punto ROCA: 2350.00m y al punto MUELLE: 2478.00m, que está referido al nivel medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias con la finalidad de apoyar al Estudio de la determinación de la Línea de Máxima Marea y Línea de Baja Marea referida al nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias.

6.1.3 BATIMETRÍA

El levantamiento en el área de mar en esta zona de estudio está en metros y ha sido referido al nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias (N.M.B.S.O.), y las profundidades medidas han sido corregidas por efecto de la variación horaria de la marea y transducer.

Como planos complementarios para la elaboración del diseño para aguas intermedias y aguas profundas se ha recurrido a las Cartas PERU HIDRONAV-2119 y PERU HIDRONAV-2130 respectivamente, elaborados por la Dirección de Hidrología y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, ambas con profundidades y sondajes en metros, referidas al nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias (N.M.B.S.O.),

6.1.4 CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS

6.1.4.1 VIENTOS

Climatológicamente los vientos son variables ligeros, siendo las componentes más frecuentes del SSE, oscilando su velocidad media mensual multianual entre 6 a 8 nudos, variando al SSW y aumentando sus velocidades hasta 12 nudos.

Generalmente, durante la madrugada y primeras horas de la mañana, el viento es débil con tendencia a la calma y se intensifica en horas de la tarde entre 14:00 a 20:00 horas; ocasionalmente se presentan velocidades de hasta 10 nudos.

6.1.4.2 MAREAS

Las mareas que se presentan en la zona de Estudio son predominantes de tipo semidiurno, (02) pleamares y (02) bajamares en 24 horas.

Las alturas de mareas fueron obtenidas de la tabla de mareas del año 1998, editada por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina.

En la Punta-Callao entre 1952-1971, se registró la amplitud media de la marea de 0.55m, la amplitud promedio de sicigias de 0.73m y la máxima amplitud en época de sicigias alcanzado corresponde a una altura de 1.18m, sobre el nivel medio de sicigias ordinarias y el mínimo a una profundidad de 0.40m, en relación con el mismo nivel de referencia.

6.1.4.3 CORRIENTES

A.- Corrientes de Litoral

Las corrientes de Litoral para el presente estudio, fueron observadas en las campañas, de los días 16 y 17 de marzo de 1999.

En cada una de estas campañas, se colocó las veletas submarinas a 0.40 metros de la superficie para la medición de las corrientes superficiales y a la mitad de la columna de agua para la medición de corrientes sub-superficiales o de profundidad media. Las campañas de medición de corriente litoral se llevaron tanto en marea creciente como vaciante, con los resultados que a continuación se indican; las velocidades se dan en centímetros por segundo y las direcciones en grados.

A.1 Primera campaña de medición (16 de marzo)

Corrientes de Litoral Superficiales (ZONA I: Marina de botes)

Corrida	Hora inicio	Hora fin	Velocidad m/s	Dirección °	Marea
A	12:55	13:05	0.320	161	Ascendente
B	13:08	13:17	0.339	163	Ascendente
C	13:25	13:33	0.272	177	Ascendente
D	13:42	13:48	0.132	160	Ascendente

La velocidad de las corrientes superficiales en esta área marítima está considerablemente influenciada por el viento

Corriente de Litoral en Profundidad (Sub-Superficiales) (ZONA I)

Corrida	Hora inicio	Hora fin	Velocidad m/s	Dirección °	Marea
A'	12:55:30	13:07:30	0.182	165°	Ascendente
B'	13:08:30	13:22:30	0.162	159°	Ascendente
C'	13:25:30	13:38:30	0.135	173°	Ascendente
D'	13:42:30	13:52:30	0.046	176°	Ascendente

Corrientes de Litoral Superficiales (ZONA II: espigones)

Corrida	Hora inicio	Hora fin	Velocidad m/s	Dirección °	Marea
A	14:00	14:13	0.120	52°30'	Ascendente
B	14:17	14:24	0.184	65°30'	Ascendente
C	14:35	14:46	0.180	71°30'	Ascendente
D	14:55	15:06	0.066	71°	Ascendente
E	15:17	15:29	0.102	57°	Ascendente

Algunas velocidades de las corrientes superficiales en esta área marítima son influenciadas por el viento

Corriente de Litoral en Profundidad (Sub-Superficiales) (ZONA II)

Corrida	Hora inicio	Hora fin	Velocidad m/s	Dirección °	Marea
A'	14:00:30	14:10:30	0.0925	65°30'	Ascendente
B'	14:17:30	14:29:30	0.101	62°30'	Ascendente
C'	14:35:30	14:49:30	0.065	69°30'	Ascendente
D'	14:55:30	15:14:30	0.064	79°	Ascendente
E'	15:17:30	15:42:30	0.089	66°	Ascendente

A.2 Segunda campaña de medición (17 de marzo)

Corrientes de Litoral Superficiales (ZONA I)

Corrida	Hora inicio	Hora fin	Velocidad m/s	Dirección °	Marea
E	07:40	07:53	0.166	152°30'	Descendente
F	07:50	08:04	0.226	135°	Descendente
G	08:09	08:23	0.239	140°	Descendente
H	08:26	08:33	0.196	127°	Descendente
I	08:43	08:51	0.117	163°	Descendente

La velocidad de las corrientes superficiales en esta área marítima está considerablemente influenciada por el viento

Corriente de Litoral en Profundidad (Sub-Superficiales) (ZONA I)

Corrida	Hora inicio	Hora fin	Velocidad m/s	Dirección °	Marea
E'	07:40:30	07:53:30	0.112	149°30'	Descendente
F'	07:50:30	08:04:30	0.135	145°	Descendente
G'	08:09:30	08:23:30	0.137	152°	Descendente
H'	08:26:30	08:33:30	0.154	148°30'	Descendente
I'	08:43:30	08:51:30	0.098	165°	Descendente

Corrientes de Litoral Superficiales (ZONA II)

Corrida	Hora inicio	Hora fin	Velocidad m/s	Dirección °	Marea
F	09:00	09:15	0.150	107°30'	Descendente
G	09:20	09:32	0.180	109°	Descendente
H	09:38	09:51	0.083	66°30'	Descendente
I	09:55	10:03	0.066	109°	Descendente
J	10:07	10.17	0.127	128°	Descendente

Algunas velocidades de las corrientes superficiales en esta área marítima son influenciadas por el viento

Corriente de Litoral en Profundidad (Sub-Superficiales) (ZONA II)

Corrida	Hora inicio	Hora fin	Velocidad m/s	Dirección °	Marea
F'	09:00:30	09:15:30	0.097	113°30'	Descendente
G'	09:20:30	09:32:30	0.101	115°30'	Descendente
H'	09:38:30	09:51:30	0.061	109°	Descendente
I'	09:55:30	10:03:30	0.028	127°	Descendente
J'	10:07:30	10.17:30	0.050	117°	Descendente

B Velocidades de corrientes litorales promedio

	Zona I	Zona II
Velocidad litoral media	: 0.187m/s.	0.028m/s.
Velocidad litoral media en la rompiente	: 0.223m/s.	0.095m/s.
Velocidad máxima de la corriente litoral	: 0.504m/s.	0.215m/s.

Siendo estas las velocidades teóricas, por lo que para obtener las velocidades reales es necesario multiplicarlos por un factor de corrección que puede estar en el orden del 60 al 75%. Para la obtención de los resultados presentados, se están previendo las condiciones más desfavorables, incluyendo posibles daños en las escolleras, para el caso que se presenta se ha asumido una altura de ola significativa de 2.50m.

6.1.4.4 OLEAJE

Se distinguen dos grandes tipos de olas en cuanto a su origen.

Uno está formado por las olas Sea ó olas de viento, influenciadas por el viento local, en la zona de interés son de muy corto periodo, poca altura y escasa ocurrencia.

El otro grupo son las formadas por las olas Swell ó olas del mar de fondo, son las que se originan en alta mar y viajan grandes distancias, este tipo de oleaje es la fuente principal de las alturas de olas, cuya incidencia determina la dinámica en las costas del Balneario de Naplo-Pucusana.

Como fuente de referencia del oleaje se tienen los datos provenientes del Sailing Directions for South America, que muestra las direcciones y alturas de ola predominante para la región comprendida entre 10° y 15° de Latitud Sur.

6.1.5 BRAVEZAS

Se presentan bravezas que varían el nivel del mar de 10 a 30 centímetros, pero la duración de este fenómeno fluctúa de 2 a 5 días.

6.1.6 FENÓMENO DEL NIÑO

Como se mencionó en el Capítulo III, acápite 3.4, durante épocas en que se presenta el Fenómeno del Niño el nivel de la mar en la zona de estudio se incrementa 0.32 metros, y dicho fenómeno puede durar entre 12 a 18 meses.

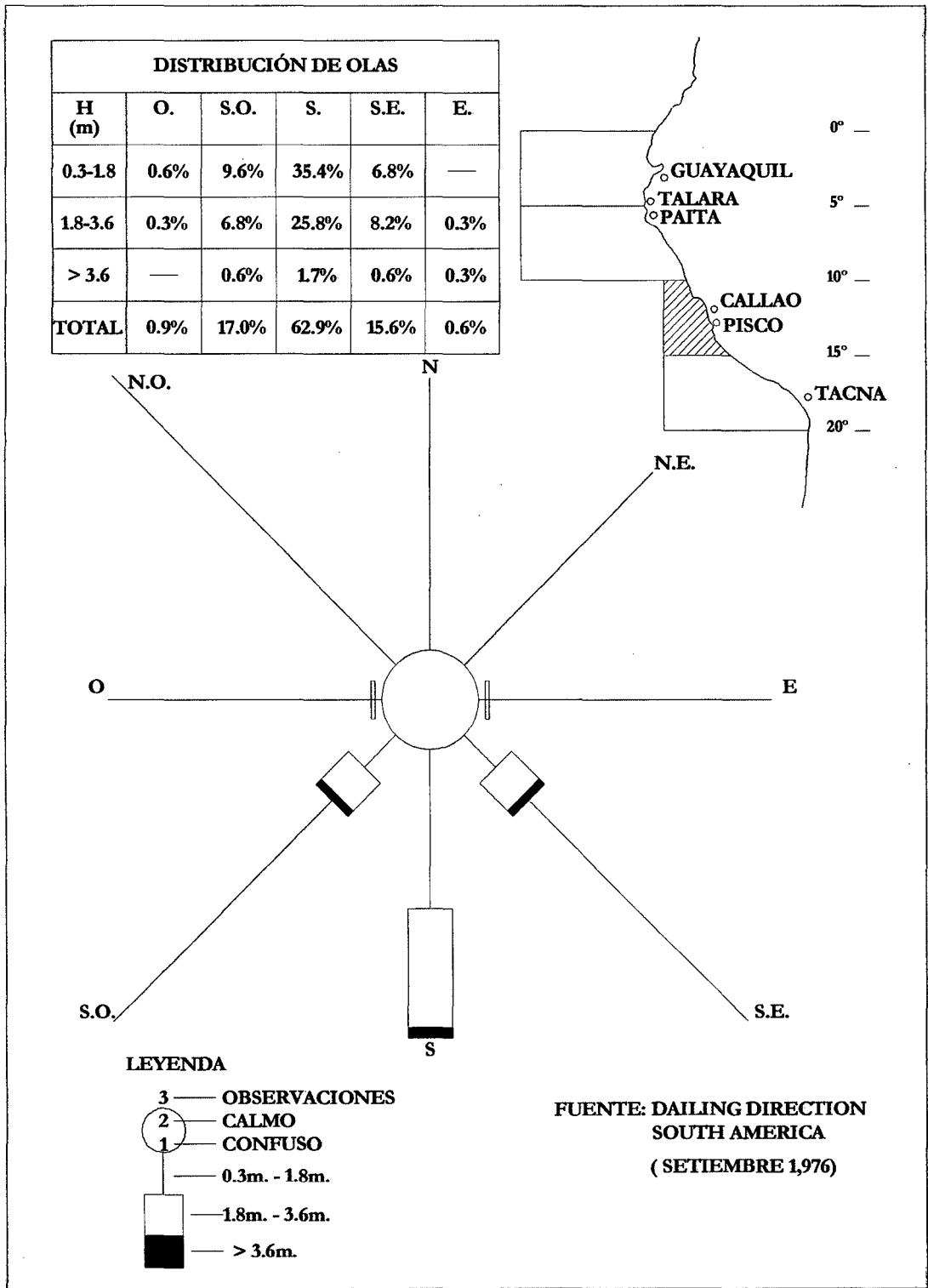


Fig. 6.1

DISTRIBUCIÓN DE OLAS (SAILING DIRECTION)

6.1.7 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Por lo observado en la zona de estudio, podemos decir que el material no consolidado que forma las playas y que se encuentra en el litoral interviene en forma directa en todos los procesos litorales. Las propiedades de dichos materiales, que actúan más en su comportamiento cuando son sometidos a la acción del oleaje y corriente, son básicamente su tamaño, forma y peso específico. Las tres propiedades mencionadas se toman en cuenta en la velocidad de caída de las partículas.

En tal sentido, se prevé un débil transporte de sedimentos por la zona, lo que ocasionaría una deposición muy lenta de sedimentos sin cambios relativamente significantes.

6.1.7.1 MUESTREO DE FONDO

Durante la ejecución de los trabajos de campo en el área marítima de la Cooperativa de Vivienda Naplo II, se tomaron muestras de fondo en varios puntos, a fin de determinar la disponibilidad de sedimentos de fondo para poder valorar los efectos del posible avenamiento o no de la playa frente a la Cooperativa de Vivienda Naplo II por la construcción de estructuras marítimas de protección, así como el tipo de sedimentos existentes y la variación de sus características con respecto a su posición, lo cual dará una clara idea de la procedencia de los sedimentos en la playa y la calidad y volumen de estos; haciendo posible la deducción de los factores cualitativos y cuantitativos del transporte de sedimentos.

A.- Posicionamiento de los puntos de muestreo

Los puntos de extracción de muestras para el análisis granulométrico que determinará la disponibilidad de sedimentos para ser trasladados al área de mar frente a la Cooperativa de Vivienda Naplo II, se eligieron al azar y en un número no determinado, pues en muchas oportunidades el recojo de las muestras resultó infructuoso pues sólo se encontraba el fondo rocoso.

Las muestras recolectadas y sus puntos de ubicación se presentan en el siguiente cuadro:

UTM		
MUESTRA	NORTE	ESTE
1	8'620,773.008	305,332.115
2	8'620,766.340	305,317.165
3	8'620,640.404	305,358.141
4	8'620,767.859	305,275.786
5	8'620,702.607	305,403.575
6	8'620,880.481	305,452.426
7	8'620,932.786	305,438.175
8	8'620,937.500	305,493.900
9	8'620,851.300	305,461.300

B.- Análisis granulométrico

El análisis granulométrico se efectuó en el laboratorio de la empresa Geoconsult Consultores S.A. por el método de tamizado para las muestras de sedimentos grueso y por el método de hidrómetro para las muestras de sedimento fino.

C.- Calidad del material del lecho del río

Para determinar la calidad y cantidad de sedimentos existentes en las cercanías del área de estudio y que podrían ser conducidos a la playa de la Cooperativa de Vivienda Naplo II, en un posible proceso de sedimentación. Esta acción se repitió innumerables veces y en la gran mayoría el lecho del fondo marino era roca, lográndose extraer en nueve oportunidades muestras de fondo con algunas características comunes tales como: a) el material presenta rastros de conchuelas, b) bastante contenido de material fino y con presencia de olor, granulometría que va desde arenas finas a gruesas.

6.1.7.2 CUANTIFICACIÓN DE TRANSPORTE LITORAL

El conocimiento de las corrientes y del transporte del litoral es importante en el diseño de espigones, escolleras, pues permite valorar su vida útil como estructura retenedora y sedimentos, antes que el material empiece a pasar frente a ellas en cantidades similares o cercanas al transporte litoral playa arriba.

En los resultados presentados a continuación, se ha previsto para el cálculo del transporte de sedimentos la condición más desfavorable presentada entre las dos zonas de escolleras, ver Cuadro 6.1.

CUADRO 6.1 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL AREA DE ESTUDIO

Condiciones de olas				Velocidad Litoral			Qsdía		Qsdía - parcial		Qs anual - parcial	
Hsig (m)	P(Hsig)	Hsig(M) característico	DP Hsig	Vl m/s	Vr m/s	Vlmax m/s	S.P.M. m3/día	I. y S. m3/día	S.P.M. m3/día	I. y S. m3/día	S.P.M. m3/año	I. y S. m3/año
0.20	0.9999800	0.50	0.117980	0.100	0.121	0.273	17.87	-	2.11	-	769.53	-
0.80	0.8820000	1.00	0.472000	0.138	0.162	0.366	74.23	25.92	35.04	12.23	12,788.34	4,465.50
1.20	0.4100000	1.50	0.355000	0.158	0.186	0.420	147.33	86.40	52.30	30.67	19,090.28	11,195.28
1.80	0.0550000	2.00	0.046500	0.172	0.206	0.465	246.57	198.72	11.47	9.24	4,184.91	3,372.78
2.20	0.0085000	2.50	0.007850	0.187	0.223	0.504	369.53	380.16	2.90	2.98	1,058.80	1,089.25
2.80	0.0006500	3.00	0.000480	0.197	0.238	0.536	502.89	648.00	0.24	0.31	88.11	113.53
3.20	0.0001700	3.40	0.000131	0.206	0.249	0.562	638.20	959.04	0.08	0.13	30.56	45.93
3.60	0.0000388	3.80	0.000030	0.214	0.260	0.587	792.02	1,356.48	0.02	0.04	8.80	15.08
4.00	0.0000084	4.20	0.000007	0.221	0.270	0.609	955.26	1,823.04	0.01	0.01	2.29	4.36
4.40	0.0000018	4.60	0.000001	0.230	0.281	0.633	1,153.75	2,479.68	0.00	0.00	0.59	1.28
4.80	0.0000004	5.00	0.000000	0.233	0.288	0.650	1,324.47	3,101.76	0.00	0.00	0.15	0.34
5.20	0.0000001											
Qs - total transportado									104.17	55.63	38,022.36	20,303.32

6.1.7.3 CÁLCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS (Q_s)

	Diario	Anual
Shore Protection Manual	$Q_s = 104.17 \text{ m}^3/\text{día.}$	$Q_s = 38,022.36 \text{ m}^3/\text{año.}$
Iwagaki - Sawaragi	$Q_s = 55.63 \text{ m}^3/\text{día.}$	$Q_s = 20,303.32 \text{ m}^3/\text{año.}$

Como podemos observar después de la aplicación de las formulas más usadas en estos menesteres, nos encontramos ante valores bastante reducidos de caudales sólidos acostumbrados a ser transportados por el mar.

6.1.7.4 COMENTARIOS

1. De acuerdo a los resultados obtenidos tanto en la medición directa de campo como en la aplicación de las fórmulas analíticas que se utilizan para el cálculo de las velocidades litorales podemos afirmar que estas coinciden en un alto porcentaje; por lo que podemos afirmar que nos encontramos ante buenos resultados para lograr un buen análisis.
2. De los resultados de los análisis granulométricos podemos decir que las muestras tiene un alto porcentaje de arena cuyas dimensiones varían entre las arenas finas y gruesas, tienen también en común material orgánico, tal como lo indican los resultados.
3. Podemos observar que las muestras numeradas del 1 al 5 fueron extraídas del área de mar frente al proyecto para Marina de botes deportivos, de los cuales cuatro muestras tienen materiales con dimensiones mayores de 4.7mm, o mayores que la malla N°4; de donde deducimos que esto se debe a la fuerte pendiente que presenta el litoral, y a la presencia del acantilado y los islotes.
4. De las muestras numeradas del 6 al 9, podemos decir que fueron extraídas del área de mar frente al proyecto espigones de protección para playa, podemos inferir es esta zona que las muestras tienen dimensiones menores que 0.3mm, encontrándose todas entre las dimensiones de las arenas finas. Al igual que el otro proyecto, ambas playas tienen fuertes pendientes, hasta donde los planos batimétricos tienen información.
5. Del plano N° 2, el derrotero de los flotadores de mar adentro superficiales como sub-superficiales, tanto en marea ascendente como en marea descendente se puede observar que las direcciones de las corrientes que

ingresaban con la misma dirección del frente de olas cambian de dirección al aproximarse a la playa, siguiendo el curso de la corriente de sur a norte. La misma dirección toman los flotadores cercanos a la playa, es decir, el curso de sur a norte.

6. De los resultados del calculo de transportes de sedimentos efectuado de manera analítica, podemos observar que el caudal sólido es pequeño comparado con zonas en que sí existe realmente un buen transporte de sedimentos, a pesar que el valor referencial del oleaje es mayor que el promedio general del oleaje en la zona del proyecto.
7. De ninguna manera es posible que estructuras marítimas de protección de dimensiones pequeñas puedan alterar el curso de las corrientes de mareas y atrapar o detener el transporte de sedimentos, haciendo peligrar zonas de esparcimiento o desestabilizando algunas otras.

6.1.8 AREA PERIMÉTRICA SOLICITADA EN CONCESIÓN

6.1.8.1 ZONA I: MARINA PARA BOTES DEPORTIVOS

El área perimétrica solicitada en concesión para la Marina para Botes Deportivos ubicada en el Balneario de Naplo-Pucusana se encuentra entre las siguientes coordenadas:

VERTICE	LADO	DISTANCIA	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRAFICAS		
		m	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	
A	AB	59.865	8'620,723.000	305,442.600	12° 28' 14.554	76° 47' 24.251	
B	BC	25.276	8'620,706.000	305,385.200	12° 28' 15.094	76° 47' 26.155	
C	CD	53.824	8'620,716.700	305,362.300	12° 28' 14.741	76° 47' 26.911	
D	DE	29.477	8'620,767.900	305,345.700	12° 28' 13.072	76° 47' 27.449	
E	EF	54.518	8'620,795.700	305,355.500	12° 28' 12.169	76° 47' 27.119	
F	FG	77.934	8'620,834.400	305,393.900	12° 28' 10.918	76° 47' 25.839	
G	GH	27.635	8'620,770.700	305,438.800	12° 28' 13.001	76° 47' 24.366	
H	HA	21.607	8'620,748.300	305,435.200	12° 28' 13.892	76° 47' 24.491	

Área Total: 8,069.770m²

6.1.8.2 ZONA II: ESPIGONES DE PROTECCION

El área perimétrica solicitada en concesión para los espigones de protección ubicada en el Balneario de Naplo-Pucusana se encuentra entre las siguientes coordenadas:

VERTICE	LADO	DISTANCIA	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRAFICAS		
		m	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	
A	AB	83.783	8'620,762.000	305,433.000	12° 28' 13.283"	76° 47' 24.560"	
B	BC	60.716	8'620,830.600	305,384.900	12° 28' 11.040"	76° 47' 26.137"	
C	CD	12.426	8'620,863.700	305,435.800	12° 28' 09.974"	76° 47' 24.445"	
D	DE	34.205	8'620,862.900	305,448.200	12° 28' 10.003"	76° 47' 24.034"	
E	EF	20.565	8'620,850.300	305,480.000	12° 28' 10.420"	76° 47' 22.948"	
F	FG	20.439	8'620,840.000	305,497.800	12° 28' 10.759"	76° 47' 22.397"	
G	GH	43.738	8'620,821.600	305,506.700	12° 28' 11.360"	76° 47' 22.106"	
H	HI	31.685	8'620,778.900	305,497.000	12° 28' 12.747"	76° 47' 22.437"	
I	IJ	19.631	8'620,766.600	305,467.800	12° 28' 13.141"	76° 47' 23.407"	
J	JK	14.009	8'620,786.200	305,466.700	12° 28' 12.503"	76° 47' 23.439"	
K	KL	17.086	8'620,790.600	305,453.400	12° 28' 12.357"	76° 47' 23.878"	
L	LA	19.313	8'620,780.000	305,440.000	12° 28' 12.699"	76° 47' 24.324"	

Área Total: 7,614.015m²

6.1.9 EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCION DEL OLEAJE EN LA ZONA DE ESTUDIO

Dada la orientación de la bahía de Pucusana, solamente puede estar expuesta a temporales cuya dirección pueda variar del S al O, por lo que se ha estudiado estos temporales extremos y el intermedio o sea el SO. Para el estudio de escolleras, en general, conviene estudiar los temporales provenientes del S dado su mayor porcentaje de ocurrencia; dirección predominante a lo largo del litoral para la región comprendida entre 10° y 15° de Latitud Sur (Fuente: Sailing Directions for South America). Considerando un periodo de ola $T = 14s$. es decir $L_o = 1.56T^2 = 305.76m.$, se procedió al trazado de los planos de refracción correspondientes, sobre la carta Hidronav denominada Caleta de Pucusana, y sobre cada una de cuyas rectas representativas de la ola originaria en aguas profundas se han tomado, por conveniencia del dibujo, los puntos equidistantes situados a una separación de $10L_o$ ambos lados de la ortogonal que llega a la zona de diseño.

Mediante avances sucesivos de esos puntos, correspondientes a $2L_o$, se han dibujado ateniéndose al método de ortogonales o rayos de olas, los tres planos correspondientes a las direcciones S, SO y O, con sus crestas de ola y sus ortogonales.

En el plano correspondiente a la dirección O, se aprecia que hasta profundidades del orden de 90m, no sufre la onda expansión considerable, puesto que no se acusa divergencia apreciable en las ortogonales ni, por lo tanto, deformación alguna en el tramo de la línea de onda que va a abordar en la bahía de Pucusana, cuyo tramo de línea de onda continua siendo casi rectilíneo y normal a la dirección originaria del O.

Esto nos indica también que hasta estas profundidades no experimenta la ola variación apreciable en su altura inicial en aguas profundas.

Continuando con las observaciones se aprecia que la cresta de onda al acercarse a la Isla Chilca, empieza a sufrir expansión frontal, y a medida que pasa dicha Isla la expansión frontal es apreciable y la expansión lateral es considerable, puesto que se acusa divergencia considerable entre ortogonales, deformándose la línea de onda que entra en la bahía de Pucusana, y en consecuencia, originando una disminución de la energía por unidad de área y con ello una disminución en la altura de la ola.

Confirmando el análisis efectuado, se refleja en la obtención del coeficiente de refracción obtenido de la ortogonal que llega al extremo del espigón, cuyo valor para la zona de diseño de las escolleras es de $K_r=0.6659$, y considerando el efecto de fondo para la profundidad de diseño la altura de la ola significativa quedaría expresada como $H_s=0.7809 \cdot H_0$.

En el plano correspondiente a la dirección SO, se visualiza que el frente de ola conserva una orientación casi semejante a la que la originó en aguas profundas hasta una profundidad de 90m. y; por efecto de cercanía a la costa en su extremo derecho empieza a sufrir expansión frontal, por efecto de divergencia entre ortogonales o refracción del oleaje. Esta expansión lateral se incrementa conforme el frente de ola pasa por la Isla de Chilca; una vez que franquea la Isla, la expansión lateral se incrementa considerablemente, esta vez por efecto de difracción al actuar la Isla de Chilca como un rompeolas natural. Encontrándose el área de estudio en la zona de penumbra del rompeolas natural, sufriendo la ola difracción entre los límites de expansión y alimentación, ver capítulo 4.7.2.

Por consiguiente la obtención de la altura de ola significativa se verá afectada por efectos de refracción, fondo y difracción; y en consecuencia, la altura de la ola significativa quedara expresada por $H_s=0.2427 \cdot H_0$.

En el plano de correspondiente a dirección S, se puede aseverar que el oleaje que procede de esta dirección no entra a la bahía por efectos de refracción ni difracción.

6.2 DISEÑO DE LOS ESPIGONES DE PROTECCIÓN

Para el diseño óptimo de los espigones de protección materia de este estudio se consideró indispensable realizar el diseño del proyecto total, por lo que para su desarrollo se requieren las mismas condiciones, obteniéndose los parámetros de diseño para las condiciones más desfavorables que se presentan para el proyecto total.

Antes de proceder al diseño óptimo de los espigones de protección se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

6.2.1 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LOS POSIBLES DAÑOS

Para la estimación del costo de posibles daños se estima el costo de la reparación del rompeolas en caso que el oleaje sobrepase la altura de ola de diseño, para lo cual se estima el costo de reparación de la coraza para altura de olas incidentes que no causen destrucción del rompeolas, de acuerdo con el criterio de no daño; Tabla 5.2, es decir para valores:

$$\frac{H}{H_D} \leq 1.56 \quad P(H) = P(H \leq 1.56 H_D)$$

Considerándose que se producirá daño total o colapso en el rompeolas, si el oleaje incidente produce la pérdida de los elementos de la coraza llegando a la capa secundaria, lo que ocurrirá para valores:

$$\frac{H}{H_D} > 1.56 \quad P(H) = P(H > 1.56 H_D)$$

Para el cálculo de posibles daños se comparan las alturas de olas incidentes H respecto a la altura de ola de diseño H_D , obteniéndose para cada relación $\frac{H}{H_D}$, el porcentaje de daños de la Tabla 5.2. Teniendo en cuenta que si la altura de ola incidente es menor que la altura de ola de diseño, no se producirá daños en la estructura.

La determinación del costo de reparación de los posibles daños parciales se obtiene multiplicando el porcentaje de daños por su respectivo costo de reparación para la parte de la coraza del rompeolas que debe ser reparada. Usualmente, para daños moderados, es el costo de reparación de la coraza.

Para la determinación del costo total de los posibles daños se obtiene sumando el costo de los daños parciales ocasionados por oleaje menor a $1.56H_D$ con el costo del daño total ocasionado por olas mayores a $1.56H_D$.

6.2.2 DETERMINACIÓN DEL COSTO TOTAL Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA

Para determinar el costo anual del daño, se obtiene de la sumatoria del producto del costo de daño causado por cada altura del oleaje incidente que sobrepase la altura de ola de diseño y su respectiva probabilidad de ocurrencia, denominado costo parcial anual sumado al costo de daño total -que viene a ser la probabilidad de ocurrencia de una altura de ola $1.56H_D$ mayor a la ola de diseño- multiplicado por el costo de construcción del rompeolas.

A lo largo de la vida útil del rompeolas se producen costos de daño anuales los cuales pueden ser convertidos a valor presente para estimar el costo total del daño del rompeolas a lo largo de su vida útil. Siendo el factor de valor presente para anualidades:

$$P = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Donde:

i es la tasa de interés expresada en decimales
n es el número de periodos

Multiplicándose este factor por el costo total anual de daños, para obtener el costo de daño capitalizado.

En consecuencia, el costo total del rompeolas se obtendrá de la suma del costo de construcción más el costo de daño total capitalizado durante su vida útil.

Para la determinación de la altura óptima de diseño del análisis económico se hace una comparación del costo total del rompeolas versus el costo total de construcción y el costo total de reparación para cada altura de ola de diseño -que está vinculada a una sección transversal-. Así el menor valor del costo total del rompeolas ocurrirá para una altura de ola de diseño, que será la altura óptima de diseño.

6.2.3 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN

El presupuesto de construcción se ha elaborado para la construcción de los espigones y los rompeolas de protección, para así obtener el diseño óptimo del proyecto completo. El presupuesto de construcción se basa en los análisis de precios unitarios teniendo para cada altura de ola de diseño un respectivo costo por m³ (Cuadro 6.6).

El presupuesto de construcción del Diseño Óptimo se presenta en el Capítulo VII, además de sus respectivos análisis de costo unitarios, los mismos que guardan la misma estructura, para cada una de los costos unitarios obtenidos para la elaboración del Cuadro 6.6.

6.2.4 CONSIDERACIONES ADOPTADAS PARA EL DISEÑO

Para la obtención de la altura de ola de diseño se siguieron los lineamientos descritos en capítulos anteriores y asimismo para el cálculo de los pesos de las unidades de protección.

Para el cálculo de los costos por metro cúbico de roca se tuvo en cuenta las consideraciones mínimas que se aplican a los espigones para alturas de olas menores o igual a 1.5 metros, en consecuencia del Cuadro 6.6 se optó considerar por cuestión de diseño para una altura de ola de diseño de 2 metros los valores correspondientes a una ola de diseño de 1.5 metros. Que al final varía levemente la obtención de la altura de ola de diseño óptimo.

Para el diseño de la sección transversal se tiene en cuenta el ancho mínimo que debe tener la corona, por lo que se realizan las correcciones respectivas, para nuestro caso el ancho mínimo de la corona es de 3.00 metros.

