

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



DISEÑO DE ROMPEOLAS DEL MUELLE DE ETEN

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JONNATHAN VELÁSQUEZ LÓPEZ

Lima- Perú

2011

RESUMEN

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: ANTECEDENTES	3
1.1. RESEÑA HISTÓRICA	3
1.2. SITUACIÓN ACTUAL	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	5
CAPITULO II: NORMATIVIDAD APLICABLE	7
2.1. AUTORIDADES COMPETENTES	7
2.2. OTROS ORGANISMOS PÚBLICOS RELACIONADOS	11
CAPITULO III: ANALISIS Y DISEÑO DEL ROMPEOLAS	13
3.1. DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL	13
3.1.1. Fundamento Teórico	13
3.1.2. Parámetros de Diseño	19
3.1.3. Proceso Constructivo	33
CAPITULO IV: EXPEDIENTE TÉCNICO	41
4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	41
4.1.1. PARAMETROS DE DISEÑO DE UN ROMPEOLAS	41
4.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL ROMPEOLAS.	46
4.1.3. ESTUDIO DE ROCAS.	48
4.1.4. EXPLOTACION DE CANTERAS	50
4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	50
4.2.1. OBRAS PRELIMINARES	50

4.3. PRESUPUESTO DE OBRA	53
4.4. ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS	53
4.5. CRONOGRAMA DE OBRAS	53
4.6. PLANOS DE DETALLE	53
4.7. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	54
CAPITULO V: PLAN DE ABANDONO	63
5.1. ASPECTOS GENERALES	63
5.2. OBJETIVOS	63
5.3. DESARROLLO DEL PLAN	64
5.3.1. Plan de Abandono Fase de Construcción	64
5.3.2. Plan de Abandono Fase de fin de operaciones	65
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFIA	68
ANEXOS	69

RESUMEN

El presente informe muestra como proyecto la construcción de un rompeolas para el abrigo de un muelle que se ubicará en el Puerto de Eten, ubicado en la ciudad de Chiclayo en el departamento de Lambayeque.

La finalidad de este proyecto es abastecer una demanda de 1'800,000 ton de concentrado de cobre para la exportación desde minas cercanas al muelle. Para esto utilizaremos naves de 30,000 DWT de capacidad, los cuales tienen un calado aproximado de 10.3 m., por lo que considerando algo de tolerancia se ubicará el muelle en la cota -13.

Es importante indicar que el actual muelle de Eten se encuentra en muy malas condiciones y que rehabilitarlo costaría aproximadamente lo mismo o más, que considerar la construcción de un nuevo muelle. Es por ello que el presente proyecto considera la construcción de un nuevo muelle, ubicado al sur del actual muelle, que tendrá una longitud de 1,245.61 m. y cuyos amarraderos se encontrarán a una profundidad de 13.0 m.

Se consideraran principalmente el oleaje proveniente del Sur Oeste para el diseño del mismo, para ello se llevara la altura de ola de aguas profundas a la zona de estudio.

El rompeolas estará ubicado en una zona con 14 m de profundidad y tendrá una altura de 3.5 m sobre el nivel medio del mar. El material que se utilizara estará compuesto por rocas en promedio de 3 Ton de peso. El presente proyecto involucra utilizar como cantera de agregados las rocas pertenecientes al barranco ubicado en el mismo litoral del Puerto de Eten esto debido a la abundancia de material rocoso en la zona.

LISTA DE CUADROS

En el informe se tienen los siguientes cuadros:

Cuadro 1.1: Características de la nave de diseño.	7
Cuadro 3.1: Direcciones de oleaje predominantes.	19
Cuadro 3.2: Funciones sinusoidales de la ola.	22
Cuadro 3.3: Altura de Olas significantes.	24
Cuadro 3.4: Valores sugeridos de k para determinar el peso de la unidad de coraza.	31
Cuadro 3.5: Coeficiente de capa y de porosidad para varias unidades de coraza.	32
Cuadro 4.1: Coordenadas de puntos extremos de rompeolas	48

LISTA DE FIGURAS

En el presente informe se tienen los siguientes gráficos, figuras y fotos:

Figura 1.1: Situación Actual del Muelle de Eten.	4
Figura 1.2: Plano batimétrico del Muelle de Eten.	6
Figura 1.3: Proyectos mineros en la zona aledaña al Puerto de Eten.	6
Figura 3.1: Vista de Canal de Oleaje en modelo a escala.	14
Figura 3.2: Sección Transversal de un Rompeolas de Enrocados.	15
Figura 3.3: Elementos prefabricados de concreto.	17
Figura 3.4: Colocación de explosivos en cantera.	34
Figura 3.5: Vista de voladura en roca.	35
Figura 3.6: Selección de material.	36
Figura 3.7: Barcaza Le Guerrier descargando en Melchorita	39
Figura 3.8: Colocación de roca en coronación utilizando grúas.	42
Figura 4.1: Tabla de Mareas del muelle de Eten.	45

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

APN: Autoridad Portuaria Nacional.

CERC: Coastal Engineering Research Center.

DWT: Deadweight tonnage – Toneladas de peso muerto.

ENAPU: Empresa Nacional de Puertos S