Acorde con las consideraciones adoptadas para el diseño y con los valores del cuadro 6.5 se obtiene la gráfica 6.1, en la que se determina el valor de la *altura de ola de diseño óptimo* $H_{\text{DISEÑO ÓPTIMO}} = 1.70\text{m}$ para el menor Costo Total.

6.2.5 DISEÑO DE ESPIGONES TÍPICO

CALCULO DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO

Datos :

$K_r = 0.6659$ (plano de refracción)

1 Probabilidad de ocurrencia

$$Tr = 25 \text{ años}$$

$$P = \frac{1}{365 \times Tr} \Rightarrow P = \frac{1}{365 \times 25} \times 100 = 0.011 \%$$

De la gráfica de ocurrencias de olas significantes: $\Rightarrow H_o = 4.16 \text{ m}$

2 Cálculo de Longitud de la onda en aguas profundas

Consideramos un periodo $T = 14 \text{ s}$ (Promedio para las Olas de Lima)

$$L_o = 1.56 \times T^2 = 1.56 \times 14^2 = 305.76 \text{ m}$$

3 Profundidad relativa

$$\frac{d}{L} = f \left[\frac{d}{L_o} \right]$$

Para $d = 7.50 \text{ m}$

$$\frac{d}{L_o} = \frac{7.50}{305.76} = 0.0245$$

En tablas:

$$\Rightarrow \frac{d}{L} = f [0.0245] = 0.064$$

Corresponde a una Ola que se desplaza en aguas intermedias, pues el valor d/L esta comprendido en el intervalo de 0.5 y 0.05

4 Coeficiente de propagación

$$K_s = f \left[\frac{d}{L_o} \right]$$

En tablas:

$$\Rightarrow K_s = 1.1727$$

5 Altura de la Ola en la punta del espigón proyectado

$$H_{7.4} = H_o \times K_r \times K_s$$

$$H_{7.4} = 4.16 \times 0.6659 \times 1.1727 = 4.16 \times 0.7809$$

$$\Rightarrow H_{7.4} = 3.25 \text{ m}$$

6 Altura de la Ola en rompiente

$$\frac{H_r}{H'o} = f \left[\frac{H'o}{L_o}, s \right]$$

$$H'o = H_o \times K_r$$

$$H'o = 4.16 \times 0.6659 = 2.77$$

$$s = 0.100$$

$$\frac{H'o}{L_o} = 0.0091$$

De la grafica:

$$\frac{H_r}{H'o} = 1.7600$$

$$\Rightarrow H_r = 4.88 \text{ m}$$

7 Profundidad en la rompiente

$$\frac{dr}{H'o} = f \left[\frac{H'o}{Lo}, s \right]$$

$$s = 0.100$$

$$\frac{H'o}{Lo} = 0.0091$$

De la grafica: :

$$\frac{dr}{H'o} = 1.4400$$

$$\Rightarrow dr = 3.99 \text{ m}$$

8 Rango de profundidad en que rompe la ola

$$\frac{dr_{max}}{Hr} = \alpha \left[\frac{Hr}{gT^2}, s \right]$$

$$s = 0.100$$

$$\frac{Hr}{gT^2} = 0.0025$$

De la grafica:

$$\frac{dr_{max}}{Hr} = \alpha = 1.503$$

$$\Rightarrow dr_{max} = 7.33 \text{ m}$$

$$\frac{dr_{min}}{Hr} = \beta \left[\frac{Hr}{gT^2}, s \right]$$

$$s = 0.100$$

$$\frac{Hr}{gT^2} = 0.0025$$

De la grafica:

$$\frac{dr_{min}}{Hr} = \beta = 0.795$$

$$\Rightarrow dr_{min} = 3.88 \text{ m}$$

Entonces se deduce:

* El espigón esta sometido a oleaje no rompiente

La ola rompe en el Talud del fondo

9 Rango de profundidad en que rompe la ola

$$H_{7,4} < Hr$$

$$\Rightarrow H_{diseño} = H_{7,4} = 3.25 \text{ m}$$

10 Cálculo del Run-Up

$$\frac{Ru}{H'o} = f \left[\frac{H'o}{Lo}, \text{Pendiente Espigon} \right]$$

$$\frac{H'o}{Lo} = 0.0091$$

De la grafica: :

$$\frac{Ru}{H'o} = 1.0500$$

$$\Rightarrow Ru = 2.91 \text{ m}$$

$$\frac{Ru}{H'o} = f \left[\frac{H'o}{gT^2}, s \right]$$

$$\frac{H'o}{gT^2} = 0.0014$$

De la grafica: :

$$\frac{Ru}{H'o} = 1.0500$$

$$\Rightarrow Ru = 2.91 \text{ m}$$

11 Elevación de la corona

$$H_{corona} = \text{N.H.M.} + Ru + \text{Borde Libre}$$

$$H_{corona} = 1.20 + 2.91 + 0.50$$

$$\Rightarrow H_{corona} = 4.61 \text{ m}$$

DISEÑO DE ESPIGON

SECCION PARA OLEAJE ROMPIENTE

CALCULO DEL PESO DE LOS ELEMENTOS DEL CABEZO DEL ESPIGON

a) Calculo del elemento de la Coraza

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D (S_s - 1)^3 \text{ctg}\theta}$$

W = Peso de un elemento en la capa primaria

H = Altura de ola de diseño = 3.25 m

γ_s = Peso especifico de la unidad protectora = 2,400 kgf/m³

γ_w = Peso especifico del agua de mar = 1,026 kgf/m³

K_D = 2.9

$$S_s = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} \right) = 2.34$$

talud = 1 : 1.5

ctg θ = 1.50

$W = 7,885.95 \text{ kgf}$

$W = 7.90 \text{ tonf}$

b) Calculo de los elementos de la capa secundaria

$$W_{\text{CAPA SECUNDARIA}} = \frac{W}{10}$$

$W_{\text{CAPA SECUNDARIA}} = 0.80 \text{ tonf}$
--

c) Calculo de los elementos del núcleo

$$W_{\text{NUCLEO}} = \frac{W}{200}$$

$$W_{\text{NUCLEO}} = \frac{W}{4000}$$

$W_{\text{NUCLEO}} = 40.00 \text{ kgf}$

$W_{\text{NUCLEO}} = 2.00 \text{ kgf}$
--

→

$W_{\text{NUCLEO}} = 21.00 \text{ kgf}$

d) Distribución de tamaño a lo largo del espigón

Coraza (1.25 y 0.75) W

9.90 tonf a 6.00 tonf

4.13 m³ 2.50 m³

Capa Secundaria (1.3 y 0.7) W/10

1.10 tonf a 0.60 tonf

0.46 m³ 0.25 m³

Nucleo (1/200 y 1/4000) W

39.50 kg y 2.00 kgf

0.016 m³ 0.001 m³

DISEÑO DE ESPIGON

SECCION PARA OLEAJE ROMPIENTE

CALCULO DE ELEMENTOS DEL CUERPO DEL ESPIGON

a) Calculo del elemento de la Coraza

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D (S_s - 1)^3 \text{ctg}\theta}$$

W = Peso de un elemento en la capa primaria

H = Altura de ola de diseño = 3.25 m

γ_s = Peso especifico de la unidad protectora = 2,400 kgf/m³

γ_w = Peso especifico del agua de mar = 1,026 kgf/m³

K_D = 3.5

$$S_s = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} \right) = 2.34$$

talud = 1 : 1.5

ctgθ = 1.50

$$W = 6,534.07 \text{ kgf}$$

$$W = 6.60 \text{ tonf}$$

b) Calculo de los elementos de la capa secundaria

$$W_{\text{CAPA SECUNDARIA}} = \frac{W}{10}$$

$$W_{\text{CAPA SECUNDARIA}} = 0.70 \text{ tonf}$$

c) Calculo de los elementos del núcleo

$$W_{\text{NUCLEO}} = \frac{W}{200}$$

$$W_{\text{NUCLEO}} = 33.00 \text{ kgf}$$

$$W_{\text{NUCLEO}} = \frac{W}{4000}$$

$$W_{\text{NUCLEO}} = 1.70 \text{ kgf}$$

$$\rightarrow W_{\text{NUCLEO}} = 18.00 \text{ kgf}$$

d) Distribución de tamaño a lo largo del espigón

Coraza (1.25 y 0.75) W

$$8.30 \text{ tonf a } 5.00 \text{ tonf}$$

$$3.46 \text{ m}^3 \quad 2.08 \text{ m}^3$$

Capa Secundaria (1.3 y 0.7) W

$$0.90 \text{ tonf a } 0.50 \text{ tonf}$$

$$0.38 \text{ m}^3 \quad 0.21 \text{ m}^3$$

Núcleo (1/200 y 1/4000) W

$$33.00 \text{ kg y } 2.00 \text{ kgf}$$

DISEÑO DE ESPIGON

SECCION PARA OLEAJE ROMPIENTE

DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CABEZO

1) CORAZA

a) Ancho de la Corona

$$B = n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

n	= número de elementos	=	2
K _Δ	= coeficiente de capa	=	1.15
W	= peso de un elemento en la corona	=	7.90 tonf
γ _s	= Peso específico del elemento en la corona	=	2.40 tonf/m ³

$$B = 3.42 \text{ m}$$

b) Espesor de la coraza

$$E = n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

n	= número de capas	=	2
K _Δ	= coeficiente de capa	=	1.15
W	= peso de un elemento en la corona	=	7.90 tonf
γ _s	= Peso específico del elemento en la corona	=	2.40 tonf/m ³

$$E = 3.42 \text{ m}$$

c) Número de elementos en un área

$$N = n K_{\Delta} \left(1 - \frac{p}{100} \right) \left(\frac{\gamma_s}{W} \right)^{2/3} A$$

N	= Numero de elementos		
A	= Area de la capa	=	100 m ²
n	= Numero de elementos que forman la capa	=	2
p	= Porosidad en porcentaje	=	37.00%
W	= peso de un elemento en la corona	=	7.90 tonf
γ _s	= Peso específico del elemento en la corona	=	2.40 tonf/m ³

$$N = 66.00 \text{ und}$$

2) CAPA SECUNDARIA

b) Espesor de la capa

$$E = n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

n	= número de capas	=	2
K _Δ	= coeficiente de capa	=	1.15
W	= peso de un elemento en la corona	=	0.80 tonf
γ _s	= Peso específico del elemento en la corona	=	2.40 tonf/m ³

$$E = 1.59 \text{ m}$$

DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CUERPO

1) CORAZA

a) Ancho de la Corona

$$B = n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

n	= número de elementos	=	2
K _Δ	= coeficiente de capa	=	1.15
W	= peso de un elemento en la corona	=	6.60 tonf
γ _s	= Peso específico del elemento en la corona	=	2.400 tonf/m ³

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

b) Espesor de la coraza

$$E = n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

n	= número de capas	=	2
K _Δ	= coeficiente de capa	=	1.15
W	= peso de un elemento en la corona	=	6.60 tonf
γ _s	= Peso específico del elemento en la corona	=	2.400 tonf/m ³

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

c) Número de elementos en un área

$$N = n K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_s}{W} \right)^{2/3} A$$

N	= Numero de elementos	=	
A	= Area de la capa	=	100 m ²
n	= Numero de elementos que forman la capa	=	2
p	= Porosidad en porcentaje	=	37.00%
W	= peso de un elemento en la coraza	=	6.60 tonf
γ _s	= Peso específico del elemento en la corona	=	2.400 tonf/m ³

$$N = 74.00 \text{ und}$$

2) CAPA SECUNDARIA

a) Espesor de la capa

$$E = n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

n	= número de capas	=	2
K _Δ	= coeficiente de capa	=	1.15
W	= peso de un elemento en la corona	=	0.70 tonf
γ _s	= Peso específico del elemento en la corona	=	2.40 tonf/m ³

$$E = 1.53 \text{ m}$$

6.2.6 DISEÑO ÓPTIMO DE LOS ESPIGONES DE PROTECCIÓN

CUADRO 6.2 METRADOS EN FUNCION DE LAS ALTURAS DE OLAS

Altura de ola (m)	1	1.5	2	2.5	3	3.25
talud	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50

TRONCO	Coraza						
	Diámetro (m)	0.89	1.28	1.28	1.28	1.51	1.64
	Volúmen sumergido (m3/m)	33.56	36.07	36.63	37.07	42.23	42.22
	Volúmen seco (m3/m)	4.36	7.66	10.98	14.81	21.11	23.93
	Capa secundaria						
	Diámetro (m)	0.38	0.61	0.61	0.61	0.72	0.79
	Volúmen sumergido (m3/m)	11.13	12.83	14.01	15.29	16.19	16.98
	Volúmen seco (m3/m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Núcleo						
	Volúmen sumergido (m3/m)	12.87	16.12	18.78	21.68	22.34	24.08
CABEZO	Longitud	107.36					
	Coraza						
	Diámetro (m)	0.89	1.28	1.28	1.37	1.63	1.76
	Volúmen sumergido (m3)	7119.99	7525.50	7842.30	8094.30	9729.80	9851.23
	Volúmen seco (m3)	675.35	1097.70	1555.92	2099.98	3022.48	3438.14
	Capa secundaria						
	Diámetro (m)	0.48	0.61	0.61	0.67	0.79	0.84
	Volúmen sumergido (m3)	2018.71	2346.37	2654.23	2974.99	3207.85	3405.01
	Volúmen seco (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Núcleo						
Volúmen sumergido (m3)	1537.93	1990.54	2472.28	3027.19	2988.68	3328.52	

CUADRO 6.3 COSTOS DE CONSTRUCCION EN FUNCION DE LAS ALTURAS DE OLAS

Altura de ola (m)	1	1.5	2	2.5	3	3.25
talud	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50

TRONCO	Coraza						
	Volumen sumergido (m3/m)	33.56	36.07	36.63	37.07	42.23	42.22
	costo/ m3	105.33	111.48	111.48	111.48	115.88	114.63
	costo/ m	3534.40	4021.18	4083.74	4132.77	4893.18	4839.19
	Volumen seco (m3/m)	4.36	7.66	10.98	14.81	21.11	23.93
	costo/ m3	89.21	94.80	94.80	94.80	98.80	97.67
	costo/ m	388.98	725.96	1040.45	1403.68	2085.44	2337.27
	Capa secundaria						
	Volumen sumergido (m3/m)	11.13	12.83	14.01	15.29	16.19	16.98
	costo/ m3	56.17	56.17	56.17	56.17	56.17	56.17
	costo/ m	625.01	720.50	787.09	858.74	909.51	953.96
	Volumen seco (m3/m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	costo/ m3	46.10	46.10	46.10	46.10	46.10	46.10
	costo/ m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Núcleo						
	Volumen sumergido (m3/m)	12.87	16.12	18.78	21.68	22.34	24.08
	costo/ m3	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64
costo/ m	497.27	623.02	725.56	837.62	863.15	930.64	
CABEZO	Coraza						
	Volumen sumergido (m3/m)	66.32	70.10	73.05	75.39	90.63	91.76
	costo/ m3	105.33	111.48	111.48	113.95	115.64	119.03
	costo/ m	6985.36	7814.30	8143.25	8591.15	10480.20	10922.06
	Volumen seco (m3/m)	6.29	10.22	14.49	19.56	28.15	32.02
	costo/ m3	89.21	94.80	94.80	97.05	98.59	101.67
	costo/ m	561.18	969.28	1373.89	1898.31	2775.58	3255.92
	Capa secundaria						
	Volumen sumergido (m3/m)	18.80	21.86	24.72	27.71	29.88	31.72
	costo/ m3	56.17	56.17	56.17	56.17	56.17	56.17
	costo/ m	1056.17	1227.60	1388.67	1556.49	1678.32	1781.48
	Volumen seco (m3/m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	costo/ m3	46.10	46.10	46.10	46.10	46.10	46.10
	costo/ m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Núcleo						
	Volumen sumergido (m3/m)	14.32	18.54	23.03	28.20	27.84	31.00
	costo/ m3	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64
costo/ m	553.52	716.42	889.80	1089.52	1075.66	1197.97	
Otros costos /m	167.00	167.00	167.00	167.00	167.00	167.00	
Costo Total /m	21952.00	25949.16	28415.26	31372.70	38083.71	40310.32	

CUADRO 6.4 COSTOS DE REPARACION EN FUNCION DE LAS ALTURAS DE OLAS

Altura de ola (m)	1	1.5	2	2.5	3	3.25
talud	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Coraza						
Volumen sumergido (m3/m)	99.87	106.17	109.68	112.47	132.85	133.97
costo/ m3	105.33	111.48	111.48	111.48	115.88	114.63
costo/ m	10519.76	11835.47	12226.99	12537.70	15395.13	15357.51
Volumen seco (m3/m)	10.65	17.88	25.47	34.37	49.26	55.95
costo/ m3	89.21	94.80	94.80	94.80	98.80	97.67
costo/ m	950.16	1695.24	2414.34	3257.98	4866.94	5465.09
Otros costos	167.00	167.00	167.00	167.00	167.00	167.00
Costos Total de Reparación /m	18002.31	21190.36	22908.49	24694.27	31603.76	32470.91

CUADRO 6.5 RESUMEN DE COSTOS PARA OBTENER LA ALTURA OPTIMA

Altura de ola (m)	1	1.5	2	2.5	3	3.25
talud	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Costo total de Construcción / m	21952.00	25949.16	28415.26	31372.70	38083.71	40310.32
Costo total de daño /m	5413.12	532.68	65.17	7.85	1.05	0.42
Costo del daño capitalizado /m	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30
Valor presente (i = 12 %)						
Tiempo de vida útil n = 50						
Costo total de Reparación / m	44928.90	4421.25	540.90	65.19	8.74	3.45
Costo Total / m	66880.90	30370.41	28956.16	31437.89	38092.45	40313.77

CUADRO 6.6 DISEÑO OPTIMO DEL ROMPEOLAS DE ENROCADO

Condiciones de olas				Onda de diseño de 1.0				Onda de diseño de 1.5				Onda de diseño de 2.0				Onda de diseño de 2.5				Onda de diseño de 3.0				Onda de diseño de 3.25									
Hsig (m)	P(Hsig)	Hsig(M) característico	DP Hsig	(H*/H)	Daño %	Costo de daño	Costo Anual	(H*/H)	Daño %	Costo de daño	Costo Anual	(H*/H)	Daño %	Costo de daño	Costo Anual	(H*/H)	Daño %	Costo de daño	Costo Anual	(H*/H)	Daño %	Costo de daño	Costo Anual	(H*/H)	Daño %	Costo de daño	Costo Anual						
1.20	0.4100000	1.50	0.355000	1.50	38.33	6900.28	2449.60	1.00	2.50	529.76	188.06																						
1.80	0.0550000	2.00	0.046500					1.33	22.07	4676.71	217.47	1.00	2.50	572.71	26.63																		
2.20	0.0085000	2.50	0.007850									1.25	16.09	3685.98	28.93	1.00	2.50	617.36	4.85														
2.80	0.0006500	3.00	0.000480									1.50	38.33	8780.82	4.21	1.20	13.02	3215.19	1.54	1.00	2.50	790.09	0.38										
3.20	0.0001700	3.40	0.000131													1.36	24.18	5971.07	0.78	1.13	9.78	3090.85	0.41	1.05	5.85	1899.55	0.25						
3.60	0.0000388	3.80	0.000030													1.52	40.56	10016.00	0.30	1.27	17.50	5530.66	0.17	1.17	11.55	3750.39	0.11						
4.00	0.0000084	4.20	0.000007																	1.40	28.00	8849.05	0.06	1.29	18.93	6146.74	0.04						
4.40	0.0000018	4.60	0.000001																	1.53	26.00	8216.98	0.01	1.42	29.63	9621.13	0.01						
4.80	0.0000004	5.00	0.000000																					1.54	42.77	13887.81	0.00						
Costo total Anual del Daño Parcial/m								2449.60					405.53					59.77					7.47					1.03					0.41
Probabilidad de ocurrencia P(hi > 1.56Hs) =								0.135					0.0049					0.00019					1.23E-05					6.12E-07					1.37E-07
Costo de daño total/m								2963.52					127.15					5.40					0.38					0.02					0.01
Costo total de reparación /m								5413.12					532.68					651.77					7.85					1.05					0.42

Costo estimado de la coraza para calcular el daño parcial /m
 Costo estimado para calcular el daño total /m

18002.31
 21952.00

21190.36
 25949.16

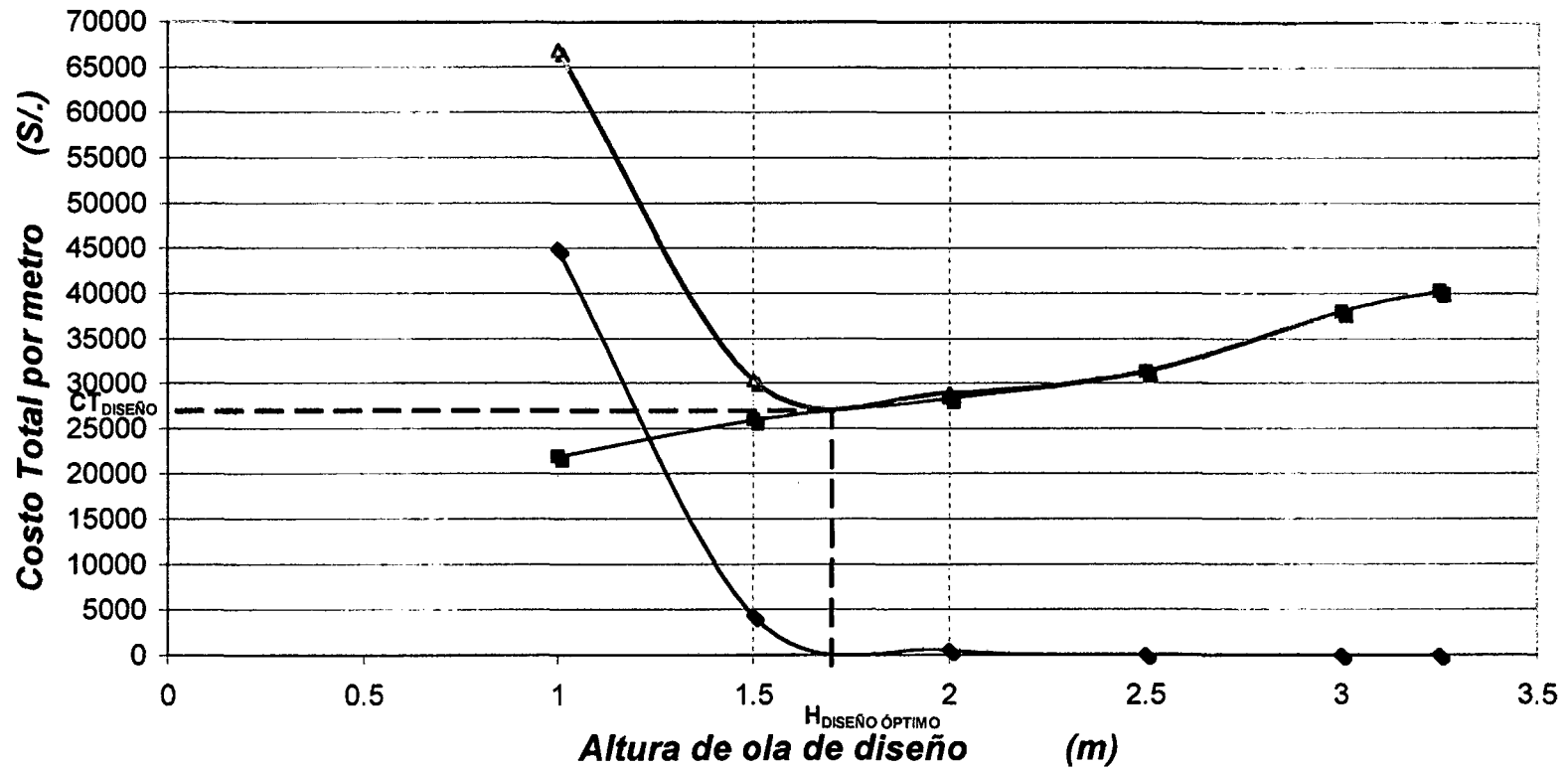
22908.49
 28415.26

24694.27
 31372.70

31603.76
 38083.71

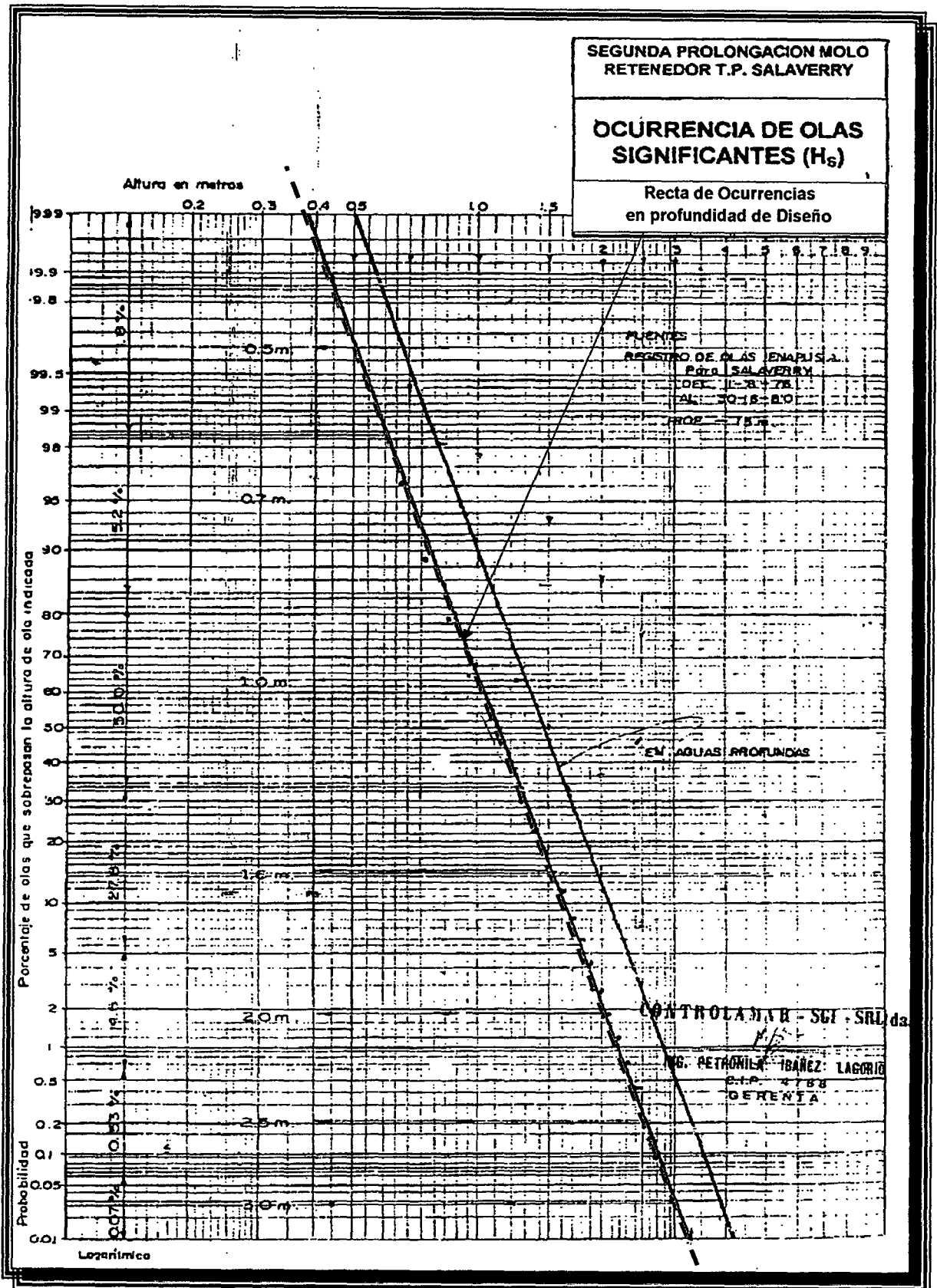
32470.91
 40310.32

RELACIÓN ENTRE EL COSTO Y LA ALTURA DE LA OLA



—●— Costo Total / m
—◆— Costo total de Reparación / m
—■— Costo total de Construcción / m

GRAFICA 6.1 RELACION ENTRE EL COSTO Y LA ALTURA DE LA OLA



GRAFICA 6.2 OCURRENCIA DE OLAS SIGNIFICANTES

CUADRO 6.6 COSTOS/M3 PARA CADA ALTURA DE OLA

Altura de ola (m)	1	1.5	2	2.5	3	3.25
talud	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50

TRONCO	Coraza							
	Diametro (m)		0.89	1.28	1.03	1.28	1.51	1.64
	Pesos (ton)		0.70	2.10	1.10	2.10	3.50	4.50
			1.20	3.50	1.80	3.50	5.80	7.40
	Transporte		108.72	95.76	113.14	95.76	88.21	90.21
	Rendimiento (m3/dis)		219.25	219				
	Costo/m3 (S/.)	seco	89.21	94.80	87.61	94.80	98.80	97.67
		sumergido	105.33	111.48	103.57	111.48	115.88	114.63
	Capa secundaria							
	Diametro (m)		0.38	0.61	0.48	0.61	0.72	0.79
	Pesos (ton)		0.05	0.20	0.10	0.20	0.40	0.50
			0.10	0.40	0.20	0.40	0.60	0.80
	Transporte		219.25	219.25	219.25	219.25	219.25	219.25
	Rendimiento (m3/dis)							
	Costo/m3 (S/.)	seco	46.10	46.10	46.10	46.10	46.10	46.10
sumergido		56.17	56.17	56.17	56.17	56.17	56.17	
Núcleo								
Pesos (ton)		0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	
		0.004	0.014	0.007	0.014	0.023	0.030	
Transporte		219.25	219.25	219.25	219.25	219.25	219.25	
Rendimiento (m3/dis)								
Costo/m3 (S/.)	seco	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	
	sumergido							
CABEZO	Coraza							
	Diametro (m)		0.89	1.28	1.09	1.37	1.63	1.76
	Pesos (ton)		0.70	2.10	1.30	2.60	4.40	5.50
			1.20	3.50	2.20	4.30	7.30	9.20
	Transporte		108.72	95.76	112.43	91.35	88.58	83.48
	Rendimiento (m3/dis)							
	Costo/m3 (S/.)	seco	89.21	94.80	87.85	97.05	98.59	101.67
		sumergido	105.33	111.48	103.83	113.95	115.64	119.03
	Capa secundaria							
	Diametro (m)		0.48	0.61	0.57	0.67	0.79	0.84
	Pesos (ton)		0.10	0.20	0.20	0.30	0.50	0.60
			0.20	0.40	0.30	0.50	0.80	1.00
	Transporte		219.25	219.25	219.25	219.25	219.25	219.25
	Rendimiento (m3/dis)							
	Costo/m3 (S/.)	seco	46.10	46.10	46.10	46.10	46.10	46.10
sumergido		56.17	56.17	56.17	56.17	56.17	56.17	
Núcleo								
Pesos (ton)		0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	
		0.005	0.014	0.009	0.017	0.029	0.037	
Transporte		219.25	219.25	219.25	219.25	219.25	219.25	
Rendimiento (m3/dis)								
Costo/m3 (S/.)	seco	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	
	sumergido							

CUADRO 6.7 CUADRO RESUMEN DE PARAMETROS PARA ALTURAS DE OLAS DE DISEÑO

Ho	Hs	H'o	s	H'o		Hr	dr	dr	Hr	α	β	dr _{max}	dr _{min}	H'o		Ru	Ru	Ru	Ru	N.H.M.	Borde Libre	H _{corona}	
				Lo	H'o									H'o	H'o							Teórico	Diseño
1.28	1.0	0.85	0.10	0.0028	2.50	2.13	1.95	1.66	0.0011	1.484	0.750	3.16	1.60	0.0004	0.850	0.72	0.950	0.81	1.20	0.50	2.42	2.45	
1.92	1.5	1.28	0.10	0.0042	2.20	2.81	1.71	2.19	0.0015	1.495	0.770	4.20	2.16	0.0007	0.965	1.23	1.080	1.38	1.20	0.50	2.93	2.95	
2.56	2.0	1.70	0.10	0.0056	2.02	3.44	1.62	2.76	0.0018	1.498	0.775	5.15	2.67	0.0009	0.983	1.68	1.110	1.89	1.20	0.50	3.38	3.40	
3.20	2.5	2.13	0.10	0.0070	1.90	4.05	1.53	3.26	0.0021	1.500	0.784	6.08	3.18	0.0011	1.000	2.13	1.110	2.37	1.20	0.50	3.83	3.85	
3.84	3.0	2.56	0.10	0.0084	1.79	4.58	1.46	3.73	0.0024	1.502	0.790	6.88	3.62	0.0013	1.030	2.63	1.110	2.84	1.20	0.50	4.33	4.35	
4.16	3.25	2.77	0.10	0.0091	1.76	4.88	1.44	3.99	0.0025	1.503	0.795	7.33	3.88	0.0014	1.050	2.91	1.100	3.05	1.20	0.50	4.61	4.65	
4.48	3.5	2.98	0.10	0.0098	1.73	5.16	1.43	4.27	0.0027	1.504	0.800	7.76	4.13	0.0016	1.055	3.15	1.060	3.16	1.20	0.50	4.85	4.85	
5.12	4.0	3.41	0.10	0.0112	1.67	5.69	1.40	4.77	0.0030	1.510	0.805	8.59	4.58	0.0018	1.080	3.68	1.055	3.60	1.20	0.50	5.38	5.40	
5.76	4.5	3.84	0.10	0.0125	1.63	6.25	1.37	5.25	0.0033	1.515	0.810	9.47	5.06	0.0020	1.083	4.15	1.050	4.03	1.20	0.50	5.85	5.85	

ϕ
1.5
0.588 rad

ϕ
2
0.4636 rad

CAPITULO VII

ASPECTOS Y COSTOS DE CONSTRUCCION

7.1 ESPECIFICACIONES TECNICAS

7.1.1 GENERALIDADES

7.1.1.1 ALCANCES

Las Especificaciones Técnicas contenidas en el presente informe corresponden al Proyecto Espigones de Protección de la Playa Portobello. Departamento de Lima, Distrito de Pucusana, Balneario de Naplo, ubicada al Sur de Lima, los que conjuntamente con la memoria descriptiva y los planos servirán de base para la construcción de dicha obra. Ver anexo de planos.

Los trabajos comprenden la construcción de 02 espigones, los que se denominarán Espigón Mayor y Espigón Menor.

7.1.1.2 PRIORIDAD

En caso de incompatibilidad entre los planos y/o especificaciones, se consultará al proyectista sobre cual documento prevalece sobre los otros.

7.1.2 MATERIALES, NORMAS Y PRUEBAS

7.1.2.1 ALCANCES DE LAS ESPECIFICACIONES

En el presente capítulo se dan las normas generales de cada uno de los materiales que intervienen en la construcción de los espigones de protección, las normas de ensayos, frecuencia de ejecución y aceptación de la calidad de los materiales.

7.1.2.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

El contratista deberá adoptar las medidas de seguridad razonables para prevenir accidentes de trabajo, reduciendo al mínimo la posibilidad de daños a

terceros. (Debe comunicar a la autoridad encargada del orden local la tenencia de material explosivo)

Queda expresamente prohibido el almacenamiento de explosivos y combustibles en el campamento, debiendo ser ubicados en lugares adecuados y seguros (Polvorín) de tal manera de evitar accidentes.

7.1.2.3 NORMA

La calidad de los materiales, su modo de utilización y las condiciones de ejecución de los diversos ensayos a los que se deberá someter en obra está indicadas en los planos del proyecto en las presentes especificaciones y se ejecutarán de conformidad con la última edición de las normas siguientes:

ASTM	American Standard of Testing Materials.
RNC	Reglamento Nacional de Construcciones.
RCADE	Reglamento de Contrataciones y Adquisiciones del Estado.

7.1.2.4 MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPOS Y MÁQUINAS

Para la aprobación de la roca, como material predominante de la conformación del espigón; deberá cumplir con los planos y las presentes especificaciones acompañadas con las certificaciones de ensayo de materiales de laboratorios debidamente reconocidos donde conste: calidad, dureza, peso específico, comportamiento de la roca en el agua marina, etc.

Todo costo de ensayos relativos a la calidad de la unidad protectora a emplear, se hará por cuenta del contratista durante el lapso de ejecución de la obra.

La mano de obra será calificada y en la cantidad suficiente para la correcta ejecución de la obra en el plazo previsto.

El contratista deberá disponer en obra del número y calidad de equipos y maquinaria con las características adecuadas para la ejecución de las diferentes partidas de la obra.

La Supervisión podrá ordenar el retiro de materiales, equipos y maquinarias inadecuadas, estando el contratista obligado a retirarlas y reemplazarlos según sea el caso sin costo adicional para el propietario y sin que esta acción de lugar a una ampliación de plazo.

7.1.2.5 ERRORES U OMISIONES

Los errores u omisiones que puedan encontrarse en el proyecto, tanto en los diseños como en los metrados se anotarán en el Cuaderno de Obra para conocimiento y atención por parte del Inspector.

7.1.3 TRABAJOS PRELIMINARES

7.1.3.1 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

El contratista se encargará de efectuar el transporte y retiro de maquinaria, equipos y personal necesarios para la ejecución de los trabajos, de acuerdo al cronograma de obra y a la aprobación del Inspector.

7.1.3.2 CASETAS PROVISIONALES EN OBRA Y CANTERA

El contratista tendrá sus instalaciones principales en la plataforma ubicada al Sur de la obra, próxima a la Estación Caseta. Podrá asimismo usar la plataforma próxima a la Estación C - 1, de acuerdo a su conveniencia.

El Contratista acondicionará para su uso y del Inspector, todas las instalaciones provisionales necesarias para la completa y correcta ejecución de las obras, debiendo equiparlas y darles mantenimiento. Previamente a la construcción de toda edificación provisional, el Contratista deberá presentar un plano con la disposición y características de las mismas.

Los trabajos deberán ser efectuados de acuerdo al cronograma de construcción propuesto, consistiendo aquellos en los siguientes, sin ser limitativos:

- Oficina para el Ingeniero Residente y la Supervisión.
- Oficina en Cantera.
- Polvorín.
- SS. HH.
- Depósitos o almacenes para equipos, herramientas y otros.
- Talleres de mantenimiento de equipo y maquinaria.
- Vestuario y Comedor de obreros.
- Caseta para Guardianía.

El equipamiento de estas instalaciones y la zona de trabajo, deben tener la capacidad suficiente y necesaria para garantizar la mayor calidad posible en la ejecución de la obra.

7.1.3.3 CARTEL DE OBRA

El Contratista está obligado a suministrar y colocar un cartel de obra de 8,64m² en un lugar señalado por el Inspector de obra.

El cartel será de plancha de triplay de 6mm de espesor con bastidores de madera tornillo, instalados a una altura de 2,20m medidas del suelo a la parte inferior del cartel. El cartel deberá estar debidamente sostenido sobre postes de madera cimentados sobre botas de concreto de diámetro 0,45m y alto 0,60m y; anclado con contravientos de alambre.

7.1.3.4 LIMPIEZA DEL TERRENO

Una vez terminados los trabajos, el Contratista deberá limpiar y arreglar los sitios de trabajo y todas las zonas utilizadas.

7.1.3.5 TRAZO REPLANTEO Y NIVELACIÓN

Comprenden la ejecución de todos los trabajos topográficos que se requiera en forma permanente para la obra, los que estarán de acuerdo a los planos del proyecto.

Los espigones de protección serán construidos teniendo como referencia el nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias. (N. M. B. S. O.)

Para su determinación el contratista correrá una nivelación a partir del BM (+3.334m. s. n. m. b. s. o.) de La **Estación C – 1** ubicado según se indica en el Estudio Batimétrico; teniendo además como puntos de apoyo: **Estación Roca** (+2.350m. s. n. m. b. s. o.) y **Estación Caseta** (+ 29.517m. s. n. m. b. s. o.) cuyas ubicaciones se indican en el Estudio Batimétrico. Además se deberán ubicar hitos de referencia de nivel a lo largo de la obra para la facilidad de su control.

Antes de iniciar la obra, el contratista verificará los BMs y vértices, los que servirá para el control vertical y horizontal. El replanteo se hará estableciendo los ejes principales y auxiliares que sean necesarios fuera de la zona de trabajo.

La nivelación que servirá para el control vertical y horizontal de la obra, se plasmará al colocar puntos de nivelación de carácter permanente hasta la conclusión de la obra, los que serán relacionados con los BMs que sirvieron de base para la elaboración del proyecto.

La conservación de los puntos fijos será de responsabilidad del contratista. En caso de ser movidos o destruido algún punto durante la ejecución de los trabajos, será repuesto por cuenta y riesgo del contratista.

7.1.3.6 MANTENIMIENTO DEL TRÁNSITO

Se acondicionará los accesos existentes, de forma tal que permita el tráfico de maquinaria pesada sin mayores problemas, para llegar a la obra y canteras.

Se mantendrá permanentemente barreras, letreros, luces y señalización adecuadas y en general todo medio de seguridad para el acceso de peatones y vehículos a los lugares de la Obra, para prevenir a terceros del riesgo de accidentes. Dichos elementos serán retirados por el Contratista a la terminación de la Obra.

En las plataformas existentes en obra, se deberá habilitar una franja de terreno que sirva de acceso y cancha de almacenamiento del material de roca.

7.1.4 ENROCADO DE PROTECCIÓN

El Contratista suministrará y colocará el enrocado con la calidad y tamaño de las rocas indicadas en los planos y esta especificación.

El Contratista asume la responsabilidad respecto al proceso de explotación de la cantera, pagos de derechos de extracción, transporte, almacenamiento del material del enrocado.

Las canteras están ubicadas en un radio aproximado de 50km de la obra, debiendo el Contratista seleccionar la que estime más conveniente, la misma que deberá ser aprobada por la Supervisión.

7.1.4.1 SELECCIÓN DE CANTERA.

A.- Generalidades

La selección de la cantera para la obtención de la unidad protectora se realizará sobre la base de la disponibilidad y características petrográficas de las mismas.

Se realizarán 2 ensayos petrográficos para determinar los componentes de las rocas, su textura y clasificación, estableciéndose que sus características son adecuadas para ser utilizadas en los espigones.

Los macizos rocosos deberán permitir la obtención de bloques en volúmenes y peso necesario para la construcción de los espigones. No se aceptarán pizarras,

micáceas, carbonosas y arcillas ni otros materiales de descomposición rápida al intemperismo y al agua de mar.

B.- Muestreo y Ensayo

El Contratista proporcionará, sin costo alguno, las muestras de roca para su ensayo, tomadas tanto en la cantera como en el sitio de la obra. COOPERATIVA DE VIVIENDA NAPLO II, se reserva el derecho a hacer inspecciones y verificar la exploración de la cantera.

La aprobación de muestras de determinada área de la cantera no constituye la aprobación de toda la roca extraída de la cantera, siendo la responsabilidad del contratista tanto la calidad de la roca puesta en obra como el cumplimiento de los tamaños especificados. Todos los fragmentos de roca que no cumplan los requisitos de estas especificaciones, ya sean a través de ensayos o de inspecciones en obra y en cantera, serán rechazados.

En resumen se deben efectuar ensayos para evaluar la calidad de las rocas, debiendo cumplir con los siguientes requisitos:

Densidad - Gravedad Específica ASTM C – 127.

Las rocas tendrán como densidad mínima $2,400\text{kg/m}^3$.

Intemperismo - Método del sulfato de sodio ASTM C – 88.

Las rocas deberán tener características de inalterabilidad, cuyo grado será evaluado mediante el Método de ensayo para calidad de agregados con el uso de sulfato de sodio. Los resultados de este ensayo deberán estar por debajo del 12%, que corresponde al valor límite permisible.

Abrasión – Método de los Ángeles ASTM C535.

Las muestras de material de roca para el enrocado, tomadas al azar, deberán tener un porcentaje de desgaste menor del 25% conforme lo determina la prueba de resistencia a la abrasión para agregados de tamaño pequeño, utilizando la máquina de los Ángeles.

Ensayo	ASTM	Requisitos
Gravedad Específica	C-127	Mínimo 2.6
Intemperismo	C-88	Pérdida de peso < 12%
Abrasión Los Ángeles	C-535-69	Pérdida de peso < 25%

7.1.4.2 VOLADURA DE ROCAS

El Contratista es el único responsable por la buena ejecución de los trabajos de voladura, todas las operaciones de voladura se llevarán a cabo en concordancia con las normas de seguridad pertinente y por personal calificado procurando revisar los procesos antes de iniciar las voladuras para evitar accidentes.

La voladura se empleará solo para aflojar la roca reduciéndola a tamaños que pueden manipularse con los equipos mecánicos adecuados.

Antes de efectuar cualquier operación de voladura el contratista proporcionará a la supervisión su plano de voladura con ubicación de todos los taladros donde se muestra el esquema y profundidad de los taladros, el tipo de explosivo a usar, cantidad de carga y secuencia de disparo. El plano de separación y voladura es sólo para fines de control y no relevará al contratista de su responsabilidad de usar los procedimientos apropiados de voladura.

Las voladuras en general se ejecutarán en horas determinadas que serán convenidas entre el contratista y la supervisión.

Se colocarán barreras y avisos suficientes e inmediatamente antes de la voladura se deberá anunciar debidamente a obreros y público que está en el terreno a fin de que nadie se interne en la zona de peligro hasta que no se haya efectuado la voladura. Una vez terminada la explotación se dará la señal de pasó del peligro. Esta señal será dada por el maestro a cargo de la voladura o por el ingeniero responsable, hasta que se tenga la certeza de que todas las cargas explosivas demoradas por falta de detonación hayan explotado.

7.1.4.3 HABILITACION DE LA ROCA

Se obtendrá de cantera o canteras previamente seleccionadas las rocas para los trabajos de construcción de coraza, roca base y núcleo del espigón.

Se recuperará la roca que se encuentre dispersa sobre el talud de la playa, para su utilización en la construcción del espigón, cuando esto sea posible y la roca cumpla con las especificaciones de la parte correspondiente en que va ser usada.

La recuperación de roca deberá ser por medios mecánicos y manuales; será gradual conforme avance la obra, dejando encastrada aquella roca que no es posible de recuperar, e incorporándola al cuerpo del espigón.

Se verificará la cantidad de roca existente y la que es necesaria para la construcción de los espigones, procediendo a su explotación y habilitación oportuna.

7.1.4.4 SELECCION DE LA ROCA

Las unidades de rocas a ser empleadas en la construcción de los espigones (coraza, segunda capa y núcleo), en general serán densas, sanas, durables, resistentes a la abrasión, estar libre de laminaciones, fracturas, grietas y otros defectos que pudieran originar su desintegración; se eliminarán de hecho aquellas que presenten acciones de intemperismo o muestren comienzos de oxidación, no deberán ser planas, delgadas o alargadas.

La roca deberá presentar canto vivo, duro, sano, sin exfoliaciones o daños estructurales y deberá ser de forma irregular.

La roca deberá coincidir con las características especificadas, debiendo ser habilitada en cantera previamente a su traslado a la obra.

Se seleccionará adecuadamente el material con las dimensiones y pesos anotados en las secciones transversales del enrocado, el Inspector puede solicitar pruebas cada 500m³ si así lo considera conveniente, el contratista suministrará y operará por su cuenta un instrumento para separar y pesar las muestras; para luego depositario en obra, conservando los taludes que se indican en los planos.

Si por razones de calidad de la roca disponible en la cantera, el diseño de taladro (posición, longitud, diámetro y separación) y cantidad de explosivos a utilizar, permitan una producción económica de rocas de mayor tamaño, la Supervisión podrá autorizar el transporte de la roca la que se efectuará en camiones de capacidad apropiada y se transportarán rocas preferentes del mismo tipo.

Los resultados de aceptabilidad de las rocas serán recibidos por el inspector, antes que se envíe a la obra.

En caso de que el inspector determine por medio de pruebas que debido a la forma de las rocas, para lograr el peso mínimo especificado se requerirán rocas de dimensiones mayores que los mínimos especificados, podrá ordenar el uso de rocas de mayor dimensión. Rocas de dimensión mínima menor a la especificada no se permitirán a pesar del buen resultado de la prueba.

7.1.4.5 MATERIAL ROCA DEL ESPIGÓN

A.- Roca de Núcleo

El núcleo estará constituido por una capa de filtro de rocas cuyas dimensiones variarán gradualmente entre 2" y 8".

GRANULOMETRÍA DEL FILTRO

Tamaño	% Acumulado que pasa
8"	100
7"	88 - 100
6"	75 - 100
5"	64 - 100
4"	52 - 100
3"	28 - 60
2"	0

La roca de núcleo colocado tendrá un ancho de base de 0,85m aproximadamente ubicándose directamente sobre el lecho marino; y estará constituida por una capa de filtro acorde con las dimensiones descritas en el párrafo anterior y tendrá un talud exterior de 1 en 1,5 (que da frente a las olas), y un talud interior de 1 en 1 indicados en planos.

Su colocación se efectuará por capas de 0,30m de espesor y tendrá compactación que produce el equipo pesado mediante dos pasadas como mínimo por encima del nivel de aguas tranquilas.

En caso de encontrarse en el lecho marino, roca encastrada, de forma natural en condiciones estables, ésta podrá permanecer, colocándose sobre ella material de núcleo para rellenar los vacíos, respetándose las secciones típicas del proyecto.

Supervisión verificará continuamente durante la colocación de la roca que se esté cumpliendo con las características del material según las especificaciones y dimensiones indicadas.

El pago de la colocación de la roca de núcleo será por metro cúbico.

B.- Roca de Base

La roca de base tendrá un peso promedio de 500Kg, pudiendo éste variar entre 350kg a 650kg.

El espesor de la capa de roca de la base será de las dimensiones y taludes indicado en planos. La roca de base tendrá un ancho de base de 1,57m aproximadamente con un espesor aproximado de 1,00m y con un talud exterior de 1 en 1,5 (que da frente a las olas), y un talud interior de 1 en 1 indicados en planos.

De encontrarse roca encastrada, ésta podrá permanecer como roca de base, colocándose núcleo, tal como se indica en el acápite anterior.

Supervisión verificará constantemente durante la colocación de la roca que se esté cumpliendo con las características y dimensiones del material según lo especificado.

El pago de la colocación de la roca de base será por metro cúbico.

C.- Roca de Coraza

La roca para la coraza tendrá un peso que podrá variar entre 3,5ton a 6,5ton, debiéndose buscar un promedio de 5,0ton.

La coraza tendrá un ancho de Cresta de 3,00m y estará constituida por dos capas de roca con un diámetro mínimo de 0,90m en el cuerpo del espigón y 1,00m en el cabezo del espigón dando un espesor aproximado de 2,00m y con un talud exterior de 1 en 1,5 (que da frente a las olas), y un talud interior de 1 en 1 indicados en planos.

No se aceptará unidades con cantos rodados o trizaduras que puedan convertirlas posteriormente en unidades de menor peso, ni unidades que la razón entre sus dimensiones mayor a menor sea superior a 3.

Las rocas con dimensiones mayores al 50% de las especificadas, deberán ser cortadas con barreno.

La roca será colocada de manera de lograr engrampe entre ellas, y con el talud indicado en planos.

La colocación de la capa superior de coraza del espigón o ancho de cresta, denominada coronación; estará conformada por un mínimo de 2 rocas de 5ton, acomodadas con trabazón en su base y entre ellas, a manera de dar la pendiente indicada.

Supervisión verificará constantemente durante la colocación de la roca que se esté cumpliendo con las características del material según los límites indicados, dimensiones y pendientes especificadas.

El pago de la roca de coraza será por volumen.

7.1.4.6 PROCESO CONSTRUCTIVO

Preliminarmente a toda construcción se verificará el trazo de los espigones, actividad que es indispensable debido a la constante variación de la playa, como

consecuencia de la acción del mar durante el tiempo transcurrido entre la ejecución del proyecto y construcción de la obra.

La sección transversal del espigón consta de: núcleo o roca de filtro (interior), luego la segunda capa o roca de base y encima la coraza. Las dimensiones y características de los espigones están dadas en los planos.

Antes de colocar las rocas deberán retirarse todo material extraño o rocas sueltas de pequeñas dimensiones, que puedan interferir con el proceso constructivo.

Las rocas serán colocadas dentro de los límites y cotas mostradas en los planos y de acuerdo a las instrucciones de la Supervisión, debiendo efectuarse por capas horizontales, procurando que quede el mínimo de espacios vacíos entre ellas. La roca colocada deberá quedar perfectamente estable, tratando que la superficie en contacto entre roca y roca sea máxima.

Para la construcción del enrocado se transporta el material del núcleo hacia el frente de la construcción; se voltea directamente de los volquetes y se acomoda con ayuda del tractor y/o el uso de grúa con cucharas tipo orange peel, directamente por el frente de la estructura hacia el mar.

Inmediatamente después de colocado el núcleo, se debe avanzar sin mucha elaboración con el material de la segunda capa (roca de base); será colocada en igual forma que el núcleo por volteo y acomodado por el tractor, respetando las inclinaciones y espesores del proyecto.

Podrá colocarse mezclados y simultáneamente el núcleo y la roca de base, conservado la proporción en volumen de estos materiales indicada por las dimensiones de las secciones típicas.

Previamente al inicio de la colocación de la roca de coraza, se verificará que el talud de la base y su conformación esté en conformidad con lo especificado, particularmente en lo referente a sus niveles, dimensiones, pendiente, y tamaño de material.

Las rocas de la coraza deben ser colocadas y acomodadas por grúa con estrobos sobre la capa de roca de base, haciéndolo desde el pie de los taludes laterales del espigón, sobre la capa de base hacia la coronación, y terminando con la construcción de dicho elemento.

En ningún caso las rocas podrán ser colocadas por caída libre desde el camión. Los tramos que no cumplan con este requisito deberán ser desarmados y reconstruidos sin costo adicional alguno.

El cabezo, soportará el embate del oleaje mayor; por lo que debe controlarse la correcta distribución y peso de las capas de roca de la coraza estableciendo en esta forma una estructura permeable.

El avance de la colocación de la coraza deberá ser siguiendo el avance del núcleo y de la roca de base, evitando dejar sin protección contra la acción del oleaje y pérdidas excesivas de material, longitudes mayores a 5m.

El talud final de los espigones deberá cumplir con lo indicado en las secciones típicas, debiendo estar las rocas en posición de entrabe natural.

7.1.4.7 PÉRDIDA DEL MATERIAL

Durante la construcción de la obra se producen pérdidas de material por embate de las olas que causan la dispersión de las rocas de poco peso. Este material es desplazado hacia los lados y cae fuera de la sección de diseño y se considera como una pérdida: mientras que el material que se desplaza hacia adelante es utilizado en la construcción de los tramos aguas arriba.

Las pérdidas por asentamiento en esta zona pueden considerarse como despreciables; sin embargo se estila considerar estas pérdidas como un porcentaje adecuado en el metrado de la obra.

7.1.4.8 RECTIFICACION DEL ESPIGÓN

Paralelamente a la coronación, se rectificará los taludes o plataforma de los espigones que hayan sufrido asentamientos ó pérdida de rocas.

El Contratista será responsable del mantenimiento de la obra hasta su entrega, debiendo reconstruir las partes que pudiesen tener daños.

Conforme se vaya ultimando la construcción de los espigones, estos serán limpiados de fragmentos de roca, material de cantera y otros a entera satisfacción del Supervisor.

7.1.4.9 CONDICIONES EXTREMAS DEL MAR

En el caso de condiciones metereológicas, braveza extraordinaria u otros hechos fortuitos excepcionalmente desfavorables o por salvaguardar la *Seguridad de*

la Obra se suspenderán los trabajos, protegiéndose adecuadamente con enrocado (rocas de coraza) los extremos de los frentes de trabajo de la obra en construcción, para evitar pérdida de material ó daños.

El contratista tomará en estos casos las medidas necesarias de protección a su personal y equipos, los cuales en todo momento serán de su entera responsabilidad.

Luego de producida una braveza se evaluará los daños, reconociéndose las pérdidas que por ese motivo puedan haber ocurrido.

7.1.5 SEÑALIZACION

Para que las embarcaciones puedan guiarse hacia el muelle y evitar chocarse con los espigones se tendrá que colocar una baliza sobre un poste de concreto de 8m de altura ubicado en la parte superior del terminal del cabezo, los cables estarán dentro de un tubo de 1 ¼” pulgada de diámetro y el cable será de 6mm de diámetro.

El poste tendrá una profundidad de cimentación mayor o igual a 0.80m, embebida en una masa de concreto ($f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$) de aproximadamente -0.60 m de diámetro.

7.1.5.1 CARACTERÍSTICA DE LA BALIZA

Color de luz	:	Rojo.
Señal	:	Luminosa.
Alcance la luz	:	Tres millas náuticas, factor de transmisión atmosférica 0.74.
Ritmo	:	Luz de destellos. (Intermitente)
Reglamento de señalización náutica.		

7.1.6 RELACIÓN DE PLANOS

Detallada en el anexo..

7.2 METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN

Para la construcción de los espigones se ha dividido su tiempo de ejecución para una mejor producción en 03 etapas, y estas a su vez en fases.

7.2.1 ETAPA 1º: EXPLOTACIÓN DE CANTERA

La explotación de la cantera está basada en el derrumbe de grandes volúmenes de roca mediante cargas explosivas concentradas, relativamente grandes, aprovechando la gravedad; y por tal fin el proceso de explotación de la cantera ha sido dividido en 2 fases:

7.2.1.1 PRIMERA FASE: PERFORACIÓN

De acuerdo a las condiciones geológico estructural de la cantera a explotar, son particularmente adecuadas se opta por emplear la voladura de coyote o calambucos (coyote blasting, headings), con perforación horizontal de acuerdo al diseño proyectado.

El equipo de perforación de operación empleado es el manual. El personal de perforación estudia el lugar de trabajo, sus potenciales limitaciones, así como vías de traslado al mismo, tomándose las medidas de seguridad correspondientes que el caso amerita durante la ejecución de esta etapa.

El sistema de perforación se realiza en dos fases completamente separadas; fracturamiento del macizo rocoso o penetración dentro de la roca y evacuación de detritos formados, hasta terminar la distribución y geometría proyectada.

Conforme la situación amerita se hacen voladuras parciales con la finalidad de avanzar en el proceso de perforación.

7.2.1.2 SEGUNDA FASE: VOLADURA

Durante los trabajos de voladura se toma las medidas pertinentes de seguridad dispuestas en el Capítulo de Seguridad concernientes a esta etapa.

Se carga primero la cámara C2 y al final la C1, sellando el acceso y cada carga con material de relleno, usualmente tierra en sacos. Por seguridad el tramo de ingreso a la bocamina se sella con material de relleno y cemento de fraguado rápido.

Las dos cargas se empalman una a otra con dos vías independientes de cordón detonante insertado dentro de tubos rígidos para protegerlos de cualquier daño o esfuerzo mecánico. Los dos extremos de las troncales de cordón se unen con cinta, envolviendo a un par de fulminantes convencionales de arranque instantáneo.

El disparador se ubica en la distancia de límite de seguridad, debidamente protegido. Siendo el tiro instantáneo.

7.2.2 ETAPA 2º: SELECCIÓN, HABILITACION Y TRANSPORTE DE LA ROCA

Las rocas son clasificadas en la plataforma de selección y carguío, de acuerdo a su uso y peso; roca de coraza, roca de base y roca de filtro.

Ante la existencia de grandes cantos o bolonería, se procede a una voladura secundaria para adecuarla a las dimensiones especificadas, mediante el método de perforación.

La selección en la plataforma se realiza cubicando las unidades, teniendo como dato el peso específico (2.40ton/m^3) y las relaciones mínimas requeridas entre sus dimensiones según especificaciones. Así mismo es determinante para la selección que las unidades presenten canto vivo, duro, sano, sin exfoliaciones ó daños estructurales, según se indican en las especificaciones.

Se descartan las unidades que quedan fuera de uso para tales fines, pero terminan formando parte de los rellenos para habilitación de la plataforma y accesos necesarios para la explotación de este tipo de canteras.

7.2.2.1 MAQUINARIA-EQUIPO-HERRAMIENTAS

- ◆ Grúa de 35Ton y 60Ton; para izaje de rocas de coraza y coronación durante la selección como para el carguío.
- ◆ Cargador frontal sobre llantas 125-155HP (3yd^3); utilizado para la selección y carguío de roca de filtro, base y coraza.
- ◆ Tractor de Oruga 190-240HP; limpieza de la cancha, acarreo y conformación de accesos.
- ◆ Jaiva; izaje y carguío de material de filtro.

- ◆ Volquetes de 12m³ transporte de material seleccionado a obra.
- ◆ Herramientas Manuales; Barretas, Estrobos, Cables acerados etc.

7.2.3 ETAPA 3º: ESPIGON DE PROTECCIÓN

Antes de dar inicio a los trabajos, se identifican los puntos topográficos de referencia dados en el proyecto y se procede a ubicar los puntos de arranque y realizar el trazo del eje de los espigones.

El proceso constructivo de los espigones ha sido dividido en 2 fases que facilitan el avance de obra y contribuyen en la estabilización de la estructura. Este sistema se emplea para cada frente de trabajo.

7.2.3.1 PRIMERA FASE: CUERPO DEL ESPIGONES

Esta primera fase que comprende la construcción de la cimentación de los espigones desde el nivel de fondo marino (nivel -7.10m del Espigón Mayor y nivel -6.00m del Espigón Menor sectores de mayor profundidad correspondientes al cabezo); hasta el nivel +0.90m.

Se opta por la construcción de esta primera fase hasta el nivel +0.90 (nivel del ancho de base de la capa de base), por proceso constructivo debido a que el ancho de Cresta o ancho de base de la coraza es de sólo 3m, y el ancho de la grúa gateada es de 4.5m aproximadamente.

Esta fase consiste en avanzar con la construcción del cuerpo del espigón desde el punto de arranque hasta el sector del cabezo del espigón mar adentro.

Para la construcción del espigón se transporta la roca de filtro y la roca de base hacia el frente de construcción o punto de arranque, se voltea directamente de los volquetes por el frente de la estructura hacia el agua y se acomoda con la ayuda del cargador frontal y/o uso de la jaiva. De acuerdo a especificaciones técnicas se colocan ambos materiales mezclados y simultáneamente, conservando la proporción en volumen de cada uno de los materiales indicado por las dimensiones de las secciones típicas y respetando los taludes, alineación y espesores del proyecto.

Este frente constituye la parte más afectada como resultado de la continua acción del oleaje y corrientes. Durante la construcción es posible (dependiendo de la profundidad) que el material más fino del núcleo (pesos entre 10 y 200kg) no permanezca estable y sea erosionado sino se protege; siendo desplazado de la parte

superior; teniendo en cuenta además que las olas segregan en forma natural las rocas que componen el núcleo.

Por lo expuesto; el avance en la colocación del filtro más roca base no se adelanta más de 5m de la construcción de la coraza, para evitar pérdidas excesivas de material por la acción del oleaje y mareas.

Las rocas de la coraza, conforme se indica en los planos, es dispuesta en dos capas con los pesos indicados en planos y con un diámetro mínimo de 0,90m en la zona del cuerpo del espigón y 1,00m en el sector del cabezo; del mismo; se acomodan sobre la capa de roca de base en posición de entrabe natural y procurando que la superficie de contacto entre roca y roca sea la mayor y el porcentaje de vacíos el mínimo, haciéndolo desde el pie de los taludes hacia la coronación, con ayuda de una grúa de 35ton y estrobos para el izaje y acomodo, respetando el espesor de diseño.

Conforme el avance del tronco del espigón se coloca material de filtro momentáneamente para nivelar la plataforma de trabajo de la grúa, hasta la zona del cabezo del espigón.

Al término de una jornada de labor, la construcción del espigón queda protegido con rocas de coraza al extremo de la misma, de esta manera se evita que el material de menor tamaño sea arrastrada por el mar.

7.2.3.2 SEGUNDA FASE: CORONACIÓN

Comprende la construcción de la coronación y el cuerpo del espigón desde el nivel +0.90 hasta el nivel +2.70 del ancho de la base de la coraza.

En esta etapa se procede a enrocar desde el sector del cabezo hacia el punto de arranque, conforme se va retirando hacia la orilla se van colocando las unidades de coraza faltantes en el cuerpo del espigón y la coronación.

El cabezo constituye la parte extrema y final del espigón por lo tanto ésta debe estar bien conformada en todo su desarrollo del tronco de cono.

La coronación de la coraza, conforme se indican en los planos correspondientes, es dispuesta en dos capas de rocas de 1,00m de diámetro mínimo, se colocan las rocas una encima de otra acomodadas con trabazón en su base y entre ellas quedando perfectamente estable procurando que la superficie de contacto entre roca y roca sea máxima, con ayuda de una grúa a manera de dar las pendientes

indicadas; 1 en 1,5 en el talud que da frente a las olas y de 1 en 1 en el talud interior conforme se indican en planos.

Paralelamente a la construcción se van corrigiendo los taludes ó plataformas del espigón que hayan sufrido asentamientos por reacomodo ó pérdida de rocas.

La construcción del espigón en fases permite una estabilidad física gradual por peso propio, ya que por su naturaleza de ser una estructura flexible, los asentamientos y reacomodos favorecen la estabilidad.

7.2.3.4 MAQUINARIA-EQUIPO- HERRAMIENTAS

Para la construcción del enrocado fue necesario lo siguiente

- ◆ Grúa de 35ton; para izar y acomodar rocas de coraza y coronación.
- ◆ Jaiva; para colocar el material de filtro en buena mezcla con la roca de base.
- ◆ Herramientas Manuales; barretas, estrobos, cables acerados, etc.

7.3 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DE LOS ESPIGONES

Presupuesto

Obra 3001001 ESPIGONES DE PROTECCION PLAYA PORTOBELLO

Fórmula 01 ESPIGONES DE PROTECCION

Cliente PRIVADO

Departamento LIMA

Provincia LIMA

Tarieta 0001 Costo al 30/06/2003
Distrito PUCUSANA

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01.00.00	<u>OBRAS PRELIMINARES</u>						
01.01.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1.00	21,156.00	21,156.00		
01.02.00	TRAZO, ESTACADO, CONTROL TOPOGRAFICO Y BATIMETRICO EN OBRA	Y GLB	1.00	9,417.63	9,417.63		30,573.63
02.00.00	<u>OBRAS PROVISIONALES</u>						
02.05.00	POLVORIN	GLB	1.00	4,321.53	4,321.53		4,321.53
03.00.00	<u>ACCESOS</u>						
03.01.00	ACONDICIONAMIENTO DE ACCESOS Y PLATAFORMA DE DESCARGA	GLB	1.00	6,181.73	6,181.73		6,181.73
04.00.00	<u>CONSTRUCCION DE ESPIGONES</u>						
04.01.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ROCA CORAZA EN SECO	M3	3,266.73	94.80	309,686.00		
04.01.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ROCA CORAZA BAJO AGUA	M3	14,779.14	111.48	1,647,578.53		
04.02.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ROCA EN LA CAPA INTERMEDIA - BAJO AGUA	M3	5,132.45	56.17	288,289.72		
04.03.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ROCA MENUIDA EN EL NUCLEO BAJO AGUA	M3	5,648.23	38.64	218,247.61		2,463,801.86
05.00.00	<u>VARIOS</u>						
05.01.00	EQUIPAMIENTO Y COLOCACION DE FAROLETE	UND	4.00	1,880.53	7,522.12		7,522.12
	Costo directo						2,512,400.87
	GASTOS GENERALES 20%						502,480.17
	UTILIDAD 10%						251,240.09
	SUBTOTAL						3,266,121.13
	IMPUESTO (IGV) 19%						620,563.01
	TOTAL PRESUPUESTO						3,886,684.14

SON : TRES MILLONES OCHOCIENTOS OCHENTISEIS MIL SEISCIENTOS OCHENTICUATRO Y 14/100 NUEVOS SOLES

Análisis de precios unitarios

Obra 3001001 ESPIGONES DE PROTECCION PLAYA PORTOBELLO
Fórmula 01 ESPIGONES DE PROTECCION **Fecha** 30/06/2003

Partida 01.01.00		MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS				
Rendimiento GLB/DIA		Costo unitario directo por : GLB				21,156.00
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470104	PEON	HH		320.0000	7.50	2,400.00
2,400.00						
Equipos						
480437	CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 12 M3. - ROCA	HM		32.0000	138.00	4,416.00
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM		24.0000	157.50	3,780.00
490480	TRACTOR DE ORUGAS DE 270-295 HP	DIA		2.0000	2,760.00	5,520.00
496145	GRUA 35 TN	HM		24.0000	210.00	5,040.00
18,756.00						

Partida 01.02.00		TRAZO, ESTACADO, CONTROL TOPOGRAFICO Y BATIMETRICO EN OBRA				
Rendimiento 0.070 GLB/DIA		Costo unitario directo por : GLB				9,417.63
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470032	TOPOGRAFO	HH	1.00	114.2857	12.07	1,379.43
470103	OFICIAL	HH	1.00	114.2857	8.37	956.57
470104	PEON	HH	2.00	228.5714	7.50	1,714.29
4,050.29						
Materiales						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		15.0000	13.98	209.70
309953	YESO	BOL		10.0000	8.47	84.70
380000	HORMIGON	M3		4.0000	35.00	140.00
434.40						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4,050.29	121.51
375411	TEODOLITO	HE	2.00	228.5714	5.00	1,142.86
375417	MIRAS Y JALONES	HE	1.00	114.2857	0.75	85.71
480871	LANCHA A MOTOR	HM	1.00	114.2857	27.60	3,154.29
491903	NIVEL	HE	1.00	114.2857	3.75	428.57
4,932.94						

Partida 02.05.00		POLVORIN				
Rendimiento 0.500 GLB/DIA		Costo unitario directo por : GLB				4,321.53
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.50	8.0000	12.07	96.56
470102	OPERARIO	HH	1.00	16.0000	9.28	148.48
470103	OFICIAL	HH	1.00	16.0000	8.37	133.92
470104	PEON	HH	2.00	32.0000	7.50	240.00
618.96						
Materiales						
391317	POLVORIN.	M2		20.0000	150.00	3,000.00
431701	CERCO DE MADERA	GLB		1.0000	684.00	684.00
3,684.00						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	618.96	18.57
18.57						

Análisis de precios unitarios

Obra 3001001 ESPIGONES DE PROTECCION PLAYA PORTOBELLO
 Fórmula 01 ESPIGONES DE PROTECCION Fecha 30/06/2003

Partida 03.01.00 ACONDICIONAMIENTO DE ACCESOS Y PLATAFORMA DE DESCARGA
 Rendimiento GLB/DIA Costo unitario directo por : GLB 6,181.73

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470102	OPERARIO	HH		16.0000	9.28	148.48
470104	PEON	HH		128.0000	7.50	960.00
1,108.48						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1,108.48	33.25
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM		32.0000	157.50	5,040.00
5,073.25						

Partida 04.01.01 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ROCA CORAZA EN SECO
 Rendimiento M3/DIA Costo unitario directo por : M3 94.80

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Insumos Partida						
950101	EXPLOTACION DE ROCA PARA CORAZA	M3		1.0000	16.52	16.52
950151	SELECCION Y HABILITACION DE ROCA PARA CORAZA	M3		1.0000	8.57	8.57
950231	CARGUIO DE ROCA PARA CORAZA	M3		1.0000	3.29	3.29
950281	TRANSPORTE DE ROCA PARA CORAZA	M3		1.0000	46.75	46.75
950301	COLOCACION DE ROCA PARA CORAZA EN SECO	M3		1.0000	19.67	19.67
94.80						

Partida 04.01.02 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ROCA CORAZA BAJO AGUA
 Rendimiento M3/DIA Costo unitario directo por : M3 111.48

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Insumos Partida						
950101	EXPLOTACION DE ROCA PARA CORAZA	M3		1.1000	16.52	18.17
950151	SELECCION Y HABILITACION DE ROCA PARA CORAZA	M3		1.1000	8.57	9.43
950231	CARGUIO DE ROCA PARA CORAZA	M3		1.1000	3.29	3.62
950281	TRANSPORTE DE ROCA PARA CORAZA	M3		1.1000	46.75	51.43
950351	COLOCACION DE ROCA PARA CORAZA BAJO AGUA	M3		1.1000	26.21	28.83
111.48						

Partida 04.02.02 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ROCA EN LA CAPA INTERMEDIA - BAJO AGUA
 Rendimiento M3/DIA Costo unitario directo por : M3 56.17

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Insumos Partida						
950121	EXPLOTACION DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA	M3		1.2000	14.20	17.04
950171	SELECCION Y HABILITACION DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA	M3		1.2000	5.72	6.86
950221	CARGUIO DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA	M3		1.2000	2.39	2.87
950271	TRANSPORTE DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA	M3		1.2000	20.29	24.35
950451	COLOCACION DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA BAJO AGUA	M3		1.2000	4.21	5.05
56.17						

Análisis de precios unitarios

Obra 3001001 ESPIGONES DE PROTECCION PLAYA PORTOBELLO
Fórmula 01 ESPIGONES DE PROTECCION **Fecha** 30/06/2003

Partida 04.03.02		SUMINISTRO Y COLOCACION DE ROCA MENUIDA EN EL NUCLEO BAJO AGUA				Rendimiento M3/DIA	Costo unitario directo por : M3	38.64
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
Insumos Partida								
950141	EXPLOTACION DE ROCA MENUIDA PARA NUCLEO	M3		1.3000	3.71	4.82		
950181	SELECCION Y HABILITACION DE ROCA MENUIDA PARA NUCLEO	M3		1.3000	1.51	1.96		
950201	CARGUIO DE ROCA MENUIDA PARA NUCLEO	M3		1.3000	1.85	2.41		
950261	TRANSPORTE DE ROCA MENUIDA PARA NUCLEO	M3		1.3000	20.29	26.38		
950551	COLOCACION DE ROCA MENUIDA PARA NUCLEO BAJO AGUA	M3		1.3000	2.36	3.07		
						38.64		

Partida 05.01.00		EQUIPAMIENTO Y COLOCACION DE FAROLETE				Rendimiento 2.000 UND/DIA	Costo unitario directo por : UND	1.880.53
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
Mano de Obra								
470101	CAPATAZ	HH	0.50	2.0000	12.07	24.14		
470102	OPERARIO	HH	2.00	8.0000	9.28	74.24		
470104	PEON	HH	4.00	16.0000	7.50	120.00		
						218.38		
Materiales								
026004	TUBO DE ACERO DE D=4", E=6 MM	M		5.0000	70.00	350.00		
110378	LUMINARIA FAROLA JP/250-E27 300W JOSFEL	UND		1.0000	517.50	517.50		
190325	CABLE NYY 2 - 1 X 6 MM2**	M		120.0000	3.17	380.40		
219929	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	M3		0.5000	220.80	110.40		
540902	PINTURA MARINA ANTIC.ROJO OXI.MATE1/4GLN	UND		1.0000	150.00	150.00		
650055	TUBO Fo.GALV. DE 1"	M		5.0000	8.58	42.90		
720811	TUB. PVC SAP P/INST. ELECT. DE 1"	M		120.0000	0.87	104.40		
						1,655.60		
Equipos								
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	218.38	6.55		
						6.55		

Catálogo de insumos partida

Código	Descripción	Unidad
950101	EXPLOTACION DE ROCA PARA CORAZA	M3
950121	EXPLOTACION DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA	M3
950141	EXPLOTACION DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO	M3
950151	SELECCION Y HABILITACION DE ROCA PARA CORAZA	M3
950171	SELECCION Y HABILITACION DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA	M3
950181	SELECCION Y HABILITACION DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO	M3
950201	CARGUIO DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO	M3
950221	CARGUIO DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA	M3
950231	CARGUIO DE ROCA PARA CORAZA	M3
950261	TRANSPORTE DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO	M3
950271	TRANSPORTE DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA	M3
950281	TRANSPORTE DE ROCA PARA CORAZA	M3
950301	COLOCACION DE ROCA PARA CORAZA EN SECO	M3
950351	COLOCACION DE ROCA PARA CORAZA BAJO AGUA	M3
950451	COLOCACION DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA BAJO AGUA	M3
950551	COLOCACION DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO BAJO AGUA	M3

Análisis de precios unitarios

Obra ESPIGONES DE PROTECCION PLAYA PORTOBELLO
Fórmula ESPIGONES DE PROTECCION

Rendimiento		EXPLOTACION DE ROCA PARA CORAZA		Costo unitario directo por : M3			16.52
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0025	12.07	0.03	
470102	OPERARIO	HH	0.50	0.0125	9.28	0.12	
470103	OFICIAL	HH	4.00	0.1000	8.37	0.84	
470104	PEON	HH	4.00	0.1000	7.50	0.75	
							1.74
Materiales							
270006	MECHA O GUIA	M		0.5000	0.41	0.21	
270210	FULMINANTE O DETONANTE	UND		0.5000	0.41	0.21	
280101	DINAMITA AL 65%	KG		0.2500	11.41	2.85	
300810	BARRENO 5' X 1/8"	UND		0.0100	364.82	3.65	
							6.92
Equipos							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.74	0.09	
490202	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	HM	1.00	0.0250	120.75	3.02	
490435	TRACTOR DE ORUGAS DE 270-295 HP	HM	0.50	0.0125	241.50	3.02	
490661	PERFORADORA	HM	4.00	0.1000	17.25	1.73	
							7.86

Rendimiento		EXPLOTACION DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA		Costo unitario directo por : M3			14.20
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0019	12.07	0.02	
470102	OPERARIO	HH	0.50	0.0095	9.28	0.09	
470103	OFICIAL	HH	4.00	0.0762	8.37	0.64	
470104	PEON	HH	4.00	0.0762	7.50	0.57	
							1.32
Materiales							
270006	MECHA O GUIA	M		0.5000	0.41	0.21	
270210	FULMINANTE O DETONANTE	UND		0.5000	0.41	0.21	
280101	DINAMITA AL 65%	KG		0.2500	11.41	2.85	
300810	BARRENO 5' X 1/8"	UND		0.0100	364.82	3.65	
							6.92
Equipos							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.32	0.07	
490202	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	HM	1.00	0.0190	120.75	2.29	
490435	TRACTOR DE ORUGAS DE 270-295 HP	HM	0.50	0.0095	241.50	2.29	
490661	PERFORADORA	HM	4.00	0.0762	17.25	1.31	
							5.96

Análisis de precios unitarios

Obra ESPIGONES DE PROTECCION PLAYA PORTOBELLO

Fórmula ESPIGONES DE PROTECCION

EXPLOTACION DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO						
Rendimiento	1.000.000 M3/DIA		Costo unitario directo por : M3			3.71
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.20	0.0016	12.07	0.02
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0080	9.28	0.07
470104	PEON	HH	4.00	0.0320	7.50	0.24
0.33						
Materiales						
270006	MECHA O GUIA	M		0.6000	0.41	0.25
270210	FULMINANTE O DETONANTE	UND		0.6500	0.41	0.27
280101	DINAMITA AL 65%	KG		0.2500	11.41	2.85
3.37						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.33	0.01
0.01						

SELECCION Y HABILITACION DE ROCA PARA CORAZA						
Rendimiento	420.000 M3/DIA		Costo unitario directo por : M3			8.57
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0019	12.07	0.02
470103	OFICIAL	HH	2.00	0.0381	8.37	0.32
470104	PEON	HH	6.00	0.1143	7.50	0.86
1.20						
Materiales						
270006	MECHA O GUIA	M		0.0500	0.41	0.02
270210	FULMINANTE O DETONANTE	UND		0.0500	0.41	0.02
280101	DINAMITA AL 65%	KG		0.0250	11.41	0.29
300810	BARRENO 5' X 1/8"	UND		0.0017	364.82	0.62
667008	ESTROBOS	M		0.0150	37.50	0.56
1.51						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.20	0.06
490202	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	HM	0.50	0.0095	120.75	1.15
490661	PERFORADORA	HM	2.00	0.0381	17.25	0.66
496145	GRUA 35 TN	HM	1.00	0.0190	210.00	3.99
5.86						

SELECCION Y HABILITACION DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA						
Rendimiento	500.000 M3/DIA		Costo unitario directo por : M3			5.72
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0016	12.07	0.02
470103	OFICIAL	HH	2.00	0.0320	8.37	0.27
470104	PEON	HH	6.00	0.0960	7.50	0.72
1.01						
Materiales						
300810	BARRENO 5' X 1/8"	UND		0.0017	364.82	0.62
0.62						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.01	0.05
490202	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	HM	0.50	0.0080	120.75	0.97
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0160	157.50	2.52
490661	PERFORADORA	HM	2.00	0.0320	17.25	0.55
4.09						

Análisis de precios unitarios

Obra ESPIGONES DE PROTECCION PLAYA PORTOBELLO
Fórmula ESPIGONES DE PROTECCION

SELECCION Y HABILITACION DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO						
Rendimiento		1.000.000 M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			1.51
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470104	PEON	HH	4.00	0.0320	7.50	0.24 0.24
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.24	0.01
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0080	157.50	1.26 1.27

CARGUIO DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO						
Rendimiento		696.000 M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			1.85
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470104	PEON	HH	0.50	0.0057	7.50	0.04 0.04
Equipos						
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0115	157.50	1.81 1.81

CARGUIO DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA						
Rendimiento		556.000 M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			2.39
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470104	PEON	HH	1.00	0.0144	7.50	0.11 0.11
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.11	0.01
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0144	157.50	2.27 2.28

CARGUIO DE ROCA PARA CORAZA						
Rendimiento		584.000 M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			3.29
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470104	PEON	HH	2.00	0.0274	7.50	0.21 0.21
Materiales						
667008	ESTROBOS	M		0.0050	37.50	0.19 0.19
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.21	0.01
496145	GRUA 35 TN	HM	1.00	0.0137	210.00	2.88 2.89

Análisis de precios unitarios

Obra ESPIGONES DE PROTECCION PLAYA PORTOBELLO
Fórmula ESPIGONES DE PROTECCION

Rendimiento		TRANSPORTE DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO		Costo unitario directo por : M3			20.29
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470104	PEON	HH	0.50	0.0182	7.50	0.14	0.14
Equipos							
480437	CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 12 M3. - ROCA	HM	4.00	0.1460	138.00	20.15	20.15
Rendimiento		TRANSPORTE DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA		Costo unitario directo por : M3			20.29
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470104	PEON	HH	0.50	0.0182	7.50	0.14	0.14
Equipos							
480437	CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 12 M3. - ROCA	HM	4.00	0.1460	138.00	20.15	20.15
Rendimiento		TRANSPORTE DE ROCA PARA CORAZA		Costo unitario directo por : M3			46.75
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470104	PEON	HH	1.00	0.0835	7.50	0.63	0.63
Equipos							
480437	CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 12 M3. - ROCA	HM	4.00	0.3342	138.00	46.12	46.12
Rendimiento		COLOCACION DE ROCA PARA CORAZA EN SECO		Costo unitario directo por : M3			19.67
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0727	9.28	0.67	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0727	8.37	0.61	1.28
Materiales							
667008	ESTROBOS	M		0.0050	37.50	0.19	0.19
Equipos							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.28	0.06	
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	0.25	0.0182	157.50	2.87	
496145	GRUA 35 TN	HM	1.00	0.0727	210.00	15.27	18.20

Análisis de precios unitarios

Obra ESPIGONES DE PROTECCION PLAYA PORTOBELLO
Fórmula ESPIGONES DE PROTECCION

Rendimiento		COLOCACION DE ROCA PARA CORAZA BAJO AGUA		Costo unitario directo por : M3			26.21
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0800	9.28	0.74	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0800	8.37	0.67	
470334	BUZO	HH	1.00	0.0800	34.50	2.76	
							4.17
Materiales							
667008	ESTROBOS	M		0.0500	37.50	1.88	
							1.88
Equipos							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	4.17	0.21	
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	0.25	0.0200	157.50	3.15	
496145	GRUA 35 TN	HM	1.00	0.0800	210.00	16.80	
							20.16

Rendimiento		COLOCACION DE ROCA PARA CAPA INTERMEDIA BAJO AGUA		Costo unitario directo por : M3			4.21
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0200	9.28	0.19	
470104	PEON	HH	1.00	0.0200	7.50	0.15	
470334	BUZO	HH	1.00	0.0200	34.50	0.69	
							1.03
Equipos							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.03	0.03	
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0200	157.50	3.15	
							3.18

Rendimiento		COLOCACION DE ROCA MENUDA PARA NUCLEO BAJO AGUA		Costo unitario directo por : M3			2.36
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470102	OPERARIO	HH	0.50	0.0067	9.28	0.06	
470104	PEON	HH	2.00	0.0267	7.50	0.20	
							0.26
Equipos							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.26	0.01	
490411	CARGADOR S/LLANTAS 160-195 HP 3.5 YD3.	HM	1.00	0.0133	157.50	2.09	
							2.10

8.1 CONCLUSIONES

Cuando hablamos de obras marítimas nos referimos a todo un conjunto de obras que se realizan en la costa, la realización de estas obras involucra a la vez todo un estudio del lugar elegido, ya sea del comportamiento del mar, el clima, vías de acceso, etc., lo que conlleva a diseñar el tipo de estructura adecuado que se empleará, el cual se va a basar con el tipo de uso que se le vaya a dar.

El diseño de un rompeolas de escolleras deberá tomar en cuenta el método de construcción a ser empleado; evaluándolo y, tomando en cuenta ciertos factores que determinan la selección de un método de construcción por otro.

- ✓ La condición topográfica, batimétrica, etc. de la zona.
- ✓ El oleaje en la zona.
- ✓ La sección final del rompeolas.
- ✓ Los materiales a ser usados.
- ✓ El equipo que se dispone.
- ✓ Ubicación de canteras.
- ✓ Acceso a la zona.

Principalmente para el diseño de rompeolas se necesita conocer el oleaje de la zona en que se va a diseñar, y para poder interpretar el efecto del oleaje en el diseño de estas estructuras es necesario conocer que fuerzas la generan, como se presentan y como se deforman en la cercanía de la costa; complementado con los estudios preliminares se podrá tener las herramientas necesarias para el diseño de la estructura. En consecuencia el estudio estará basado en la obtención de la altura de la ola de diseño.

Como se mencionara inicialmente la bahía de Pucusana no cuenta con registros de olas y mareas para el cálculo de alturas de olas de diseño, por tal motivo se utilizaron información de los Sailing Direction, que dan información sobre

ocurrencia de alturas de olas en aguas profundas en porcentaje del tiempo por direcciones. Además de la información perteneciente al *Estudio básico del Oleaje en Salaverry*, para determinar la frecuencia de ocurrencia y excedencia anual en porcentaje del tiempo de cada altura de ola significativa, información básica para el cálculo de transporte litoral de sedimentos y; para el diseño óptimo de espigones y rompeolas, etc. con elementos sueltos.

Para la selección de la ola de diseño se requiere además hacer un análisis económico, ya que acorde con lo mencionado, al aumentar la altura de ola el costo también aumentará, pero al mismo tiempo la probabilidad de riesgo disminuye. El análisis económico está relacionado con el costo total de la obra y el costo de mantenimiento que se debe dar a ella. En este último se debe incluir el costo esperado por reparación en caso de daño. Lo que se efectúa para cada altura de ola que se desea estudiar y de los resultados obtenidos (costo por construcción de la obra, costo por mantenimiento y reparación, y costo total).

La zona de estudio se encuentra en la región comprendida en los 12° de la latitud sur, y para esta zona según los Sailing Direction (Fig. 6.1) los oleajes de mayor grado de ocurrencia en aguas profundas provienen de la dirección S, con 62.9% de ocurrencia y, SO con 17.0% de ocurrencia. Direcciones para las que se construyó sus planos de refracción, concluyendo que para el oleaje proveniente del S no llega a entrar a la bahía debido a que la Isla de Chilca se comporta como una barrera que difracta y desvía dicho oleaje, impidiendo que entre en la zona de estudio; razón por la cual no se presentan rompientes en la mayor parte del tiempo. El oleaje proveniente del SO por refracción no llega a la zona de estudio, pero sí; por efecto de difracción, originado por la Isla de Chilca, al actuar como un rompeolas natural, siendo la altura de ola significativa máxima resultante para el sistema de rompeolas del proyecto $H_S = 0.2427 \cdot H_0$, oleaje de reducida energía; debido a que ante la ocurrencia de una ola con periodo de retorno de 25 años (Gráfica. 6.2) se espera una altura de ola en aguas profundas $H_0 = 4.20\text{m}$, por tanto una altura de ola significativa de $H_S = 1.02\text{m}$. Además se presenta el oleaje que proviene de la dirección O con 0.9% de ocurrencia que llega a la zona de diseño por el efecto de refracción, siendo la altura de ola significativa esperada $H_S = 0.7809 \cdot H_0$; siendo este oleaje el que produce las rompientes de mayor energía en la zona de rompeolas, aunque de escasa presencia.

Teniendo en cuenta que “al romper la ola disipa gran parte de su energía por turbulencia, y las partículas del fondo son puestas en suspensión, llevando partículas de sedimentos hacia la costa. Una porción de la masa al romper la ola, disipa su energía al deslizarse sobre la costa y transporta sedimentos hacia ella. El sedimento se moviliza sobre el perfil de la playa, en la zona de rompientes; definiendo los bordes de esta zona el cauce por donde discurren los sedimentos, que con mayor o menor gasto se desplaza sobre el litoral”. Por lo expuesto, en la zona de diseño se prevé un débil transporte de sedimentos, al existir escasa ocurrencia de rompientes de fuerte energía, lo que se corrobora con la escasa presencia de bancos de sedimentos (de pequeñas dimensiones), en el fondo marino de la zona en estudio.

En consecuencia se afirma que la zona de diseño se encuentra protegida por la Isla de Chilca, el cual la protege de los efectos del oleaje y; por la configuración batimétrica de la bahía. Presentándose un oleaje reinante proveniente de la dirección SO y un oleaje dominante proveniente de la dirección O. Siendo lo ideal para fines de diseño es que el oleaje reinante y dominante provenga de una misma dirección y esta sean las de mayor porcentaje de ocurrencia.

Para el diseño de los espigones y rompeolas se optó por diseñarlos para una misma altura de ola de diseño (la máxima presentada en el sistema de espigones), y, se diseñaron ambas estructuras por el método de rompeolas descrito en el capítulo V. Dentro de las consideraciones técnicas para el diseño de las estructuras, se consideró que el oleaje debería pasar la cresta (Run up) en un mínimo porcentaje, al destinarse esta zona (cresta de los rompeolas), a un área netamente para uso recreacional (panorámico).

En cuanto a la localización en planta de los rompeolas estos tienen tramos que están orientados paralelos a los frentes de ola provenientes de la dirección SO y O no encontrándose afectados por la acción directa de rompientes (en caso se produzcan), pues estas ocurren frente a ellas y por protección natural; por la configuración batimétrica de la zona.

Cabe precisar además, que para la obtención de los costos unitarios para las diferentes alturas de olas de diseño se contempló el peso de la unidad protectora; y, por la gran diferencia en los tamaños obtenidos, se optó por calcular el costo de roca para cada tipo ola de diseño. Siendo la altura de ola de diseño óptimo 1.70m (Gráfica 6.1), esperándose un Run-Up o lamido de ola de 1.45m.

8.2 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS DE PERFORACION Y VOLADURA

8.2.1 GENERALIDADES

Para que los trabajos de perforación y voladura de rocas se realicen en condiciones de seguridad, es preciso que en tales operaciones se observen los siguientes aspectos:

- I. Cumplimiento de las Normas y Reglamentaciones vigentes.
- II. Formación técnica de los operadores, artilleros y personal manipulador de explosivos con cursos periódicos adecuados.
- III. Utilización de máquinas, explosivos, accesorios y sistemas de iniciación en condiciones de seguridad.

Los técnicos responsables deben pues arbitrar las medidas oportunas para cubrir esas tres facetas, ya que de lo contrario el riesgo de accidentes aumentará debido al exceso de confianza, a las distracciones, al desconocimiento, a la infracción de normas de seguridad, etc.

En el presente capítulo se enuncian, con carácter general, unas recomendaciones básicas de seguridad que, obviamente, deben complementarse con lo prescrito en la Legislación vigente.

Las disposiciones oficiales en materia de explosivos en el Perú están acopiadas en:

REGLAMENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA.

D. S. N° 019-71/IN (DICSCAMEC).

Reg. D. L. N° 25707.

8.2.2 PERFORACION DE BARRENOS

8.2.2.1 MEDIDAS GENERALES DE SEGURIDAD EN LA PERFORACIÓN DE BARRENOS

La operación de perforación implica la adopción de una serie de medidas de seguridad con el fin de minimizar los riesgos potenciales, tanto humanos como materiales.

- ✓ La perforación se realizará de acuerdo con la normativa existente, oficial o establecida en el reglamento interior de la empresa.
- ✓ El personal de operación deberá tener la formación correcta y conocer el manual de operación de la máquina antes de hacerse cargo de ella.
- ✓ Los perforistas estarán provistos de la vestimenta de protección establecida (cascos, botas, guantes, gafas, mascarillas, correas, arneses de seguridad, líneas de vida, etc.), y usarán ropa y accesorios poco holgados para impedir su enganche en partes móviles de la máquina.
- ✓ Los sistemas de protección personal y de la máquina deberán estar en condiciones adecuadas; en caso contrario no se procederá a perforar.
- ✓ Los sistemas de protección de la máquina no se anularán en prevención de daños a la misma o a las personas.
- ✓ Los controles de arranque y maniobra se protegerán para impedir su manipulación por otras personas y evitar así posibles daños.
- ✓ El compresor de la perforadora dispondrá de extintor y, además, existirá un botiquín de primeros auxilios, cuyo uso conocerán los operadores.
- ✓ Si las condiciones de trabajo son inadecuadas o peligrosas no se arrancará el equipo. Se colocarán advertencias prevenir tales condiciones.
- ✓ Para advertir de la necesidad de protecciones personales se emplearán señales bien visibles.

8.2.2.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD PREVIAS AL ARRANQUE

- ✓ Los operadores deberán estar en condiciones de asumir los riesgos posibles y disponer de los medios para afrontarlos, así como conocer donde buscar ayuda.
- ✓ El perforista revisará enteramente la máquina a su cargo aunque en el relevo anterior todo funcionase correctamente.

- ✓ El personal de perforación estudiará el lugar de trabajo, sus potenciales limitaciones, así como vías de traslado al mismo.
- ✓ Las mangueras presurizadas estarán debidamente aseguradas, especialmente la principal, que dispondrá adicionalmente, en el punto de conexión, de cable de seguridad.
- ✓ Las roscas y elementos de unión estarán correctamente apretados.
- ✓ Se inspeccionarán los niveles, puntos de engrase, y limpieza de la máquina, de acuerdo con las instrucciones del fabricante se comprobarán las herramientas y accesorios de perforación necesarios, debiendo estar en su sitio y en condiciones de uso.
- ✓ Se vigilarán las posibles pérdidas de combustible y otros fluidos, y se purgarán los depósitos de acuerdo con las instrucciones de servicio.

8.2.2.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL ARRANQUE

Durante el arranque se observarán las siguientes medidas:

- ✓ Comprobar la ausencia de personas innecesarias en la perforadora o su entorno.
- ✓ Inspeccionar la posición correcta de todos los mandos de control de la perforadora.
- ✓ Inspeccionar posibles señales o etiquetas de advertencia en la perforadora.
- ✓ Antes de abrir la válvula de la tubería de aire, se deberá tener todas las válvulas de la máquina perforadora cerradas; de lo contrario la barra de avance de la máquina se levantará violentamente causando serios accidentes.
- ✓ No abandonar la perforadora si está en funcionamiento.

8.2.2.4 MEDIDAS DE SEGURIDAD DESPUÉS DEL ARRANQUE

Comprobar el correcto funcionamiento de todos los controles.

- ✓ Prestar atención a ruidos no habituales.

8.2.2.5 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LOS DESPLAZAMIENTOS A CIELO ABIERTO

Antes de Iniciar los traslados de los equipos se comprobarán los siguientes puntos:

- ✓ Condiciones de estabilidad de los taludes cercanos al área de trabajo.

- ✓ Pendientes de los tajos de los equipos de perforación. Si fuera necesario se procederá al amarre de las máquinas mediante cables.
- ✓ Los accesorios de perforación, especialmente barrenos, se encuentran inmovilizados.
- ✓ Durante el transporte, no se permitirá la presencia de personas no autorizadas sobre el compresor cuando se remolque.
- ✓ No se circulará por áreas previamente perforadas.
- ✓ Los materiales necesarios para los trabajos se colocarán en el lugar adecuado ordenadamente.
- ✓ Los fondos de los barrenos y tiros fallidos se señalarán. Los barrenos más próximos a éstos se perforarán a una distancia mínima de 20cm. Nunca se utilizarán los fondos de barreno como puntos de emboquille.

8.2.2.6 MEDIDAS DE SEGURIDAD DURANTE LA PERFORACIÓN

- ✓ En terrenos escarpados y con compresores portátiles, éstos se mantendrán en lugar seguro.
- ✓ El emplazamiento de perforación dispondrá de condiciones de visibilidad apropiadas, tanto para los operadores como para cualquier otro personal de la explotación.
- ✓ Ventilar, regar, desatar y hacer campo en su labor antes de iniciar la perforación.
- ✓ No se perforará en seco, se verificará que el agua limpie el taladro
- ✓ Sopletear constantemente el taladro en perforación para eliminar la roca triturada.
- ✓ No se emboquillará sobre fondos de barrenos antiguos.
- ✓ Antes y durante la perforación de los taladros, chequear el frente, techo y paredes tocando con barretillas, puede haber planchones, que se aflojen durante la perforación.
- ✓ En las maniobras de cambio de barrenas se prestará atención a los accesorios de perforación (manguitos, adaptadores, etc.) que puedan encontrarse deficientemente afianzados.
- ✓ Los accesorios de perforación estarán en todo momento en buenas condiciones de uso. Aquellas piezas que presenten desgastes que puedan

afectar a la seguridad de la operación, serán desechadas. Se almacenarán en lugares adecuados, protegidos del polvo y los golpes.

- ✓ No se golpeará metal con metal sin protección en los ojos.
- ✓ Durante la perforación de los barrenos se observará el descenso de la cabeza de rotación o martillo de percusión.
- ✓ Los operadores se mantendrán en todo momento alejados de los componentes en movimiento de la perforadora, tales como cables, correas, compresor, etc., y el accionamiento de los mandos lo efectuarán desde posiciones correctas.
- ✓ El varillaje, los manguitos, las bocas, etc., recién utilizados se evitará tocarlos directamente con las manos, pues se corre el riesgo de quemaduras.
- ✓ El levantamiento o manipulación de accesorios, pesados, se realizará adoptando las precauciones siguientes:
 - Mantener los pies separados situándolos a cada lado del objeto.
 - Doblar las piernas y agacharse, manteniendo la cabeza erguida.
 - Asir el objeto con toda la mano, arrojándolo con los brazos.
 - Mantenerse aplomado sobre los pies, levantando el objeto con los músculos posteriores de las piernas.
- ✓ Al depositar el objeto, no girar el cuerpo y mantenerlo próximo al punto de descarga.

8.2.2.7 MEDIDAS DE SEGURIDAD AL FINALIZAR LA PERFORACIÓN

- ✓ No se abandonará la máquina con el motor en movimiento.
- ✓ El procedimiento de parada de la perforadora se realizará de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- ✓ No se colocará la perforadora en áreas en pendientes y potencialmente inundables, o que puedan ser alcanzadas por las proyecciones de las voladuras.
- ✓ Caso de existir alguna circunstancia que pueda afectar al uso de la máquina, dejar nota de advertencia sobre los controles de arranque antes de abandonar la perforadora.
- ✓ Antes de abandonar la perforadora, se liberarán de presión todos los circuitos, dejando los controles en posición de parada y estacionamiento haciendo uso de los bloqueos existentes, y retirando las llaves de arranque si las hubiera.

- ✓ Antes de cargar, sopletear los taladros para eliminar las partículas que han quedado dentro del taladro.

8.2.2.8 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO Y SERVICIO

- ✓ El personal que intervenga en las operaciones de mantenimiento, reparación y servicio será el asignado por la Empresa.
- ✓ En todo momento se seguirán las instrucciones de servicio especificadas por el fabricante en su Manual de Servicio y Mantenimiento.
- ✓ Los controles de arranque estarán bloqueados y etiquetados de forma que sólo la persona autorizada pueda accionarlos.
- ✓ El servicio a las baterías de los grupos motocompresores implica riesgos potenciales de quemaduras por el ácido sulfúrico, e incendios y/o explosiones ya que se producen hidrógeno y oxígeno.
- ✓ El personal de servicio a las baterías estará provisto siempre de gafas de seguridad, guantes y ropa resistentes al ácido.
- ✓ Cuando se cambie una batería, el terminal de tierra será el primero en desconectarse y el último en conectarse.
- ✓ Se verificará frecuentemente el nivel de electrolito; en caso necesario añadir agua destilada, y hacerlo siempre antes de arrancar, nunca al parar el motor. Un nivel correcto supone menor volumen de gases en el interior de la batería.
- ✓ No estará permitido el uso de llama para verificar el nivel de una batería; esta operación deberá realizarse con una lámpara portátil.
- ✓ Durante la operación de carga de baterías estarán retirados los tapones de los vasos. Los terminales del aparato de carga se aplicarán y retirarán con el interruptor de servicio apagado.
- ✓ No estará permitido fumar cerca de las baterías o cuando se trabaje con ellas.
- ✓ Se mantendrán las manos, brazos y resto del cuerpo, así como la ropa de trabajo, alejados de cualquier parte del compresor en movimiento.
- ✓ No se abrirá ningún depósito o manguera de aire o aceite durante el funcionamiento del equipo, o si están presurizados.
- ✓ Se verificará el estado de las válvulas de seguridad con una periodicidad de al menos una vez semanalmente. Deben estar en condiciones perfectas de funcionamiento.

- ✓ Se evitará la reparación de averías en válvulas de seguridad de circuitos presurizados, sustituyéndose por una completamente nueva.
- ✓ En ningún caso se sobrepasará la presión recomendada por los fabricantes para los circuitos o dispositivos presurizados.
- ✓ No se usarán mangueras de aire con presiones superiores de 0,2MPa para la limpieza de filtros, ropa de trabajo, polvo, etc. En caso necesario se usarán gafas protectoras.
- ✓ El repostado se realizará con el motor parado y en áreas perfectamente ventiladas.
- ✓ Se evitará derramar combustible sobre superficies que se hallen a mayor temperatura que la ambiental. Las mangueras de suministro estarán provistas del boquerel apropiado.
- ✓ Cuando se derrame combustible, y previamente al arranque, se limpiarán todas las superficies impregnadas.
- ✓ En un radio no superior a 10m del punto de repostado estará prohibido fumar, no habrá llamas, materiales incandescentes o mecanismos productores de chispas.
- ✓ En el punto de repostado se dispondrá de extintores de incendio para fuegos tipo B (grasas, gasolinas, disolventes, pinturas, etc.).
- ✓ Se evitará el llenado completo de los depósitos de combustible ya que su volumen es variable con la temperatura.
- ✓ La comprobación del nivel de líquido refrigerante en el grupo motocompresor se realizará con el motor parado y temperatura ambiente del radiador.

8.2.3 VOLADURAS

8.2.3.1 MEDIDAS AL ALMACENAR EXPLOSIVOS

- ✓ Almacenar siempre los explosivos en polvorines superficiales o subterráneos, que se ajusten a las características y requerimientos de las normas legales y reglamentos en vigencia (establecido en el D. S. N° 019-71/IN DICSCAMEC).
- ✓ Guardar los explosivos en polvorines limpios, secos, bien ventilados, razonablemente frescos, solidamente contruidos y resistentes al fuego; deben

contar con extintores en buenas condiciones, con cerraduras inviolables y con vigilancia efectiva.

- ✓ Siempre utilizar o despachar los productos de mayor antigüedad o, lo que es lo mismo, en el orden de entrada al polvorín.
- ✓ Almacenar los productos del mismo tipo y clase de tal manera que sea fácil identificarlos. Esto simplificará el recuento, la revisión y control de antigüedad de los explosivos.
- ✓ Tener especial cuidado con cajas defectuosas o embalajes rotos. Deben ser colocadas por separado dentro del polvorín.
- ✓ Ubicar los polvorines en los lugares más aislados y estratégicos, respetando la normativa vigente en cuanto a distancias de seguridad.
- ✓ Consultar al fabricante cuando alguna sustancia líquida de los explosivos deteriorados haya escurrido al piso del polvorín. Eventualmente, limpiar el suelo con disolventes o soluciones y materiales apropiados.
- ✓ Si se requiere iluminación artificial, emplear lámparas de seguridad.
- ✓ No abrir o reenvasar cajas de explosivos dentro del polvorín.
- ✓ No dejar explosivo suelto o cajas de explosivo abiertas dentro del polvorín.
- ✓ No almacenar detonadores y otros accesorios de iniciación con explosivos en un mismo lugar o polvorín.
- ✓ No almacenar el cordón detonante junto con detonadores eléctricos.
- ✓ No guardar en el polvorín ningún metal que pueda producir chispas, ni herramientas hechas de tales metales.
- ✓ No almacenar con los explosivos aceites, gasolinas o disolventes.
- ✓ No fumar ni llevar fósforos o encendedores dentro del polvorín.
- ✓ No permitir la acumulación de hojas, hierbas, matorrales o basura dentro de un radio de 10m alrededor del polvorín.
- ✓ Señalizar adecuadamente las instalaciones y los vehículos destinados al almacenamiento y transporte de explosivos.
- ✓ No podrá efectuarse trabajos de ninguna clase en los polvorines, aparte del de traslado y acomodo de material.

8.2.3.2 MEDIDAS AL TRANSPORTAR EXPLOSIVOS DENTRO DE LAS EXPLOTACIONES

- ✓ Acatar rigurosamente las disposiciones establecidas por los Reglamentos vigentes.
- ✓ Solamente personal entrenado, capacitado y autorizado puede expedir y transportar los explosivos y accesorios.
- ✓ Asegurarse de que todo vehículo destinado a transportar explosivos reúne las condiciones exigidas por el organismo competente.
- ✓ Verificar el buen funcionamiento del vehículo. Impedir que la carga sobresalga y disponer de lonas para la cubrición del explosivo en caso de lluvias.
- ✓ Llevar en los vehículos extintores de incendios, en lugares apropiados y de fácil acceso, debiendo conocer obligatoriamente el chofer y ayudantes su uso.
- ✓ La plataforma del vehículo debe ir revestida con un material aislante de metal o madera, debe ser compacta sin huecos o fisuras.
- ✓ Tener apagado el motor del vehículo durante las operaciones de carga y descarga de explosivos y; efectuarlas dichas operaciones durante el día.
- ✓ Los explosivos deberán ser transportados únicamente en las móviles de voladura y en la cantidad exacta que se va a utilizar.
- ✓ Nunca transportar conjuntamente con explosivos materiales metálicos, combustibles o corrosivos, ni tenerlos en contacto con estos.
- ✓ No permitir fumar en el vehículo ni la presencia en él de personas no autorizadas e innecesarias. Prohibir abrir las cajas que contienen explosivos sobre las plataformas del vehículo o en el área de descarga, sin antes haber terminado ésta.
- ✓ No transportar los accesorios de voladuras, iniciadores de ningún tipo conjuntamente con los explosivos. El cordón detonante se considera incluido dentro de los explosivos industriales.
- ✓ Usar itinerarios de transporte con poco movimiento de personal y maquinaria.
- ✓ Transportar los explosivos en sus envases y embalajes de origen o en útiles preparados para tal fin.

- ✓ Durante la carga y descarga de explosivos, sólo podrá permanecer en las inmediaciones el personal autorizado para tal efecto, prohibiéndose cualquier otra actividad en un radio de 50m.
- ✓ En la descarga no golpear, lanzar, ni dejar caer los explosivos, mechas detonantes, detonantes, etc.
- ✓ Distribuir el explosivo a utilizar en la voladura y evitar la creación de pilas con grandes cantidades.
- ✓ Colocar los detonadores en lugar alejado de la zona de carga.
- ✓ Vigilar la zona de descarga de explosivos hasta su colocación en los barrenos y conexión de la pega.

8.2.3.3 MEDIDAS EN EL ÁREA DE LA VOLADURA

- ✓ Limpiar el área de la voladura retirando las rocas sueltas, la maleza, los metales y otros materiales.
- ✓ Limpiar adecuadamente los taladros utilizando sopletes de aire y luego verificar que no hayan quedado detritos en el fondo.
- ✓ Delimitar con estacas o banderines de colores llamativos la zona a volar e impedir el paso de maquinaria sobre la misma.
- ✓ A la entrada del relevo anunciar al personal de operación de la realización de voladuras ese día.
- ✓ Impedir el acceso a la zona señalizada y proximidades al personal ajeno a las labores de manipulación de los explosivos.
- ✓ Reducir al máximo el equipo de personal de carga, y nombrar a un responsable y supervisor.
- ✓ Señalizar correctamente la ubicación de todos los barrenos.

8.2.3.4 MEDIDAS AL PREPARAR EL CEBO

- ✓ Preparar los cebos de acuerdo con los métodos recomendados por los fabricantes de explosivos y comprobar que el iniciador está bien colocado dentro del cartucho.
- ✓ Asegurarse que durante la carga no se ejerce tensión en los cables del detonador o en el cordón detonante y puntos de unión.

- ✓ Insertar los detonadores dentro de un orificio practicado en los cartuchos con un punzón adecuado para este propósito, que podrá ser de madera, cobre, bronce o alguna aleación metálica que no produzca chispas.
- ✓ No preparar con mucha antelación ni en cantidad mayor a la que se va a utilizar de inmediato los cebos. Tampoco realizar dicha operación en el interior de polvorines o cerca de explosivos.
- ✓ El confinamiento de los cartuchos con el atacador no tiene que ser violento. El cebo nunca debe atacarse, sólo empujarse suavemente.
- ✓ Antes de colocar el cebo se debe poner un cartucho sin fulminante en el fondo del taladro, luego el cebo, después se colocará otro cartucho.

8.2.3.5 MEDIDAS DURANTE LA CARGA DE LOS BARRENOS

- ✓ Examinar cada barreno cuidadosamente antes de cargarlo para conocer su longitud y estado, usando para ello un atacador de madera, una cucharilla extractora o incluso una cinta métrica.
- ✓ Prever siempre la posibilidad de peligro de electricidad estática cuando se efectúa la carga neumáticamente y tomar todas las medidas de precaución necesarias, como la de colocar una línea a tierra. Recordar que una baja humedad relativa en la atmósfera aumenta el riesgo de electricidad estática.
- ✓ Cortar del carrete el trozo de cordón detonante una vez que haya penetrado en el barreno y antes de introducir el resto de la carga explosiva.
- ✓ Evitar que las personas dedicadas a la operación de carga, tengan expuesto parte de su cuerpo sobre el barreno que está cargándose o estén colocadas en la dirección del mismo.
- ✓ Fijar el extremo del cordón detonante a una estaca de madera o roca para impedir su caída dentro de los barrenos.
- ✓ Impermeabilizar con cinta los extremos del cordón detonante en los barrenos con agua.
- ✓ Comprobar la elevación de la carga de los explosivos a granel, y tomar las medidas pertinentes en caso de presencia de huecos o coqueras en los barrenos que han podido ser detectados durante la perforación o incluso durante la carga.

- ✓ No dejar explosivos sobrantes dentro de la zona de trabajo durante y después de la carga de los barrenos.
- ✓ No cargar los barrenos con explosivos justo después de terminar la perforación, sin antes cerciorarse de que está limpio y no contiene piezas de metal o restos de accesorios calientes.
- ✓ No deformar, maltratar o dejar caer el cebo dentro de los barrenos. Tampoco dejar caer sobre ellos cargas pesadas.
- ✓ Nunca recargar barrenos que hayan sido cargados y disparados anteriormente.

8.2.3.6 MEDIDAS EN EL RETACADO

- ✓ Confinar los explosivos en los barrenos por medio de arena, tierra, barro u otro material incombustible apropiado.
- ✓ No utilizar atacadores metálicos de ninguna clase.
- ✓ Emplear herramientas de madera u otros materiales adecuados sin partes de metal, salvo los conectadores especiales de algún metal que no produzca chispas en los atacadores articulados.
- ✓ Realizar el retacado sin violencia para no dañar a los accesorios de iniciación, cordón detonante, hilos de los detonadores, etc., ni permitir que se formen en ellos nudos o dobleces.
- ✓ No retacar directamente los cartuchos cebo.
- ✓ No introducir piedras u otros objetos junto con el material de retacado.
- ✓ En barrenos con agua verificar si se ha producido un descenso de los retacados antes de la conexión de los circuitos, y proceder a corregir éstos.

8.2.3.7 MEDIDAS AL DISPARAR CON MECHA

- ✓ Reducir al máximo las voladuras con mecha y- el número de barrenos en cada pega.
- ✓ Manipular la mecha con cuidado y sin dañar la cubierta,
- ✓ Prender la media con un encendedor apropiado para ese fin,
- ✓ Utilizar tramos de mecha con longitudes superiores al metro y medio. Conocer siempre el tiempo que tarda en arder la mecha y asegurarse de tener el tiempo suficiente para llegar a un lugar seguro después de encenderla. Para tal fin puede emplearse una mecha testigo.

- ✓ Cortar la mecha inmediatamente antes de insertarla en el detonador. Cortar tres o cuatro centímetros de la punta para asegurar que el extremo está seco.
- ✓ Cortar la mecha a escuadra usando un cuchillo o navaja afilada y limpia e insertarla hasta tocar suavemente la carga del detonador, y una vez colocada evitar torcerla.
- ✓ Utilizar el alicate especial de detonador o máquina diseñada al efecto para fijar los detonadores a la mecha. Cerciorarse que el detonador queda bien fijado a la mecha, para evitar que se desprenda o que se humedezca.
- ✓ No encender la mecha sin antes cubrir el explosivo lo suficiente para impedir que las chispas puedan hacer contacto con el explosivo.
- ✓ Nunca tener explosivos en la mano al encender la mecha.
- ✓ Antes de regresar al tajo, contar el número de barrenos explosionados y no regresar hasta que haya transcurrido media hora en caso de fallo de alguna carga.

8.2.3.8 MEDIDAS ANTES Y DESPUÉS DEL DISPARO

- ✓ Cerciorarse de que todos los explosivos excedentes se encuentran en un lugar seguro y que todas las personas y vehículos estén a una distancia segura o debidamente resguardados.
- ✓ Impedir los accesos al área de las voladuras disponiendo del personal y medios adecuados.
- ✓ No disparar sin una señal de autorización de la persona encargada y sin haber dado el aviso adecuado.
- ✓ Disparar desde lugares seguros, campanas de protección, cazos de excavadoras, etc.
- ✓ No regresar al área de la voladura hasta que se hayan disipado los humos y los gases.
- ✓ No investigar un eventual fallo de las voladuras demasiado pronto. Cumplir los reglamentos y disposiciones establecidas para este fin, o en su defecto esperar un tiempo prudencial.
- ✓ En caso de fallo, no perforar o manejar una carga de explosivo sin la dirección de una persona competente y experimentada, que tenga autorización para ello.

- ✓ Organizar los trabajos de tal forma que el horario de voladuras coincida con el momento de menos personal presente, y procurar que se realice siempre a la misma hora.

8.2.3.9 MEDIDAS CON BARRENOS FALLIDOS

- ✓ Esperar un tiempo prudencial antes de acercarse, usualmente 30min.
- ✓ Retirar a todo el personal no necesario o no vinculado al trabajo de eliminación de tiros fallados.
- ✓ Señalizar el lugar donde se encuentran los barrenos fallidos.
- ✓ Nunca trate de encender la guía de un tiro cortado o fallado.
- ✓ Nunca trate de sacar los cartuchos de un taladro cortado.
- ✓ Eliminar los tacos quedados con chorros de agua o colocarles un nuevo cebo y volverlos a disparar, en último caso con una plasta o parche encima.
- ✓ Si la pega ha sido eléctrica y el circuito está visible, comprobar la continuidad del mismo desde un área segura y disparar si es correcto, tomando medidas suplementarias frente a las posibles proyecciones.
- ✓ En el caso de cebado con cordón, intentar retirar el material de retacado y colocar un cartucho cebo junto al explosivo para su destrucción. Retacar la pega con arena o material granular fino.
- ✓ Si el explosivo no está accesible, perforar un nuevo barreno a una distancia superior a 10D, en los casos en que está permitido por la reglamentación vigente.
- ✓ Destinar a personal muy calificado las labores de neutralización y eliminación de explosivos no detonados.

8.2.3.10 MEDIDAS AL TAQUEAR BOLOS

- ✓ Observar si existen grietas visibles o fracturas en la superficie del bolo.
- ✓ Colocar los bolos en lugares donde exista un efecto pantalla de la onda aérea, por ejemplo al pie de un talud estable.
- ✓ Emplear preferiblemente el método de cargas dentro de barrenos, pues el sistema de parches de explosivo o cargas adosadas produce mayores niveles de ruido y onda aérea.

8.2.3.11 MEDIDAS AL DESHACERSE DE EXPLOSIVOS

- ✓ Siempre destruir o deshacerse de los explosivos de acuerdo con los métodos aprobados: por combustión, por explosión y destrucción química: guardando las distancias de seguridad prescritas.
- ✓ En la destrucción por combustión la cantidad de explosivo de cada montón no debe exceder de los 15kg en caso contrario se realizará en varios emplazamientos. No utilizar el mismo emplazamiento para otras quemas.
- ✓ En la destrucción por explosión se recomienda que ésta se haga confinada en un barreno, bajo arena fina o bajo agua, pues de llevarse a cabo al aire libre la onda aérea y el ruido serán extremadamente elevados. Se detonará con carga explosiva, también en pequeños lotes.
- ✓ La destrucción por agua se aplica para disolver el ANFO y otros nitratos. Algunos Explosivos se descomponen con productos químicos como la acetona, mayormente a nivel de laboratorio.
- ✓ Para deshacerse del cordón detonante el mejor procedimiento consiste en extenderlo en trozos rectilíneos en un lecho de leña seca o paja, impregnándolo en gasolina o petróleo (Nunca se debe quemar en carretes), como con los explosivos convencionales que no se quemaran en sus cajas o bolsas de embalaje.
- ✓ Los detonadores eléctricos y relés de micro retardo se destruirán, si se encuentran en número elevado, en condiciones de confinamiento en una cavidad o barreno en el terreno con ayuda de alguna cantidad de explosivo o rodeando al manojo de accesorios con varias vueltas de cordón detonante.
- ✓ Nunca permitir que el papel, cartón u otros materiales utilizados para el embalaje de explosivos sean quemados en estufas, chimeneas u otros lugares cerrados, ni que sean utilizados para otros fines. Disponer dichos materiales en capas delgadas, en un sitio aprobado y al aire libre, y al quemarlos situarse por lo menos a 30m de distancia del punto de destrucción.
- ✓ La destrucción química, que es uno de los métodos empleados para los agentes explosivos, especialmente el ANFO, se lleva a cabo por disolución de los nitratos en agua. En estos casos deben tomarse precauciones para controlar la contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ **Comisión Federal de Electricidad - Hidrotecnia**
MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES
Centro Editorial C.F.E México 1983.
- ❖ **Frias Valdez Armando –Moreno Cervantes Gonzalo**
INGENIERIA DE COSTAS
Limusa Noriega Editores México 1995.
- ❖ **Iribarren Cavenilles Ramón**
TRATADO DE OBRAS MARÍTIMAS
Editorial DOSSAT S.A. España 1964
- ❖ **Macdonel Martínez Guillermo**
INGENIERIA MARÍTIMA Y PORTUARIA
Alfaomega Grupo Editor S.A. México 1999
- ❖ **Proyecto Controlamar con cooperación Holandesa-ENAPU**
ESTUDIO BÁSICO DEL OLEAJE EN SALAVERRY
ENAPU – PERU Perú
- ❖ **Quinn Alonzo de F**
DESIGN AND CONSTRUCTIONS OF PORTS AND MARINE STRUCTURES
Mc. Graw-Hill Book Company U.S.A. 1972
- ❖ **U.S. Army Coastal Engineering**
SHORE PROTECTION MANUAL
Coastal Engineering Research Center CERC U.S.A. 1975
- ❖ **Wiegel Robert L.**
OCEANOGRAPHICAL ENGINEERING
Prentice-Hall - Englewood CUFFS U.S.A. 1965
- ❖ **EXSA**
MANUAL PRACTICO DE VOLADURAS
Departamento Técnico Perú Tercera Edición
- ❖ **Instituto Español Tecnológico GeoMinero de España**
MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURAS DE ROCA
Serie Tecnología y Seguridad Minera España Segunda Edición

- ❖ **Faustino Sanjuan Garcia**
*CURSO INTERNACIONAL DE CAPACITACIÓN EN INGENIERÍA
HIDRAULICA PORTUARIA*
Puertos Mexicanos – Vocalía Obras Marítimas Maxico 1995

- ❖ **Marina de Guerra del Perú**
CARTAS HIDRONAV
Dirección de Hidrografía y Navegación Perú

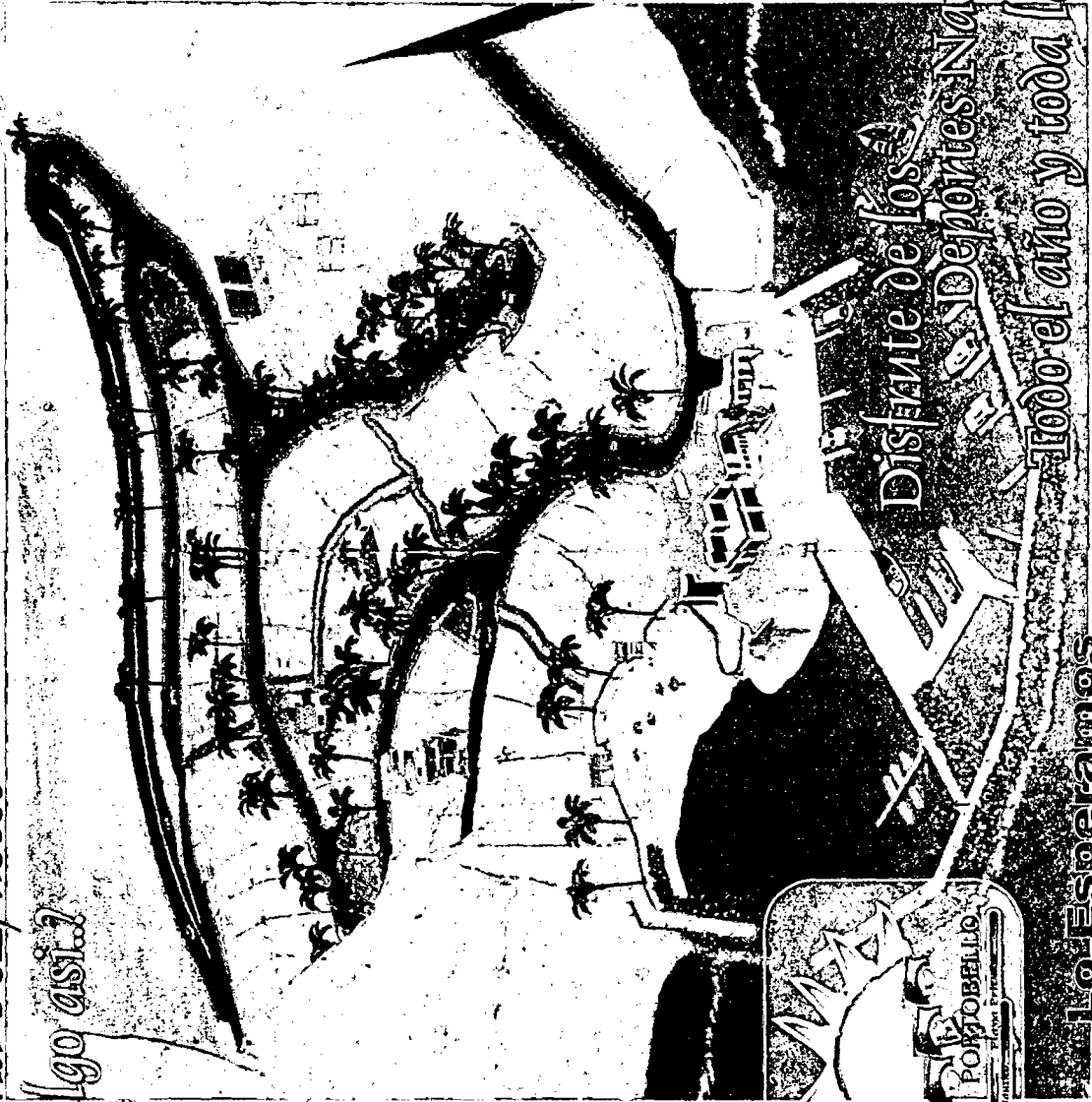
- ❖ **Marina de Guerra del Perú**
TABLA DE MAREAS HIDRONAV 31
Dirección de Hidrografía y Navegación Perú

ANEXOS

ANEXO I PROYECTO PLAYA Y CLUB NÁUTICO PORTOBELLO

Alguna vez, usted
vio algo así?

CONSTRUCTORA E INMOBILIARIA SAN ADP



Y solo a
25 minutos
de Lima

Disfrute de los
mejores Deportes Náuticos...

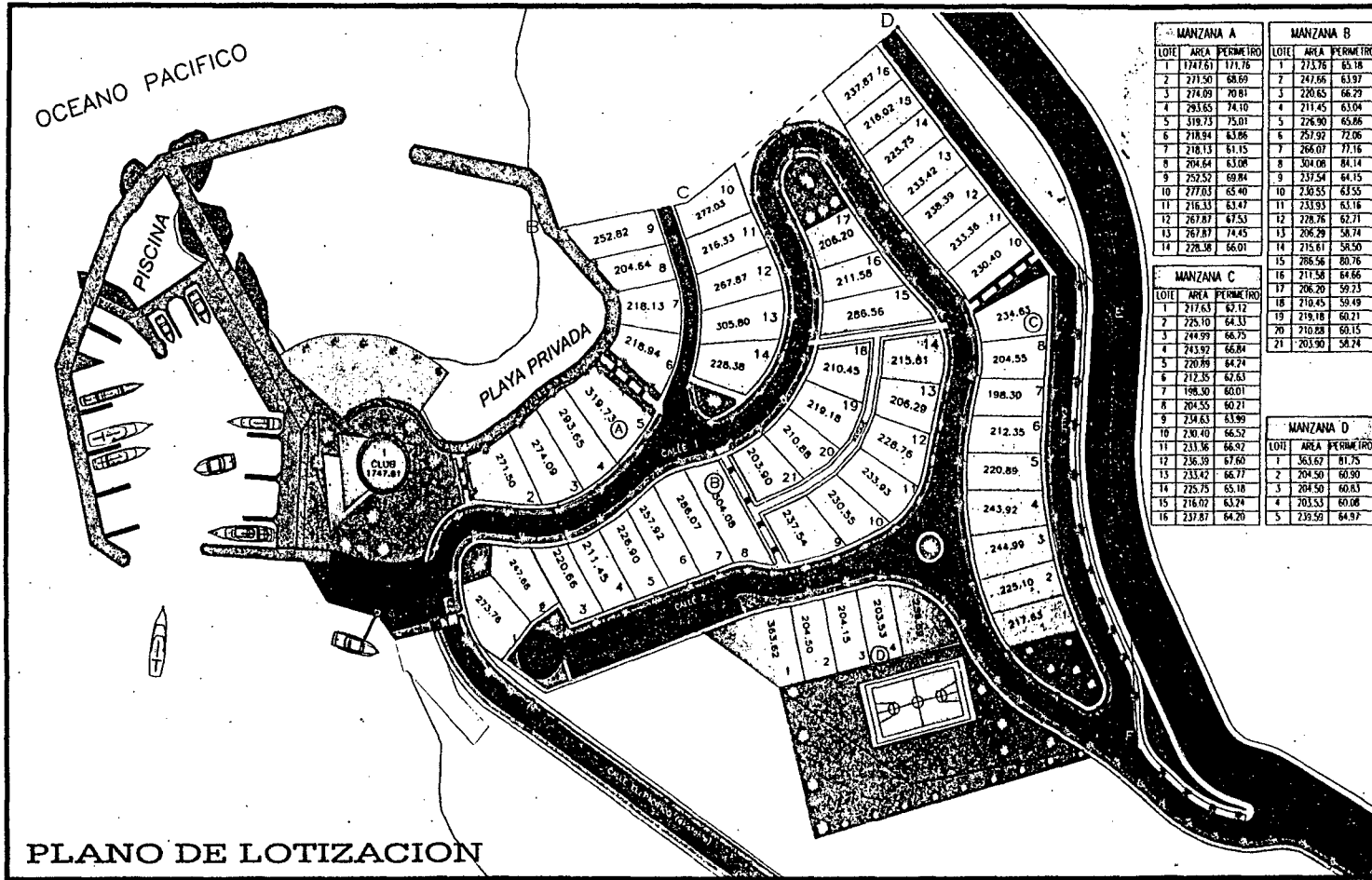
Lo Esperamos
Todo el año y toda la vida



PORTOBELLO

Playa Privada

Club Nautico



MANZANA A			MANZANA B		
LOTE	AREA	PERIMETRO	LOTE	AREA	PERIMETRO
1	1747.61	171.76	1	273.76	65.18
2	271.50	68.69	2	247.66	63.97
3	274.09	70.81	3	220.65	66.29
4	285.65	74.10	4	211.45	65.04
5	319.75	75.01	5	276.50	65.86
6	218.94	63.88	6	257.97	72.06
7	216.13	61.15	7	266.07	77.16
8	204.64	63.08	8	304.08	84.14
9	252.52	69.84	9	237.54	64.15
10	277.03	65.40	10	240.55	63.55
11	216.33	63.47	11	233.93	65.16
12	267.87	67.53	12	228.76	62.71
13	267.87	74.45	13	206.29	58.74
14	278.36	66.01	14	215.61	58.50
15	286.56	60.76	15	286.56	80.76
16	211.58	64.66	16	211.58	64.66
17	206.20	59.73	17	206.20	59.73
18	217.63	62.12	18	210.45	59.49
19	225.10	64.33	19	219.18	60.21
20	244.99	66.75	20	210.88	60.15
21	243.92	66.84	21	203.90	58.74
22	220.89	60.21			
23	234.63	63.99			
24	212.35	62.63			
25	198.30	60.01			
26	204.55	60.21			
27	216.33	63.47			
28	206.29	60.21			
29	219.18	60.21			
30	210.88	60.15			
31	228.76	62.71			
32	233.93	65.16			
33	220.89	60.21			
34	243.92	66.84			
35	244.99	66.75			
36	225.10	64.33			
37	217.63	62.12			
38	210.45	59.49			
39	203.90	58.74			
40	204.55	60.21			
41	204.55	60.21			
42	204.55	60.21			
43	204.55	60.21			
44	204.55	60.21			
45	204.55	60.21			
46	204.55	60.21			
47	204.55	60.21			
48	204.55	60.21			
49	204.55	60.21			
50	204.55	60.21			
51	204.55	60.21			
52	204.55	60.21			
53	204.55	60.21			
54	204.55	60.21			
55	204.55	60.21			
56	204.55	60.21			
57	204.55	60.21			
58	204.55	60.21			
59	204.55	60.21			
60	204.55	60.21			
61	204.55	60.21			
62	204.55	60.21			
63	204.55	60.21			
64	204.55	60.21			
65	204.55	60.21			
66	204.55	60.21			
67	204.55	60.21			
68	204.55	60.21			
69	204.55	60.21			
70	204.55	60.21			
71	204.55	60.21			
72	204.55	60.21			
73	204.55	60.21			
74	204.55	60.21			
75	204.55	60.21			
76	204.55	60.21			
77	204.55	60.21			
78	204.55	60.21			
79	204.55	60.21			
80	204.55	60.21			
81	204.55	60.21			
82	204.55	60.21			
83	204.55	60.21			
84	204.55	60.21			
85	204.55	60.21			
86	204.55	60.21			
87	204.55	60.21			
88	204.55	60.21			
89	204.55	60.21			
90	204.55	60.21			
91	204.55	60.21			
92	204.55	60.21			
93	204.55	60.21			
94	204.55	60.21			
95	204.55	60.21			
96	204.55	60.21			
97	204.55	60.21			
98	204.55	60.21			
99	204.55	60.21			
100	204.55	60.21			

ANEXO II TABLA DE PREDICCIÓN DE MAREAS

CALLAO

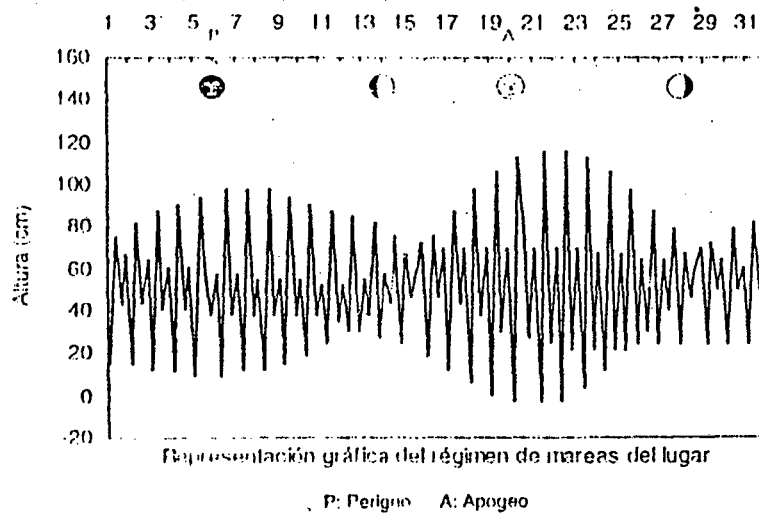
Latitud: 12° 03.0' S

Longitud: 77° 09.0' W

Régimen de mareas: Semidiurna

Establecimiento de Puerto: 5h 36m

Alturas en centímetros sobre el plano de reducción correspondientes a la predicción 2000				Amplitud (m)	
Pleamar		Bajamar		Media	Sicigia
Maxima	Media	Mas Baja	Media		
116	78	-6	25	0.55	0.73



CALLAO

61

ENERO			FEBRERO			MARZO					
Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm			
1	0150	73	16	0008	73	1	0240	58	16	0229	64
SA	0839	15	DO	0709	18	MI	0842	30	JU	0830	21
	1535	76		1410	76	MI	1558	88	JU	1534	101
	2124	43		1954	46	MI	2239	43	JU	2211	34
2	0236	67	17	0113	70	2	0323	70	2	0329	61
DO	0913	15	LU	0801	12	MI	0936	9	JU	0925	27
	1616	82		1509	88	JU	1640	107	JU	1630	91
	2221	43		2113	43		2309	30		2304	40
3	0318	64	18	0219	70	3	0423	73	3	0408	64
LU	0945	12	MA	0854	6	VI	1029	6	VI	1003	24
	1652	88		1602	98	VI	1726	113	VI	1700	98
	2308	40		2218	37		2354	24		2329	37
4	0356	61	19	0321	70	4	0516	76	4	0444	67
MA	1015	12	MI	0945	0	SA	1119	3	SA	1040	21
	1725	91		1652	107	SA	1810	113	SA	1729	98
	2349	40		2315	30					2355	34
5	0432	61	20	0420	70	5	0037	21	5	0518	73
MI	1046	9	JU	1036	3	DO	0607	79	DO	1115	18
	1757	94		1740	113	DO	1207	6	DO	1758	101
							1852	113			
6	0027	37	21	0008	27	6	0106	34	6	0021	30
JU	0507	58	VI	0517	70	DO	0608	64	LU	0553	76
	1116	9		1126	3		1206	15		1150	18
	1829	98		1827	116		1904	101		1827	101
7	0104	37	22	0058	24	7	0135	34	7	0048	27
VI	0542	58	SA	0811	70	LU	0644	64	MA	0629	79
	1147	12		1215	3		1239	15	MA	1226	18
	1901	98		1814	116		1933	98		1856	98
8	0141	37	23	0148	21	8	0205	34	8	0116	24
SA	0617	55	DO	0706	70	MA	0721	67	MI	0707	79
	1218	12		1304	3		1813	21	MI	1304	24
	1933	98		2000	113		2002	94	MI	1926	94
9	0218	37	24	0238	21	9	0235	30	9	0146	24
DO	0652	55	LU	0802	67	MI	0801	67	JU	0748	82
	1248	15		1353	12		1349	24	JU	1345	27
	2005	94		2047	107		2032	81	JU	1957	88
10	0254	37	25	0329	21	10	0307	30	10	0219	24
LU	0729	55	MA	0902	67	JU	0849	67	VI	0835	82
	1320	18		1445	21		1431	30	VI	1432	34
	2037	91		2133	98		2103	85	VI	2031	82
11	0330	37	26	0421	24	11	0344	27	11	0256	24
MA	0812	52	MI	1009	64	VI	0948	67	SA	0931	82
	1354	24		1541	30		1523	40	SA	1531	43
	2109	88		2220	88		2140	79	SA	2110	76
12	0407	34	27	0515	24	12	0428	27	12	0342	24
MI	0906	52	JU	1126	64	SA	1101	70	DO	1041	82
	1435	30		1648	40		1636	46	DO	1652	49
	2143	85		2309	79		2227	73	DO	2203	67
13	0446	30	28	0610	24	13	0523	24	13	0442	27
JU	1015	55	VI	1252	67	DO	1227	78	LU	1206	85
	1529	37		1816	46		1816	49	LU	1840	49
	2223	82					2332	70	LU	2323	64
14	0530	27	29	0002	70	14	0627	21	14	0557	27
VI	1137	58	SA	0703	24	LU	1348	82	MA	1330	88
	1644	43		1411	73		2001	49	MA	2018	46
	2311	76		1957	49				MA		
15	0618	24	30	0100	64	15	0053	67	15	0105	61
SA	1300	67	DO	0752	24	MA	0735	18	MI	0718	24
	1819	46		1511	79		1455	91	MI	1438	98
				2122	49		2121	43		2123	40
			31	0200	61						
			LU	0836	24						
				1556	82						
				2220	46						
			31	0313	61						
			VI	0849	34						
				1541	91						
				2220	37						

CALLAO

ABRIL			MAYO			JUNIO										
Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm								
1	0349 67 0933 30 SA 1612 94 2242 30		16	0426 82 1017 24 DO 1636 101 2302 18		1	0357 79 0941 34 LU 1550 91 2217 21		16	0501 91 1059 34 MA 1640 82 2300 12		1	0454 101 1059 34 JU 1624 82 2246 3		16	0605 98 1231 40 VI 1716 64 ☉ 2328 12
2	0423 73 1013 27 DO 1643 94 2307 27		17	0509 88 1106 24 LU 1714 98 2334 15		2	0434 85 1027 30 MA 1625 91 2247 15		17	0540 94 1146 37 MI 1714 79 2329 12		2	0539 107 1154 34 VI 1711 79 ☉ 2328 0		17	0640 98 1315 40 SA 1751 61 2358 15
3	0458 79 1052 24 LU 1713 98 2333 24		18	0550 94 MA 1151 27 ☺ 1750 91		3	0513 94 1113 30 MI 1702 88 ☉ 2320 14		18	0617 98 1232 37 JU 1746 73 ☉ 2357 15		3	0627 113 1250 30 SA 1800 73		18	0715 98 1359 40 DO 1825 58
4	0534 85 1132 24 MA 1745 94 ☉		19	0005 15 0630 94 MI 1236 30 1823 85		4	0554 101 1202 30 JU 1740 85 2355 09		19	0654 101 1318 40 VI 1817 67		4	0012 0 0716 113 DO 1349 30 1852 70		19	0028 18 0751 98 LU 1444 40 1901 55
5	0002 18 0611 91 MI 1213 24 1817 91		20	0035 18 0709 94 JU 1320 34 1854 79		5	0638 107 1258 30 VI 1821 79		20	0025 18 0732 88 SA 1405 43 1848 64		5	0059 3 0809 113 LU 1452 30 1951 64		20	0058 21 0826 94 MA 1531 40 1939 52
6	0032 18 0652 94 JU 1257 27 1851 88		21	0104 21 0749 94 VI 1407 40 1921 70		6	0034 9 0726 107 SA 1348 34 1905 73		21	0053 21 0810 94 DO 1758 46 1919 58		6	0150 9 0905 110 MA 1500 30 2100 61		21	0128 24 0902 91 MI 1618 40 2025 49
7	0105 15 0736 98 VI 1345 30 1927 82		22	0132 24 0831 91 SA 1458 46 1953 64		7	0115 9 0818 107 DO 1451 37 1955 87		22	0120 24 0851 94 LU 1558 46 1952 55		7	0247 18 1004 107 MI 1710 30 2222 58		22	0201 27 0938 88 JU 1703 40 2124 49
8	0141 18 0825 98 SA 1441 37 2007 76		23	0200 27 0916 88 DO 1602 49 2021 58		8	0202 15 0916 107 LU 1605 40 2057 61		23	0149 30 0934 91 MA 1709 46 2037 49		8	0353 24 1105 101 JU 1817 27 ☉ 2353 58		23	0240 34 1015 85 VI 1742 37 2239 49
9	0223 18 0922 94 DO 1550 43 2056 67		24	0228 34 1007 85 LU 1733 49 2058 55		9	0256 21 1021 104 MA 1728 37 2221 58		24	0221 34 1020 88 MI 1818 46 2154 49		9	0510 34 1207 98 VI 1915 24		24	0332 37 1054 82 SA 1817 34 ☉
10	0312 24 1031 94 LU 1719 46 2205 61		25	0303 37 1109 82 MA 1924 46 2224 49		10	0104 27 1131 101 MI 1848 34 ☉		25	0305 37 1110 85 JU 1906 43 2341 49		10	0118 64 0633 37 SA 1305 91 2005 18		25	0000 55 0444 43 DO 1137 82 1852 27
11	0416 27 1150 94 MA 1859 43 ☉ 2346 58		26	0357 43 1216 82 MI 2020 46 ☉		11	0002 58 0526 34 JU 1240 98 1951 30		26	0413 43 1159 85 VI 1936 37 ☉		11	0227 73 0753 40 DO 1358 85 2047 15		26	0110 61 0609 46 LU 1225 79 1928 21
12	0539 30 1308 94 MI 2015 37		27	0042 62 0624 43 JU 1314 82 2046 43		12	0133 64 0653 34 VI 1343 98 2040 24		27	0106 55 0540 43 SA 1246 85 2001 34		12	0323 79 0903 40 LU 1446 79 2124 15		27	0209 70 0732 46 MA 1316 76 2008 15
13	0128 61 0707 30 JU 1414 98 2103 30		28	0159 55 0653 43 VI 1400 85 2105 37		13	0241 70 0809 34 SA 1436 94 2121 21		28	0201 61 0701 43 DO 1330 85 2028 27		13	0410 85 1004 40 MA 1528 76 2157 12		28	0300 82 0846 43 MI 1410 76 2050 9
14	0242 67 0922 27 VI 1509 101 2150 27		29	0244 61 0759 40 SA 1439 88 2126 30		14	0334 79 0914 34 DO 1522 81 2157 18		29	0246 70 0810 43 LU 1413 85 2057 21		14	0451 91 1057 40 MI 1606 70 2228 12		29	0349 91 0951 40 JU 1504 73 2135 3
15	0338 76 0924 27 SA 1555 101 2228 21		30	0321 70 0853 37 DO 1515 88 2150 27		15	0420 85 1009 34 LU 1603 88 2229 15		30	0328 79 0910 40 MA 1456 82 2130 12		15	0529 94 1146 40 JU 1642 67 2258 12		30	0437 101 1051 37 VI 1558 73 2221 -3
									31	0410 91 1005 37 MI 1540 82 2207 6						

CALLAO

63

JULIO			AGOSTO				SEPTIEMBRE											
Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm				
1	0526	110	16	0621	98	1	0647	113	16	0650	91	1	0120	6	16	0049	15	
SA	1148	30	DO	1258	37	1	1318	18	16	1320	27	VI	0748	91	SA	0704	79	
☉	1653	73	☾	1736	58	MA	1839	70	MI	1834	61	SA	1413	12	SA	1322	15	
☉	2309	-3	☾	2339	12							☾	2013	76	☾	1929	73	
2	0615	113	17	0653	98	2	0040	-3	17	0029	12	2	0210	15	17	0127	21	
DO	1244	27	LU	1333	37	2	0734	110	17	0719	91	2	0829	65	17	0732	76	
☾	1749	70	☾	1813	58	MI	1407	18	JU	1348	27	SA	1456	15	DO	1351	15	
☾	2358	-3				1936	70	1910	61	2109	73	☾	2011	73	☾	2011	73	
3	0705	116	18	0012	15	3	0131	3	18	0102	15	3	0305	24	18	0211	27	
LU	1340	27	MA	0725	94	3	0820	104	18	0746	85	3	0911	73	18	0802	70	
☾	1846	67	MA	1408	34	JU	1457	18	VI	1416	24	DO	1540	18	LU	1424	15	
			1849	55	2035	67	1947	61	2212	70	2212	70	☾	2102	73	☾	2102	73
4	0049	0	19	0043	15	4	0224	12	19	0136	21	4	0411	34	19	0305	34	
MA	0755	116	MI	0756	94	4	0907	98	19	0813	82	4	0957	64	19	0957	64	
☾	1437	24	MI	1443	34	VI	1548	18	SA	1444	24	LU	1630	21	MA	1505	15	
☾	1946	64	☾	1927	55	2139	67	2030	61	2327	70	☾	2205	73	☾	2205	73	
5	0142	6	20	0115	18	5	0322	21	20	0214	27	5	0539	40	20	0419	37	
MI	0847	110	JU	0826	91	5	0955	88	20	0841	76	5	1051	55	20	0924	58	
☾	1535	24	1516	34	SA	1641	18	DO	1516	24	MA	1727	24	MI	1558	18		
☾	2052	61	2007	55	2251	67	2121	64	☾			☾	2323	73	☾	2323	73	
6	0237	15	21	0148	24	6	0428	34	21	0301	34	6	0652	70	21	0601	40	
JU	0939	104	VI	0856	88	6	1045	76	21	0913	73	6	0733	40	21	0637	52	
☾	1634	21	VI	1549	34	DO	1736	21	LU	1555	21	MI	1207	52	JU	1711	18	
☾	2206	61	2055	55	☾			2226	64	1833	24	1833	24	☾	1833	24		
7	0339	24	22	0225	27	7	0012	67	22	0405	40	7	0206	73	22	0047	79	
VI	1033	98	SA	0926	82	7	0551	40	22	0954	67	7	0902	40	22	0742	37	
☾	1734	21	2153	55	LU	1140	70	MA	1644	21	JU	1334	49	VI	1221	49		
☾	2327	61			1832	21	☾	2345	67	1937	24	1834	18	☾	1834	18		
8	0449	30	23	0311	34	8	0134	70	23	0555	43	8	0301	76	23	0159	82	
SA	1128	88	DO	0959	79	8	0729	43	23	1051	61	8	0952	34	23	0849	30	
☾	1830	21	2304	58	MA	1241	61	MI	1746	18	VI	1440	49	SA	1353	52		
					1927	21				2031	21	1952	12	☾	1952	12		
9	0050	67	24	0413	40	9	0242	76	24	0108	73	9	0341	79	24	0257	68	
DO	0611	40	LU	1039	76	9	0859	43	24	0721	43	9	1025	30	24	0938	21	
☾	1224	82	☾	1744	24	MI	1345	58	JU	1210	58	SA	1526	52	DO	1501	58	
☾	1923	18	☾			2016	18	1855	15	2115	18	2057	9	☾	2057	9		
10	0205	70	25	0022	64	10	0334	79	25	0218	82	10	0414	82	25	0347	94	
LU	0737	43	MA	0537	43	10	1004	40	25	0845	37	10	1050	27	25	1019	15	
☾	1319	73	1130	70	JU	1443	55	VI	1335	58	DO	1602	55	LU	1557	67		
☾	2009	18	1833	18	2100	18	2002	9	2153	15	2153	15	☾	2153	6			
11	0306	79	26	0134	70	11	0415	85	26	0316	91	11	0444	85	26	0432	98	
MA	0857	43	MI	0713	46	11	1049	37	26	0946	30	11	1114	24	26	1059	9	
☾	1411	70	1232	67	VI	1531	55	SA	1449	61	LU	1636	61	MA	1646	73		
☾	2050	15	1926	12	2139	15	2103	3	2229	15	2229	15	☾	2245	3			
12	0356	82	27	0237	82	12	0450	88	27	0407	98	12	0513	88	27	0514	98	
MI	1004	43	JU	0838	43	12	1124	34	27	1036	24	12	1138	21	27	1136	6	
☾	1459	64	1339	67	SA	1612	55	DO	1551	64	MA	1709	64	MI	1733	79		
☾	2127	15	2020	6	2215	12	2159	0	2303	12	☾	2334	3	☾	2334	3		
13	0437	88	28	0332	91	13	0522	91	28	0455	104	13	0541	88	28	0554	94	
JU	1057	40	VI	0947	37	13	1154	84	28	1122	18	13	1203	21	28	1214	6	
☾	1542	61	VI	1446	67	DO	1649	58	LU	1647	70	MI	1741	67	JU	1819	82	
☾	2201	12	☾	2114	0	2250	12	2251	-3	☾	2338	12	☾	1905	82			
14	0514	91	29	0423	101	14	0552	91	29	0540	107	14	0609	85	29	0021	9	
VI	1142	40	SA	1045	30	14	1223	30	29	1205	15	14	1229	18	29	0633	88	
☾	1622	61	1548	67	LU	1725	58	MA	1739	73	JU	1815	70	VI	1250	6		
☾	2234	12	2207	-3	2323	12	☾	2342	-3	☾			☾	1905	82			
15	0548	94	30	0512	107	15	0621	91	30	0623	104	15	0012	12	30	0109	15	
SA	1221	37	DO	1138	27	15	1251	27	30	1248	12	15	0636	85	30	0711	79	
☾	1659	58	☾	1647	67	MA	1759	61	MI	1830	76	VI	1255	15	SA	1326	6	
☾	2307	12	☾	2259	-6	☾	2356	12	☾			☾	1851	70	☾	1951	82	
			31	0600	110				31	0031	0							
			LU	1229	21				JU	0706	101							
			1744	70				1330	9									
			2350	-6				1921	76									

CALLAO

OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE										
Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm	Día	Hora	Cm								
1	0159 21 0748 70 DO 1402 12 2040 79		16	0123 24 0657 67 LU 1311 6 1958 85		1	0357 37 0815 46 MI 1416 21 2157 79		16	0330 30 0815 52 JU 1418 9 2144 94		1	0451 37 0832 43 VI 1411 24 2206 82		16	0427 24 0933 52 SA 1512 15 2226 98
2	0254 27 0824 61 LU 1438 15 2135 76		17	0215 27 0734 61 MA 1348 9 2051 85		2	0530 37 0903 43 JU 1452 24 2258 76		17	0449 30 0931 49 VI 1519 15 2250 91		2	0601 37 0947 40 SA 1450 30 2254 79		17	0534 21 1102 52 DO 1624 24 2327 91
3	0401 34 0904 52 MA 1517 21 2239 73		18	0320 34 0817 55 MI 1433 12 2154 82		3	0714 37 1047 40 VI 1546 30		18	0609 27 1111 46 SA 1637 21		3	0655 34 1137 40 DO 1550 34 2342 76		18	0636 18 1234 58 LU 1748 30
4	0538 40 0956 46 MI 1606 27 2357 70		19	0444 34 0919 49 JU 1531 15 2308 82		4	0004 73 0810 30 SA 1301 40 1715 34		19	0000 88 0716 21 DO 1251 52 1807 24		4	0728 30 1308 46 LU 1717 40		19	0028 85 0731 15 MA 1353 64 1916 37
5	0739 37 1135 43 JU 1717 30		20	0622 34 1055 46 VI 1650 18		5	0102 73 0837 27 DO 1408 46 1845 34		20	0104 88 0808 15 LU 1407 58 1931 27		5	0029 76 0753 24 MA 1403 52 1844 40		20	0126 82 0818 12 MI 1456 73 2035 37
6	0113 70 0849 34 VI 1330 43 1841 30		21	0026 82 0741 27 SA 1246 46 1821 21		6	0147 73 0857 24 LU 1447 52 1951 34		21	0201 85 0851 12 MA 1506 67 2012 27		6	0113 73 0818 21 MI 1443 61 1956 40		21	0219 76 0900 9 JU 1548 82 2143 37
7	0210 73 0923 30 SA 1433 46 1950 27		22	0135 85 0835 21 DO 1408 55 1943 18		7	0225 76 0916 21 MA 1519 58 2043 30		22	0251 82 0929 6 MI 1555 76 2143 24		7	0155 73 0844 15 JU 1521 70 2056 37		22	0307 70 0937 6 VI 1633 88 2241 34
8	0252 76 0946 27 DO 1513 52 2041 24		23	0232 88 0918 15 LU 1508 64 2050 15		8	0259 76 0938 15 MI 1550 67 2130 27		23	0335 79 1004 3 JU 1639 85 2237 24		8	0236 73 0914 9 VI 1559 79 2151 34		23	0350 67 1012 6 SA 1714 94 2332 34
9	0326 79 1007 24 LU 1545 58 2123 21		24	0321 88 0956 9 MA 1558 70 2147 15		9	0332 76 1002 9 JU 1624 76 2214 24		24	0415 76 1037 3 VI 1720 88 2327 27		9	0318 73 0948 3 SA 1639 88 2242 30		24	0430 64 1045 6 DO 1751 98
10	0356 82 1028 18 MA 1616 64 2202 18		25	0404 88 1032 6 MI 1643 79 2239 15		10	0405 76 1023 6 VI 1655 82 2255 24		25	0452 70 1109 0 SA 1800 94		10	0401 73 1025 3 DO 1721 88 2334 27		25	0018 31 0507 51 LU 1117 6 1827 98
11	0425 82 1050 15 MI 1647 70 2239 18		26	0445 85 1106 3 JU 1726 85 2328 15		11	0433 76 1053 0 SA 1737 88 2343 21		26	0015 27 0528 64 DO 1140 3 1839 94		11	0446 70 1104 -6 LU 1805 104		26	0101 34 0543 58 MA 1148 9 1903 98
12	0454 82 1114 12 JU 1720 76 2317 15		27	0522 82 1139 0 VI 1808 88		12	0511 73 1131 0 DO 1817 94		27	0103 30 0602 61 LU 1210 6 1917 94		12	0026 27 0532 67 MA 1146 -6 1851 107		27	0143 34 0619 55 MI 1220 12 1937 94
13	0523 82 1140 9 VI 1755 79 2356 18		28	0015 18 0559 76 SA 1212 3 1850 88		13	0031 24 0553 70 LU 1205 -3 1901 98		28	0151 34 0635 55 MA 1240 9 1957 91		13	0121 27 0622 64 MI 1231 -3 1940 107		28	0225 37 0654 52 JU 1250 15 2012 94
14	0553 79 1208 6 SA 1833 82		29	0103 21 0633 67 DO 1244 6 1932 88		14	0123 24 0633 64 MA 1243 0 1950 98		29	0244 34 0709 49 MI 1309 15 2038 88		14	0219 27 0716 61 JU 1319 0 2032 107		29	0308 37 0732 52 VI 1320 18 2046 91
15	0619 18 1625 73 DO 1838 82 1913 85		30	0153 27 0707 61 LU 1314 9 2016 85		15	0222 27 0719 58 MI 1328 3 2043 98		30	0343 37 0746 46 JU 1339 18 2120 85		15	0321 24 0819 55 VI 1412 9 2127 104		30	0352 37 0814 49 SA 1351 24 2120 85
			31	0249 34 0740 52 MA 1345 15 2103 82								31	0436 37 0905 46 DO 1425 30 2154 82			

ANEXO III ESTACIONES DE CONTROL HORIZONTAL



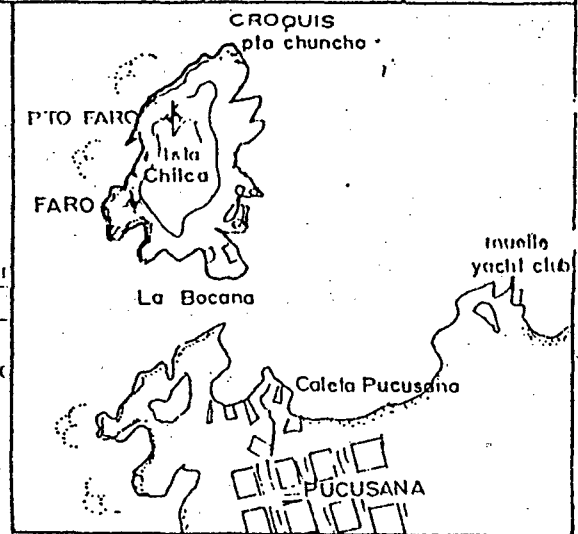
DESCRIPCION DE UNA ESTACION DE CONTROL HORIZONTAL

Estación PUNTO FARO	Departamento LIMA	Provincia LIMA	Orden 3er
Localidad PUCUSANA	Característica de la Marca MARCA ESTAMPADA H	Organización Estampada en la Marca TO D.H.N.M.	
Latitud 12 28' 12"78	Longitud 76 47' 58"213	Datum LA CANOA 1956	Elevación 82.13
Norte (Y) 8'620,770.54	Este (X) 304,416.56	Zona UTM y Esferoide 18 UTM	Datum
Norte (Y)	Este (X)	Zona UTM y Esferoide	Azimuth Cuadricular
Al Vértice	Dirección (X)	Rumbo Magnético	AZIMUT DIRECTO INVERSO
	000° 00' 00"00		DISTANCIA (Mts)

DESCRIPCION DETALLADA

DESCRIPCION PUNTO FARO: Para llegar a este punto hay que cruzar en lancha de la Capitania de Pucusana como con dirección al Faro, este punto se encuentra a unos 80m al NW

REFERENCIA: El hito esta construido de concreto de forma cuadrangular, tiene una altura de 0.40 cm. esta pintado de color naranja tiene una marca estampada en el hito Punto Faro, al desembarcar hay que subir una pendiente de 100 % .



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

25/06/98

Liquidacion

001932

ARCHIVO

[Signature]
Capitán de Fragata
Luis ZUAZO Mantilla
00772896

escrita por : T2UID. P. TORRES O. Fecha : 12-11-94

(x) Direcciones medidas en el sentido de las agujas del reloj, referidas a la estación inicial.



DESCRIPCION DE UNA ESTACION DE CONTROL HORIZONTAL

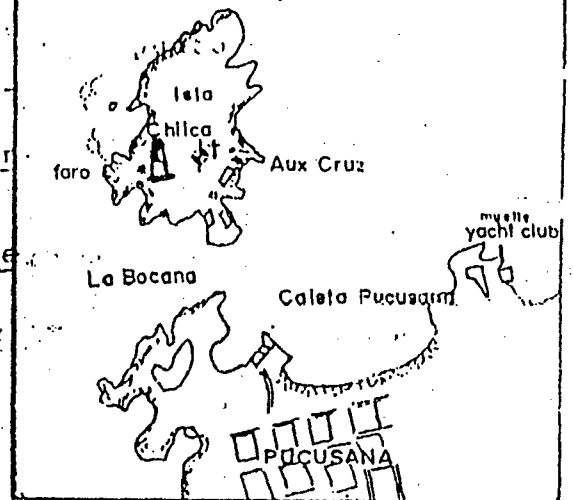
Aux. CRUZ	Departamento LIMA	Provincia LIMA	Orden	
Puntos PUCUSANA	Características de la Marca HITO	Organización Estampada en la Marca D.H.N.M.	3er.	
Coordenadas 12° 28' 20" 728	Longitud 76° 47' 52" 716	Datum LA GANOA	Elevación 83.61	
Distancia (X) 620.527.450	Este (X) 304.584.240	Zona UTM y Esferoide 18 UTM	Datum	
Distancia (X)	Este (X)	Zona UTM y Esferoide	Azimuth Cuadrilateral	
Dirección (X)	Rumbo Magnético	AZIMUT		DISTANCIA (Mts)
		DIRECTO	INVERSO	
000° 00' 00" 00				

DESCRIPCION DETALLADA

DESCRIPCION PUNTO AUX. CRUZ: Para llegar a este punto hay que cruzar con lancha desde la capitania de Pucusana hasta la isla Chilca. Llegar hasta la Cruz que se encuentra en la loma, a un costado se encuentra el punto de dirección NW.

REFERENCIAS: El hito esta construido de concreto de forma cuadrangular, tiene una altura de 1.40 mts. esta pintado de color naranja tiene una marca estampada en el hito (punto de la Cruz) al desembarcar hay que subir una pendiente pronunciada.

CROQUIS



DEPARTAMENTO DE HIDROGRAFIA

Liquidación
001932

15/06/90

ARCHIVO

Capitán de Fragata
 Luis ZUAZO Mantilla
 00772896

escrito por: T2 HID P. TORRES Q.

Fecha: 15-11-94

(x) Direcciones medidas en el sentido de las agujas del reloj, referidas a la estación inicial. 198

ANEXO IV FONDO MARINO



GEOCONSULT S.A.

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto

ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D-422

OBJETO : "Cooperativa de Vivienda Naplo N°2 "

ENTE : HIDRONAMIC S.A.C.

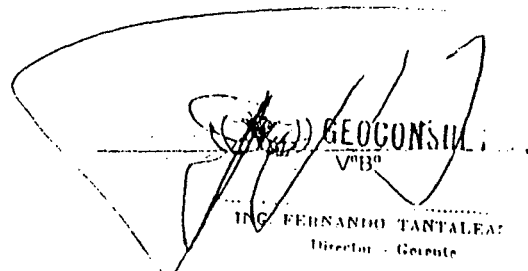
ORDEN N° : GI/007-99/ Hidronamic
 Estradas : M-1; M-2; M-3; M-4; M-5
 LOCALIZACIÓN : Fondo Marino
 Fecha : Marzo 99
 Realizado por : RRB / PQS
 Autorizado por : TFPL/JTS

Mallas Serie Americ.	Abertura en mm. por lado	Fondo Marino									
		M-1		M-2		M-3		M-4		M-5	
		% Acum. Retenido	% Acum. que pasa	% Acum. Retenido	% Acum. que pasa	% Acum. Retenido	% Acum. que pasa	% Acum. Retenido	% Acum. que pasa	% Acum. Retenido	% Acum. que pasa
3"	76.200										
2"	50.800										
1 1/2"	38.100										
1"	25.400										
3/4"	19.050							100.0		100.0	
1/2"	12.700		100.0					13.6	86.4	8.8	91.2
3/8"	9.525	18.8	81.2		100.0			22.6	77.4	8.8	91.2
N°4	4.760	31.8	68.2	3.8	96.2			42.7	57.3	8.8	91.2
N°6	3.360	33.3	66.7	3.8	96.2			46.8	53.2	8.8	91.2
N°8	2.380	33.3	66.7	3.8	96.2			47.5	52.5	8.8	91.2
N°10	2.000	33.3	66.7	3.8	96.2			47.5	52.5	8.8	91.2
N°20	0.840	33.3	66.7	3.8	96.2			47.5	52.5	8.8	91.2
N°30	0.590	33.3	66.7	3.8	96.2			47.5	52.5	8.8	91.2
N°40	0.426	33.3	66.7	3.8	96.2		100.0	47.5	52.5	8.8	91.2
N°50	0.297	59.6	40.4	27.3	72.7	5.4	94.6	47.5	52.5	18.8	81.2
N°80	0.177	76.1	23.9	57.4	42.6	33.8	66.2	56.9	43.1	52.3	47.7
N°100	0.149	78.6	21.4	65.6	34.4	57.2	42.8	61.5	38.5	69.9	30.1
N°200	0.074	85.5	14.5	80.5	19.5	95.1	4.9	63.9	36.1	94.2	5.8
>200	---	100.0		100.0		100.0		100.0		100.0	
umedad Natural (W)		37.3%		50.2%		34.8%		34.5%		26.0%	

OBSERVACIONES: Se encontró material orgánico (conchilas).

C:\Trabajos\99\006-99na\GRAN




 V°B°
 ING. FERNANDO TANTALEA
 Director - Gerente



GEOCONSULT S.A.

Teléfono: 444 8873 - 241 5222

E-mail: geocons@comauto.rcp.net.pe LIMA-PERU

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO : "Cooperativa de Vivienda Naplo N°2 "

EXCAVACION N° Fondo Marino

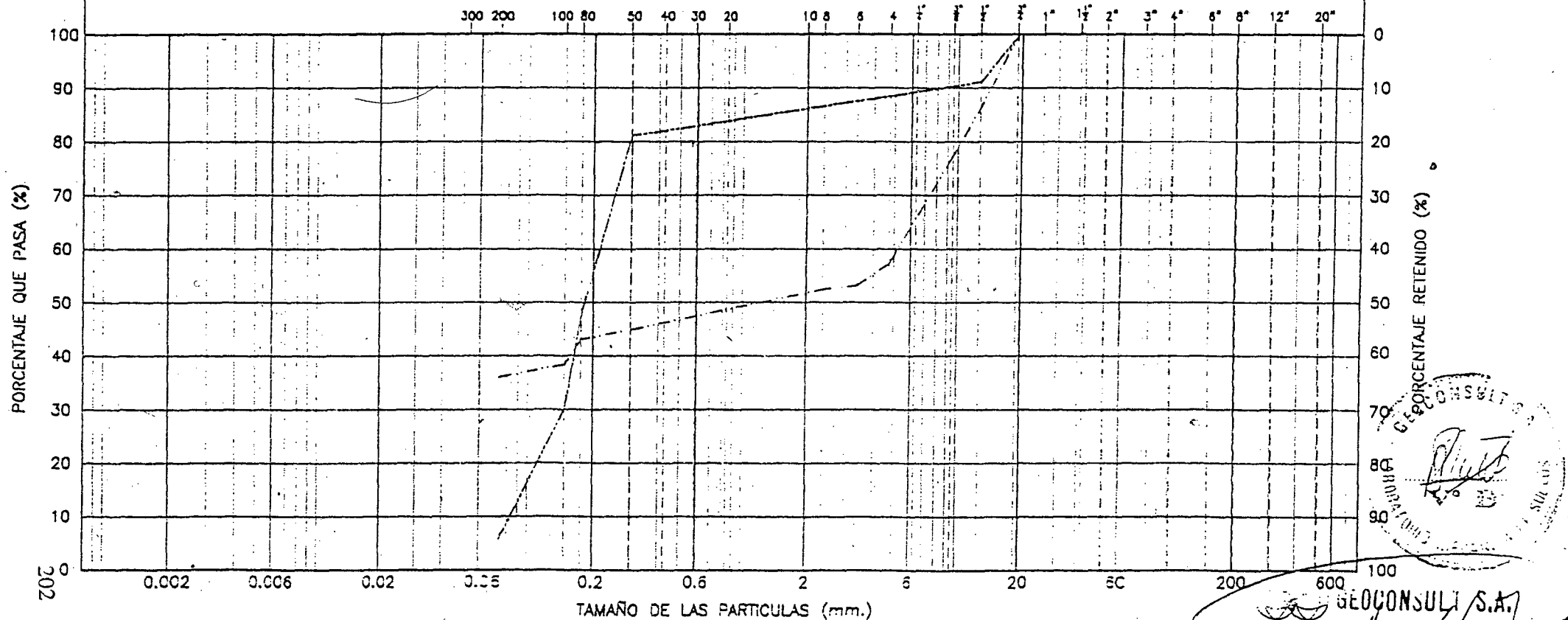
SECTOR : Fondo Marino

CLIENTE : Hidronamic S.A.C.

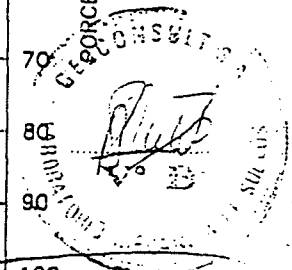
UBICACION : Naplo

Muestras No.	Linea	Prof.	LL%	LP%	IP%	Clasif. SUCS
M-4	-----	--				--
M-5	-----	--				--

MALLA Y TAMICES (A.S.T.M.)



ARCILLA	Fino	Medio	Grueso	Fino	Medio	Gruesa	Fino	Gruesa	PIEDRAS
	LIMO			ARENA			GRAVA		



GEOCONSULT S.A.
 BOLONNESINO TANTALEAN C.
 Gerente



GEOCONSULT S.A.

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto

ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D-422

PROYECTO : "Cooperativa de Vivienda Naplo N°2 "

CLIENTE : HIDRONAMIC S.A.C.

EXPEDIENTE N° : GI/007-99/ Hidronamic
Muestras : M-6; M-7; M-8; M-9
UBICACIÓN : Fondo Marino
Fecha : Marzo 99
Remitido por : RRB / PQS
Efectuado por : TFPL/JTS

Mallas Serie Americ.	Abertura en mm. por lado	Fondo Marino									
		M-6		M-7		M-8		M-9			
		% Acum. Retenido	% Acum. que pasa	% Acum. Retenido	% Acum. que pasa	% Acum. Retenido	% Acum. que pasa	% Acum. Retenido	% Acum. que pasa	% Acum. Retenido	% Acum. que pasa
3"	76.200										
2"	50.800										
1.1/2"	38.100										
1"	25.400										
3/4"	19.050										
1/2"	12.700										
3/8"	9.525										
N°4	4.760										
N°6	3.360										
N°8	2.380										
N°10	2.000										
N°20	0.840										
N°30	0.590										
N°40	0.426		100.0		100.0		100.0		100.0		
N°50	0.297	8.1	91.9	8.0	92.0	7.6	92.4	4.6	95.4		
N°80	0.177	34.4	65.6	25.7	74.3	67.7	32.3	28.4	71.6		
N°100	0.149	44.1	55.9	33.3	66.7	80.6	19.4	57.5	42.5		
N°200	0.074	81.1	18.9	82.0	18.0	99.1	3.0	97.0	3.0		
>200	---	100.0		100.0		100.0		100.0			
Humedad Natural (W)		46.2%		47.9%		30.6%		26.4%			

OBSERVACIONES: Se encontró material organico (conchitas).

CONTROLADO POR: [Signature]



GEOCONSULT S.A.
VºBº
ING. FERNANDO SANTALEAN G.
Gerente



GEOCONSULT S.A.

Tel. 444 9873 - 241 5222
E-mail : geocons@amauta.com.pe LIMA-PERU

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO : "Cooperativa de Vivienda Naplo N°2 "

EXCAVACION N° Fondo Marino

SECTOR : Fondo Marino

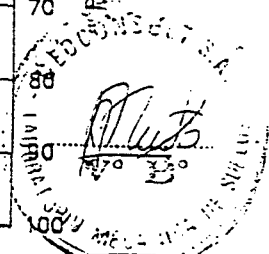
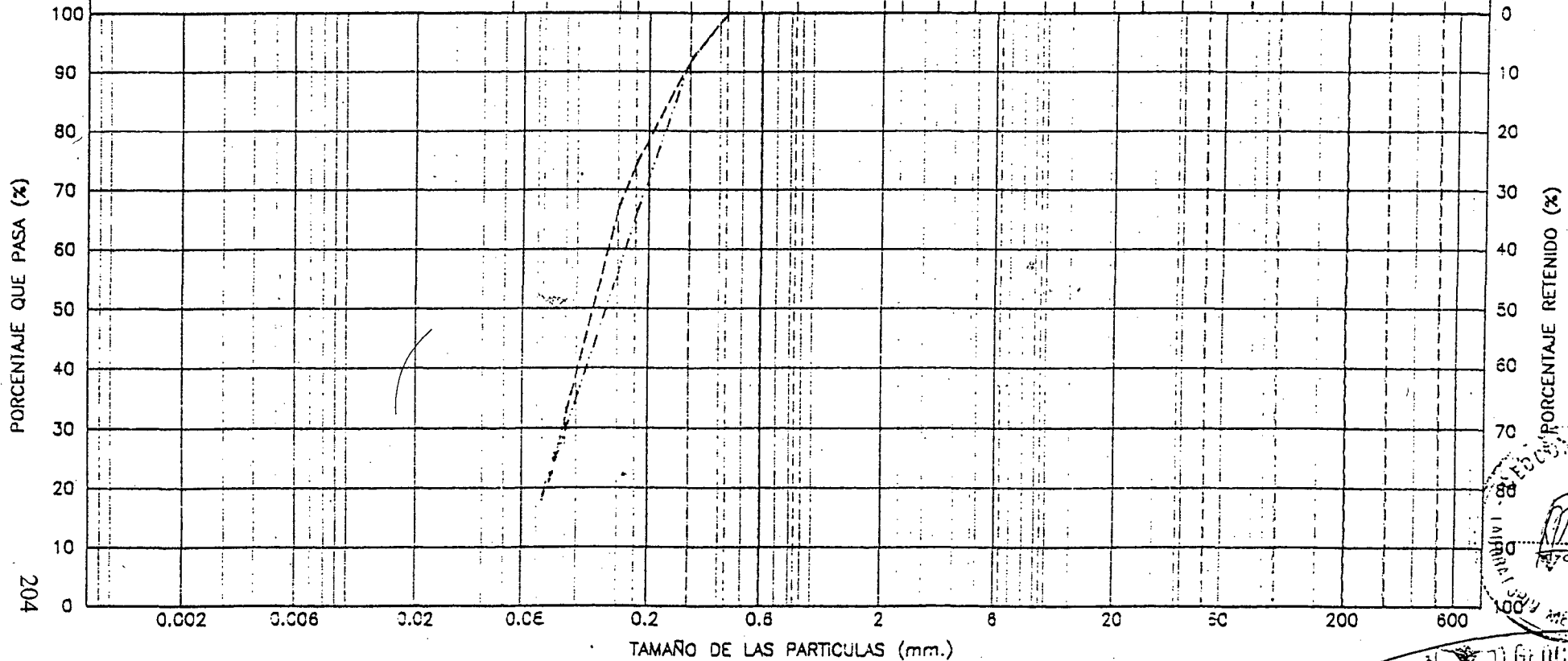
CLIENTE : Hidronamic S.A.C.

UBICACION : Naplo

Muestras No.	Linea	Prof.	LL%	LP%	IP%	Clasif. SUCS
M-6	-----	--				--
M-7	-----	--				--

MALLA Y TAMICES (A.S.T.M.)

300 200 100 80 50 40 30 20 10 8 6 4 2 1 1/2 2 3 4 6 8 12 20



ARCILLA	Fino	Medio	Grueso	Fino	Medio	Gruesa	Fino	Gruesa	PIEDRAS	BOLONES
	LIMO			ARENA			GRAVA			





GEOCONSULT S.A.

Teléfono: 444 0873 - 241 5222
E-mail: geocome@comnet.pe LIMA-PERU

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO : "Cooperativa de Vivienda Naplo N°2 "

SECTOR : Fondo Marino

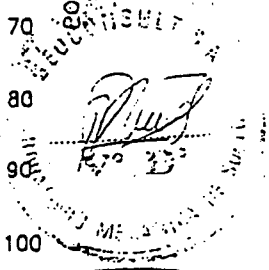
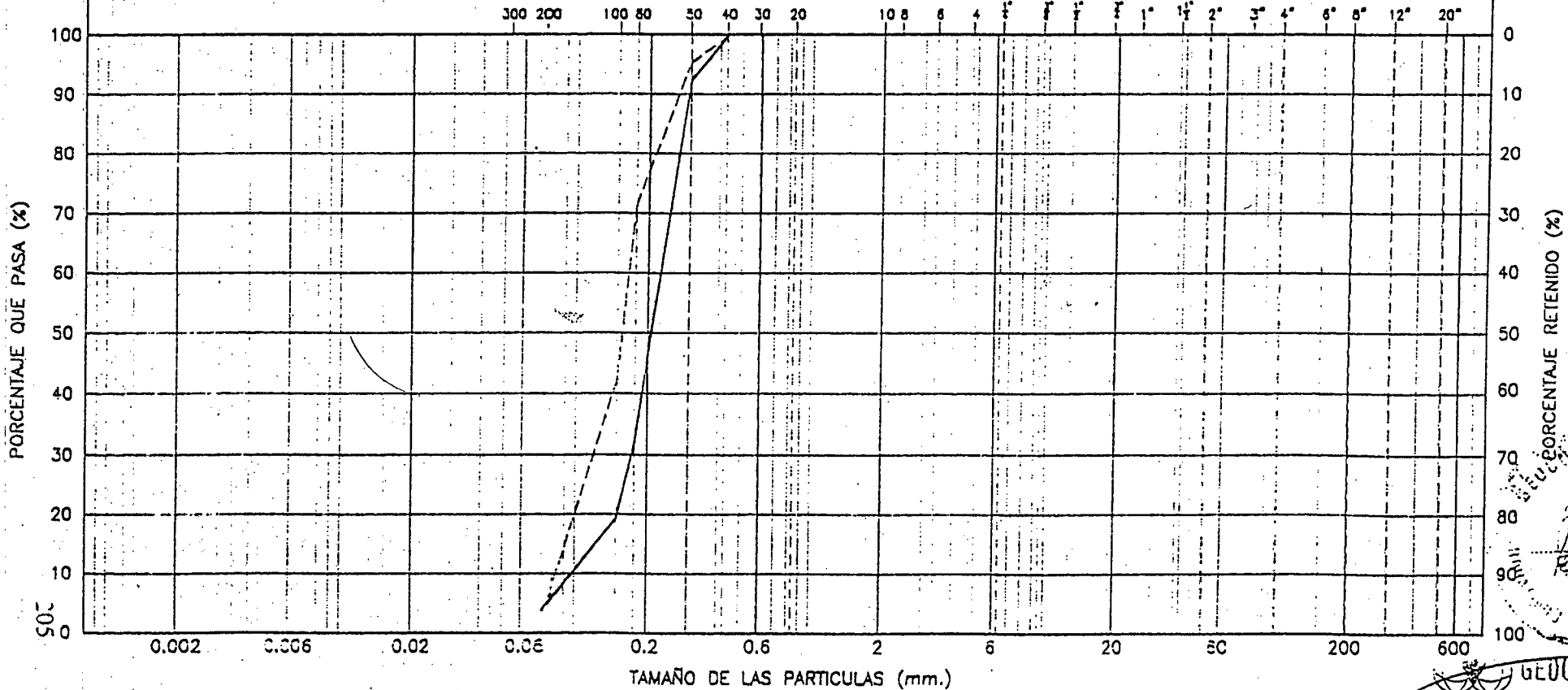
CLIENTE : Hidronamic S.A.C.

UBICACION : Naplo

EXCAVACION N° Fondo Marino

Muestras No.	Linea	Prof.	LL%	LP%	IP%	Clasif. SUCS
M-8	—	—				—
M-9	- - -	—				—

MALLA Y TAMICES (A.S.T.M.)



ARCILLA	Fino	Medio	Grueso	Fino	Media	Gruesa	Fino	Gruesa	PIEDRAS
	LIMO			ARENA			GRAVA		

GEOCONSULT S.A.
BOLONESO, TANTALBAN C

ANEXO V DIAGRAMAS DE DIFRACCIÓN

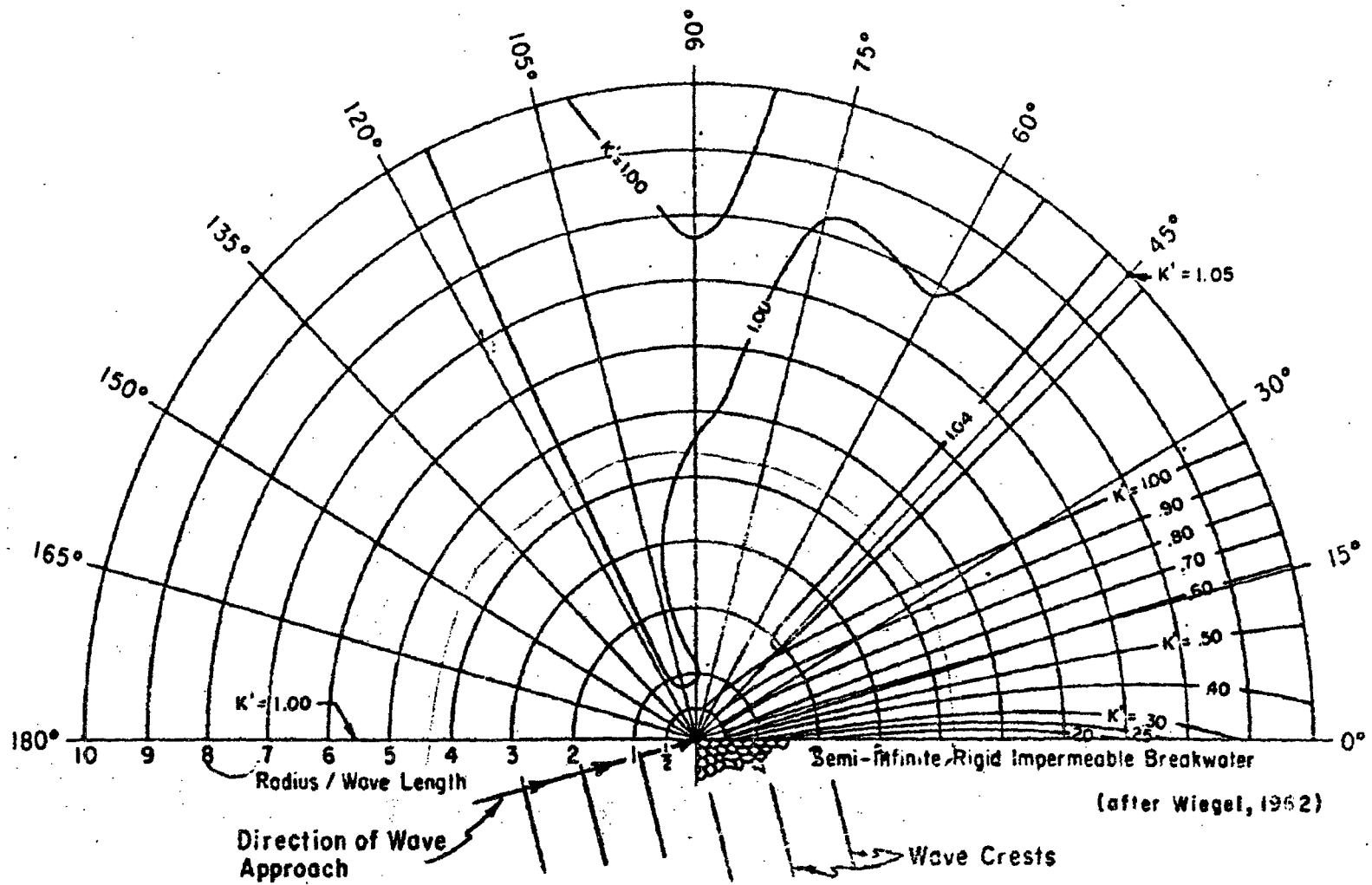


Figure 2-28. Wave Diffraction Diagram - 15° Wave Angle

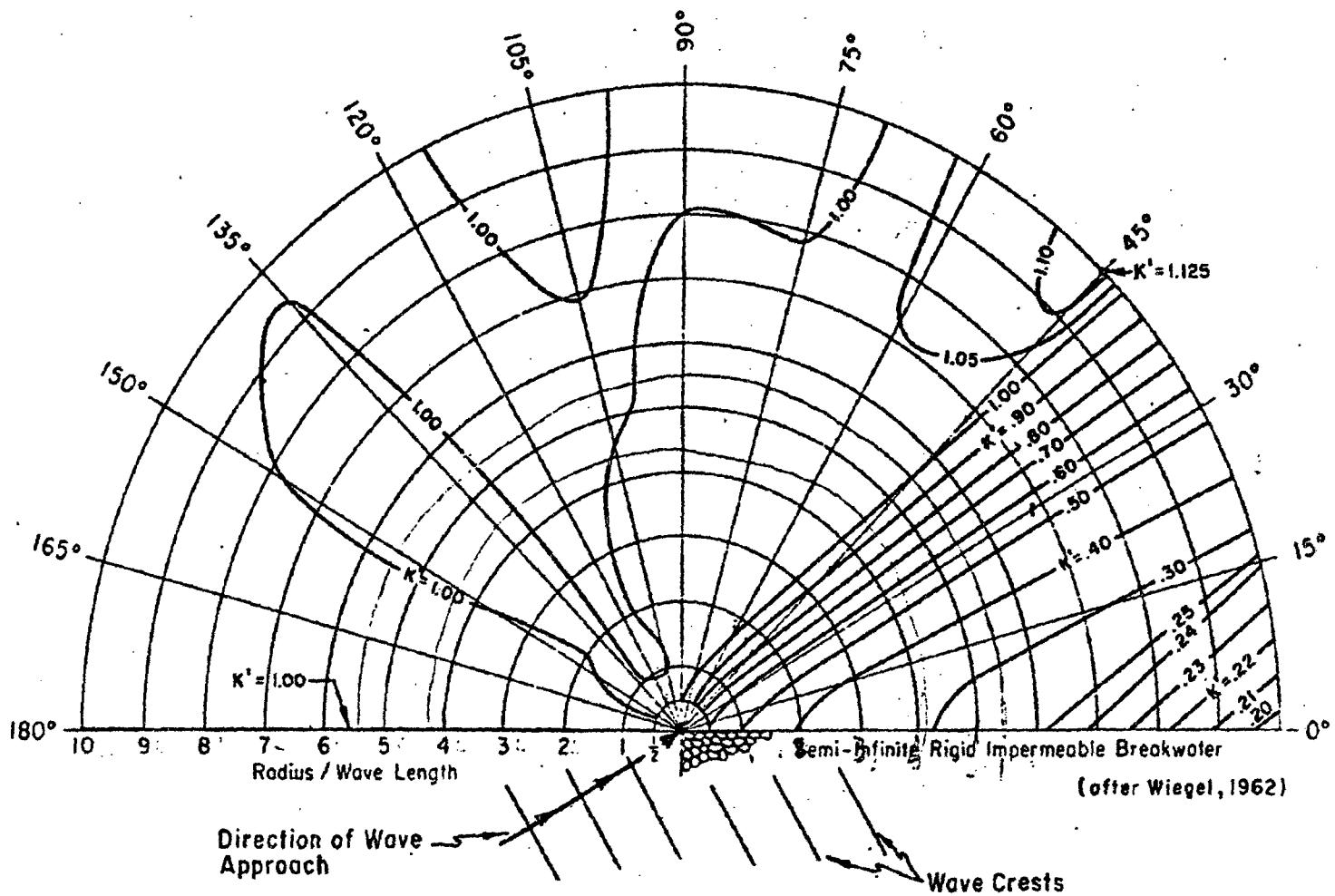


Figure 2-29. Wave Diffraction Diagram - 30° Wave Angle

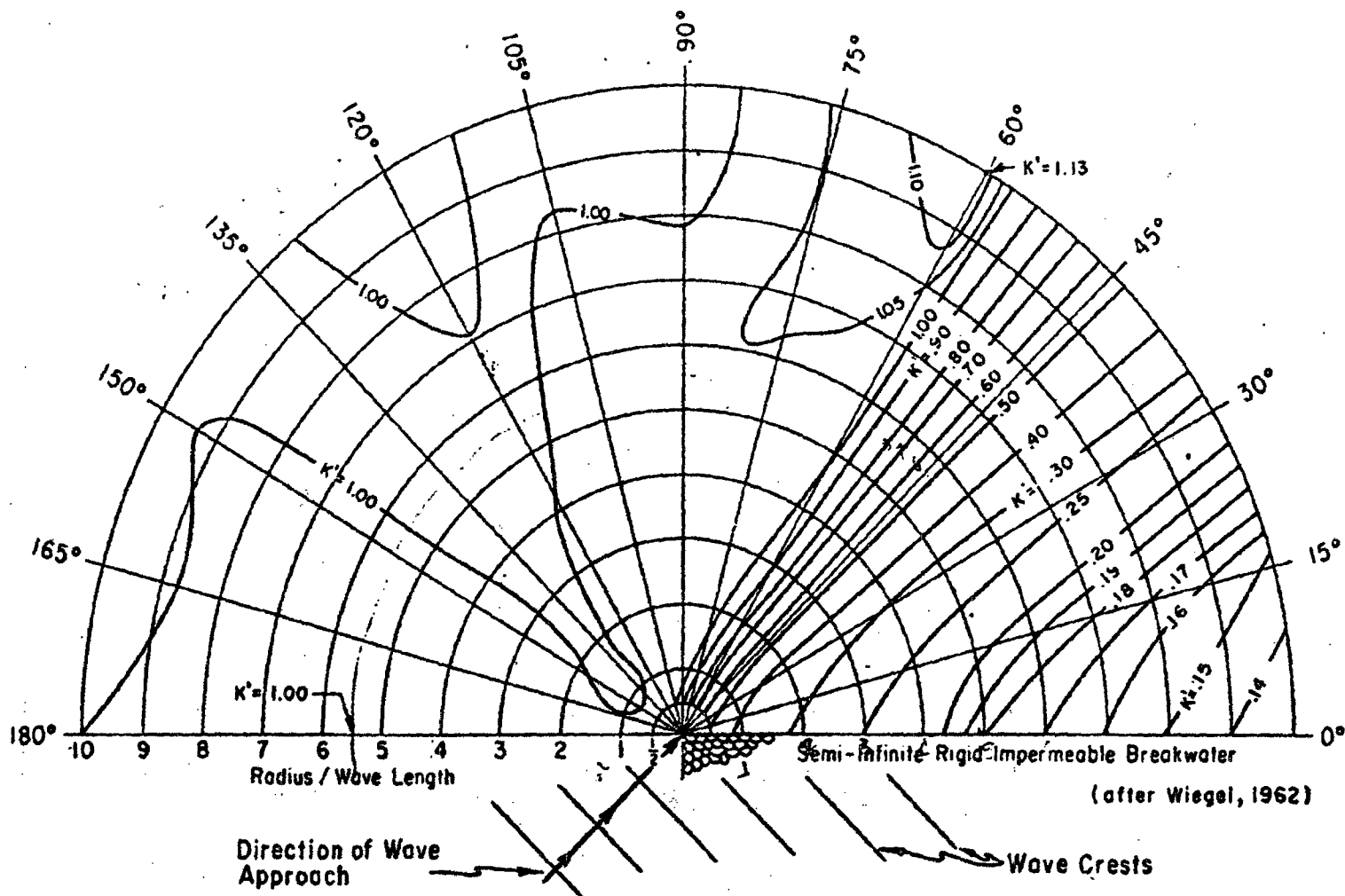


Figure 2-30. Wave Diffraction Diagram - 45° Wave Angle

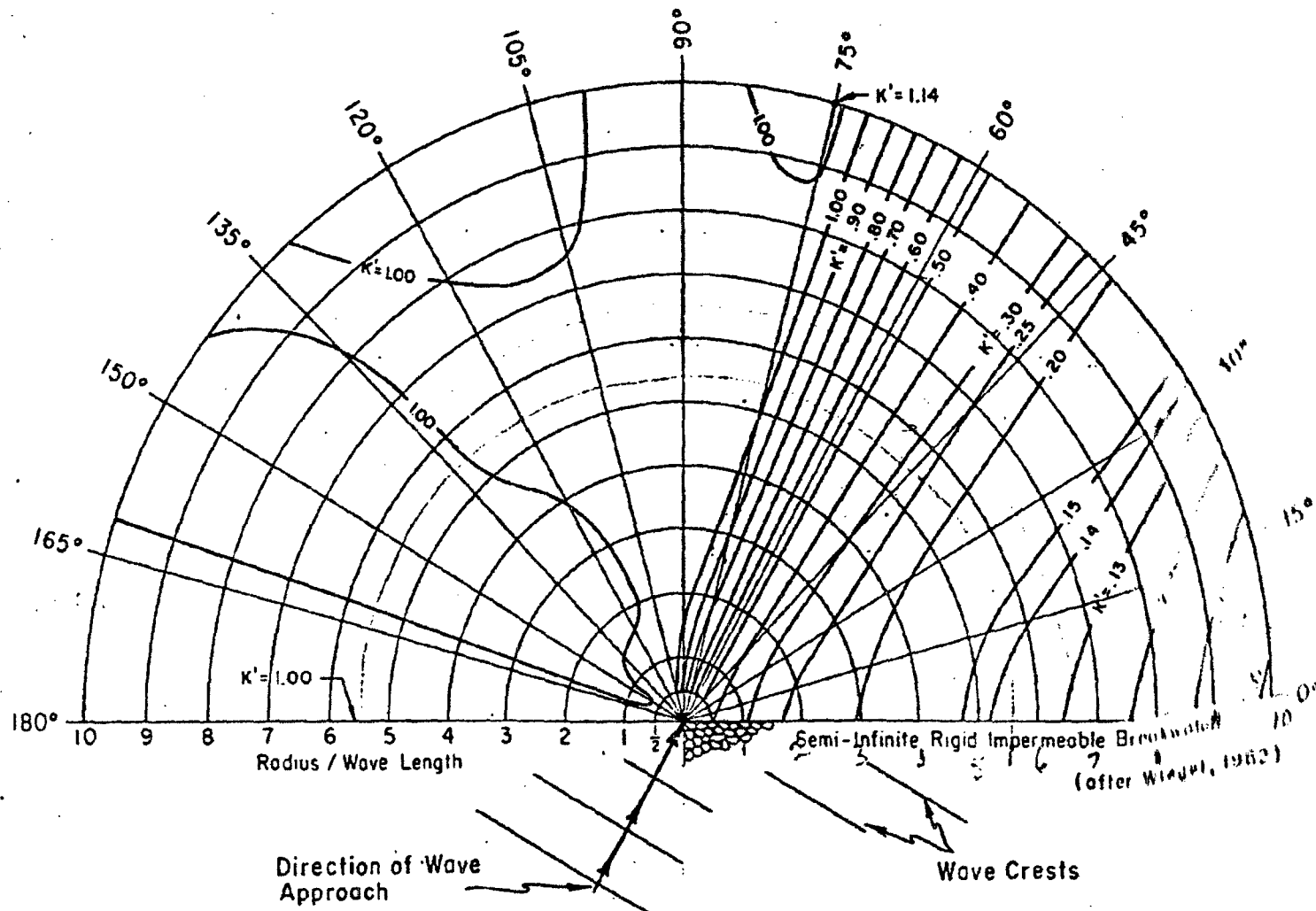


Figure 2-31. Wave Diffraction Diagram - 60° Wave Angle

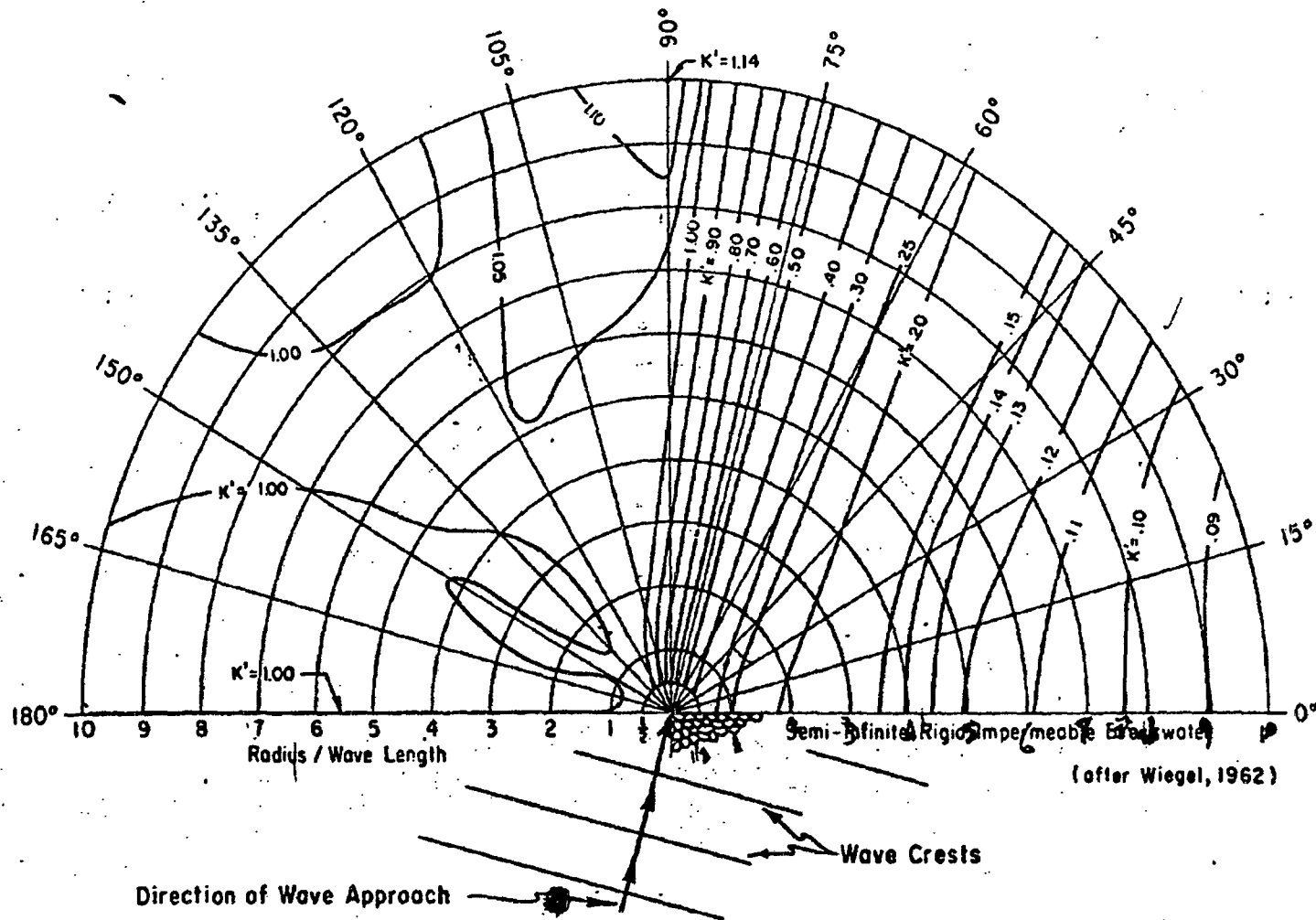


Figure 2-32. Wave Diffraction Diagram - 75° Wave Angle

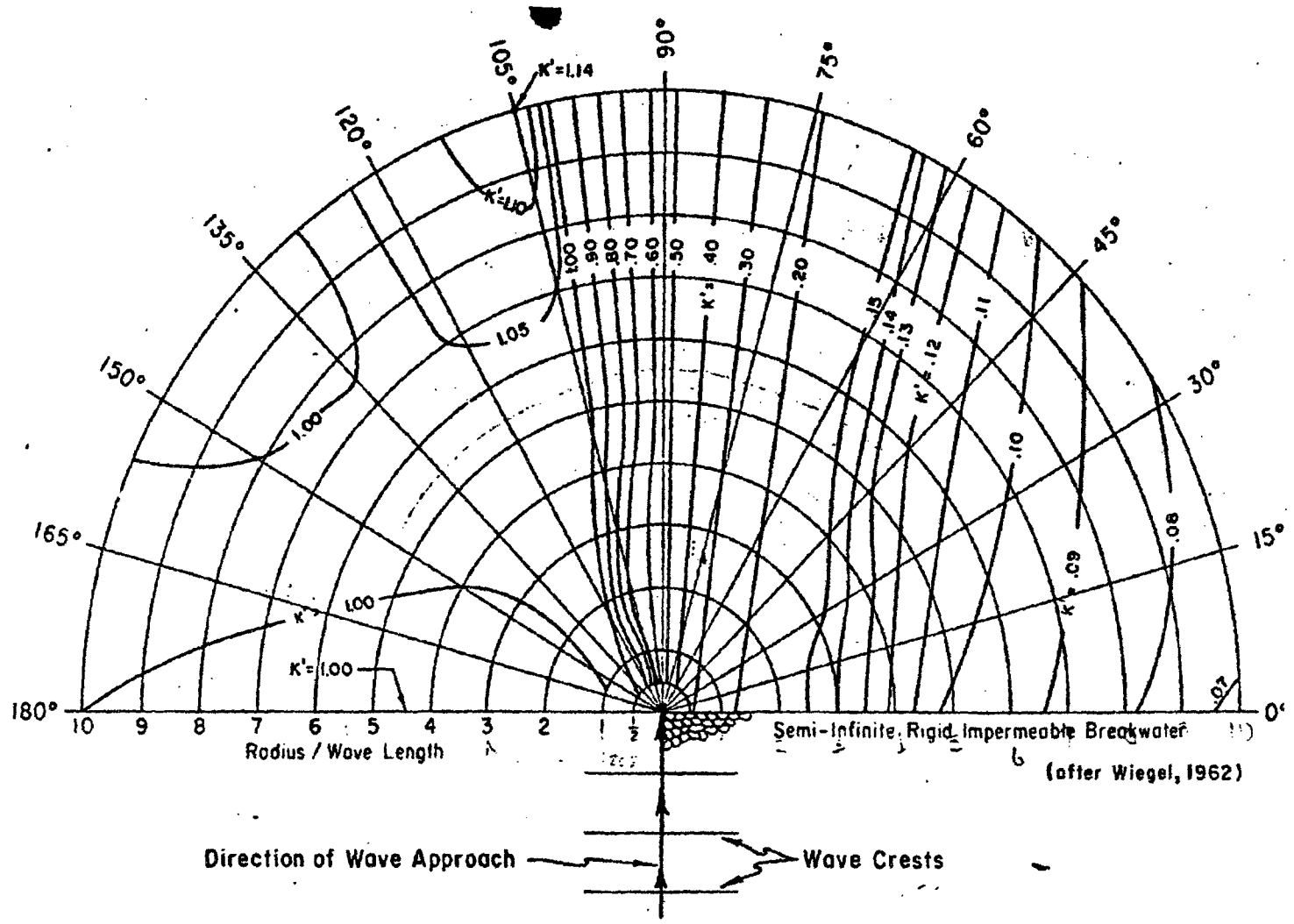


Figure 2-33. Wave Diffraction Diagram - 90° Wave Angle

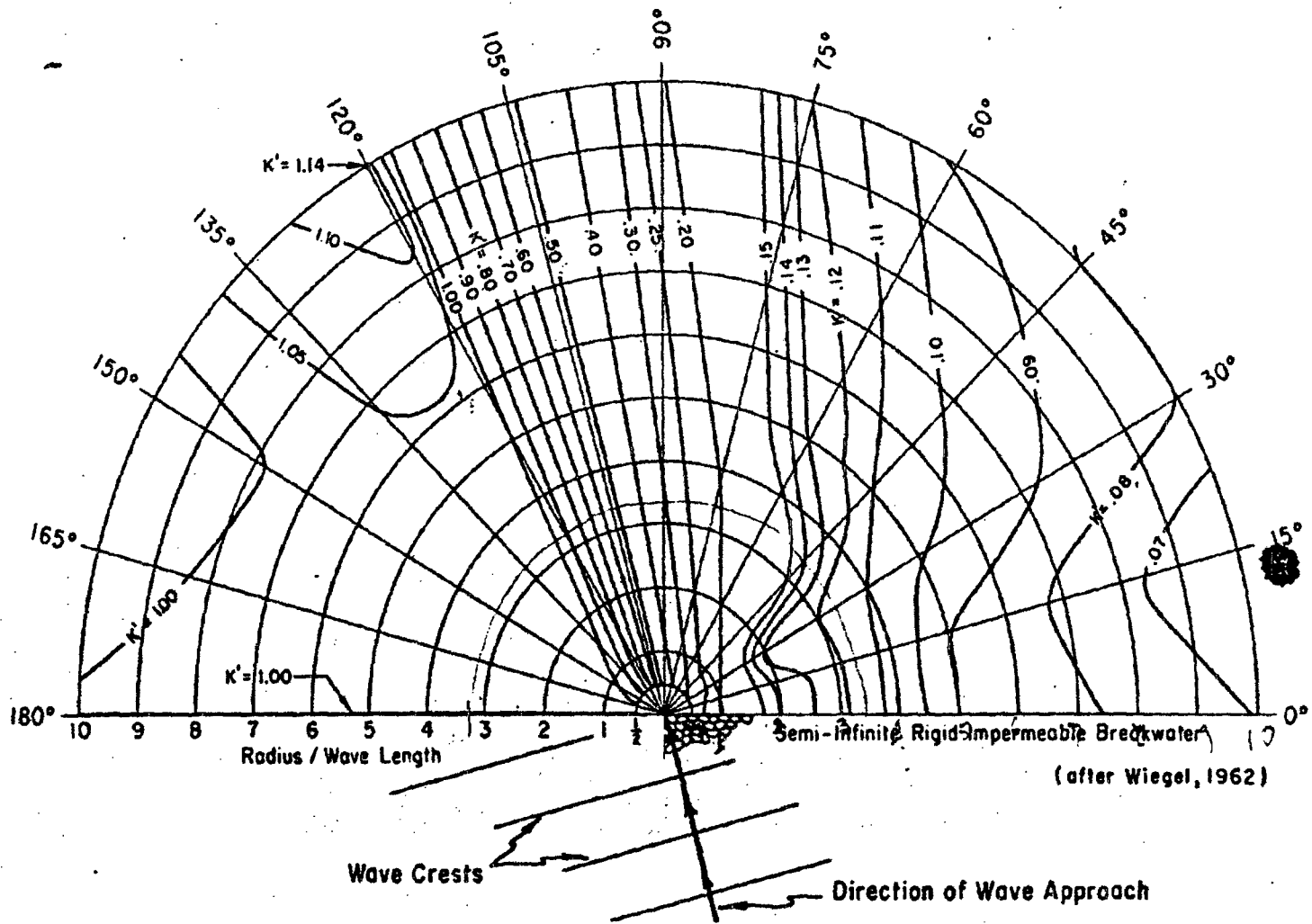


Figure 2-34. Wave Diffraction Diagram - 105° Wave Angle

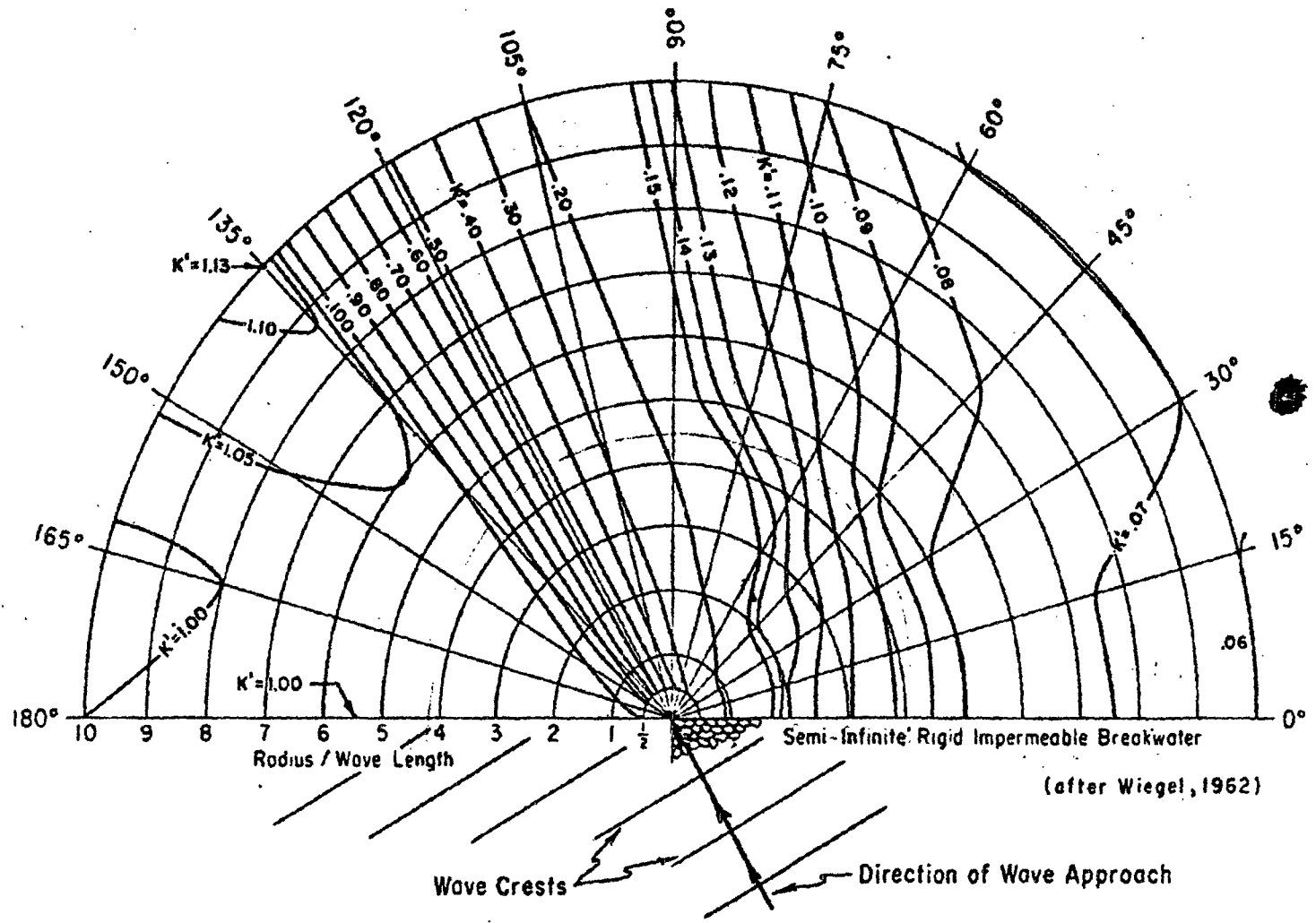


Figure 2-35. Wave Diffraction Diagram - 120° Wave Angle

(after Wiegel, 1962)

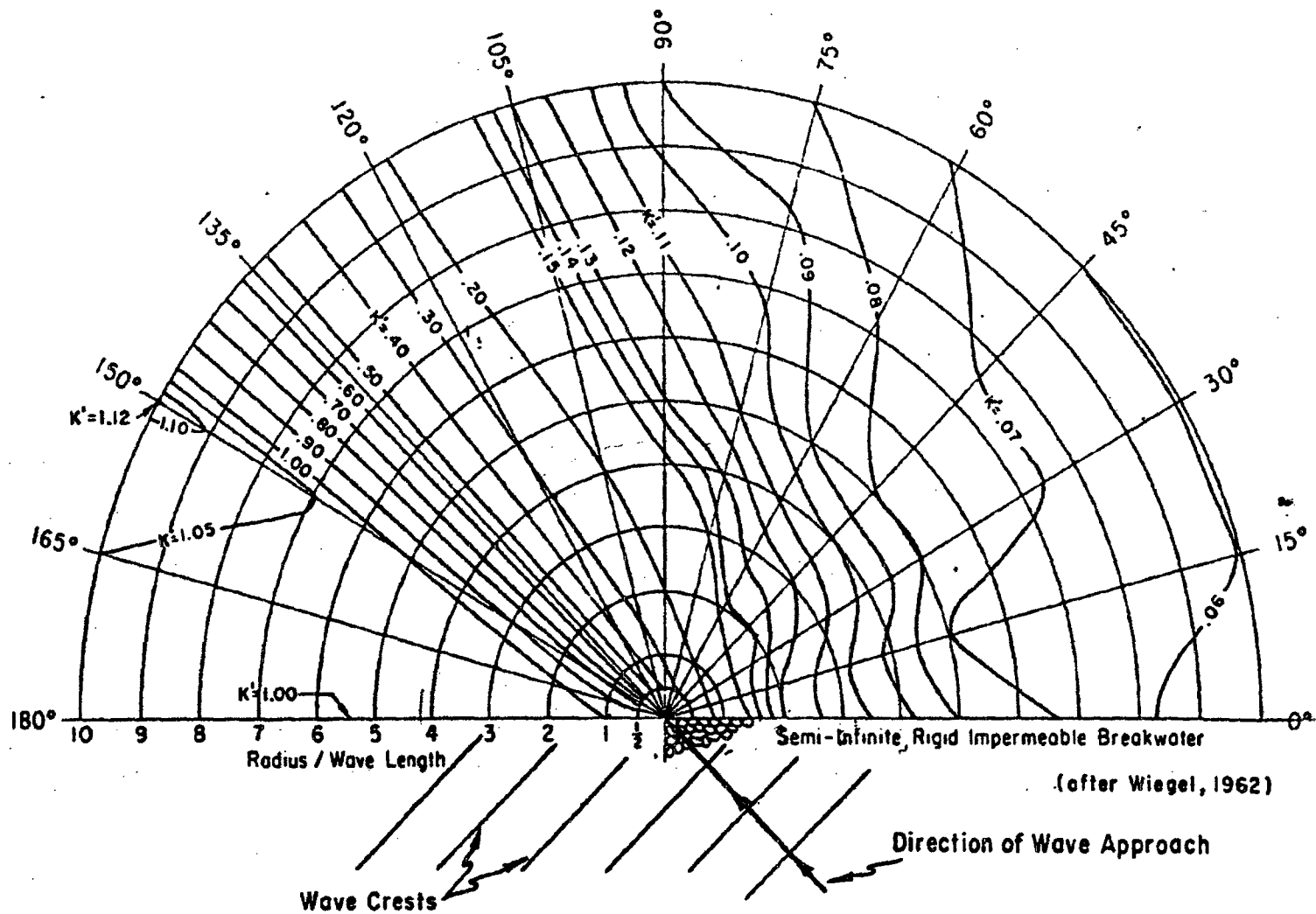


Figure 2-36. Wave Diffraction Diagram - 135° Wave Angle

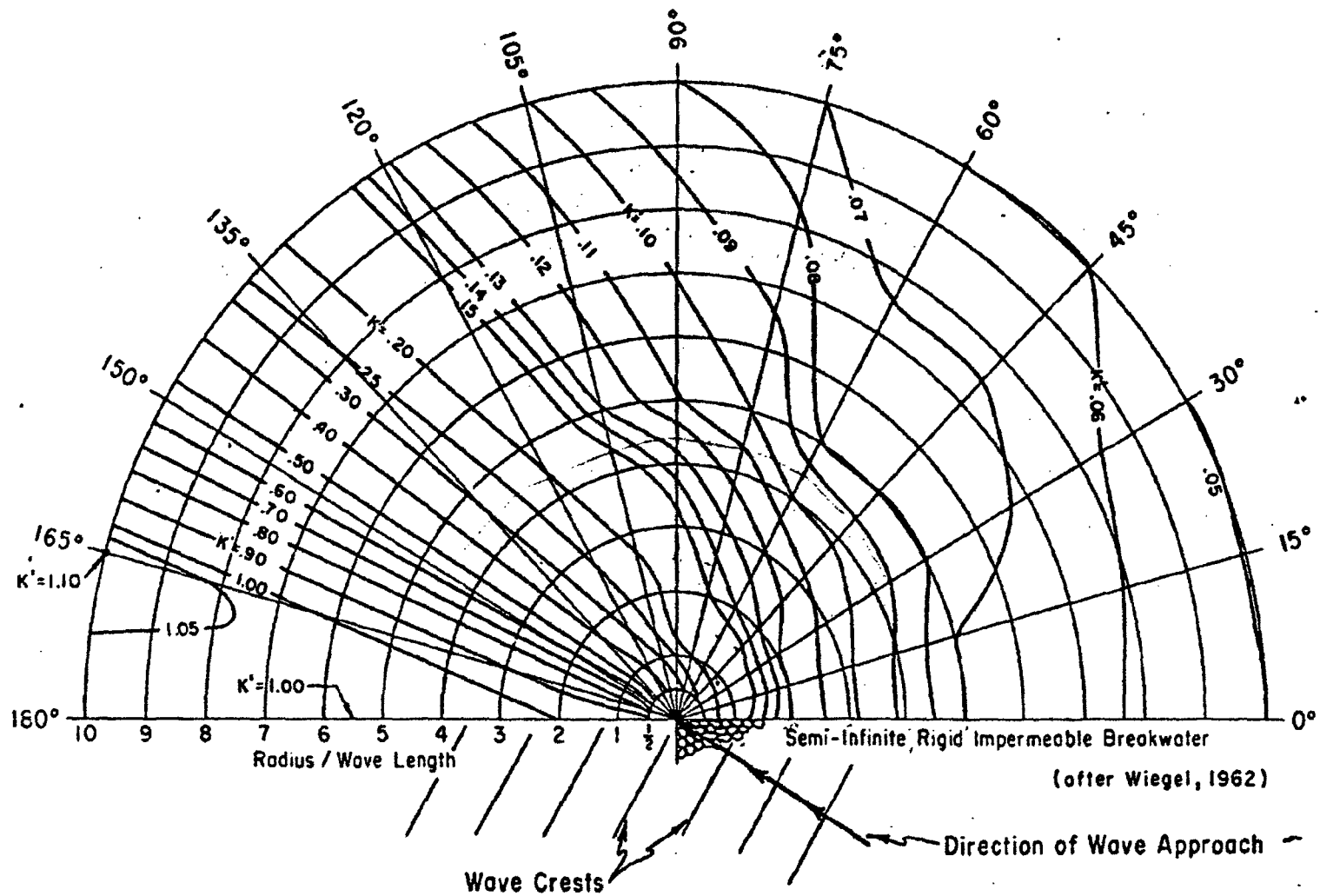


Figure 2-37. Wave Diffraction Diagram - 150° Wave Angle

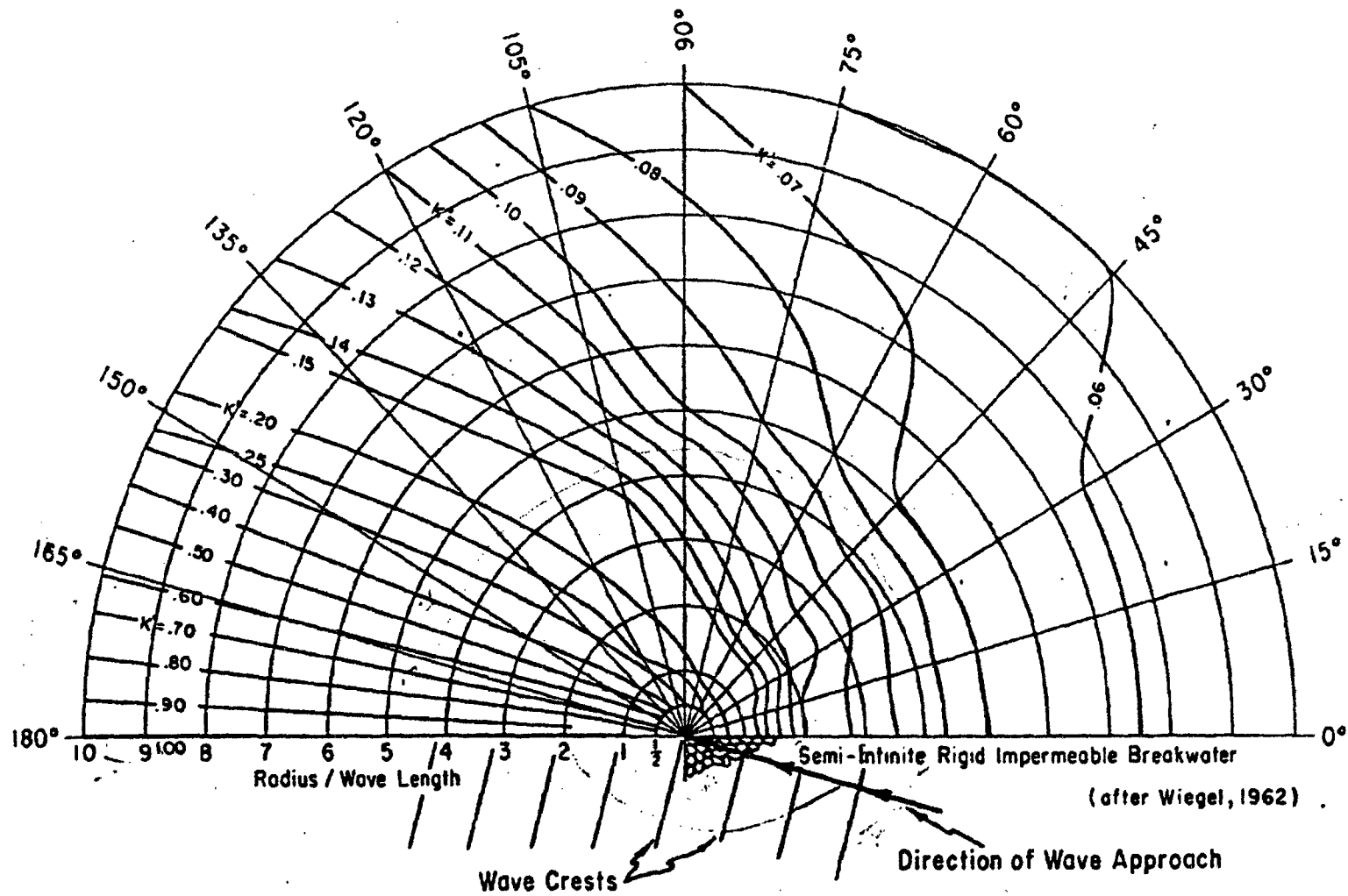


Figure 2-38. Wave Diffraction Diagram - 165° Wave Angle

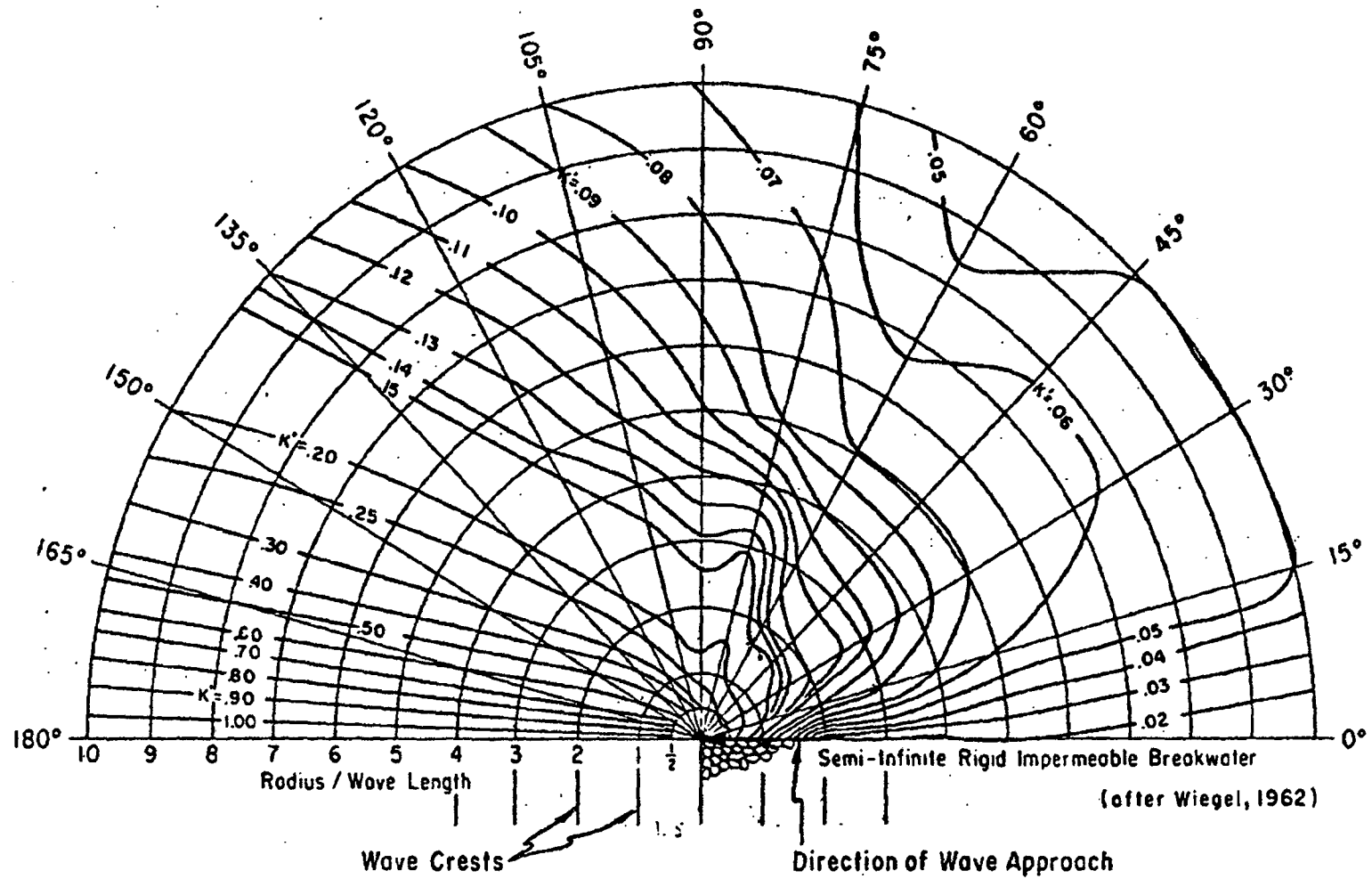


Figure 2-39. Wave Diffraction Diagram - 180° Wave Angle

PLANOS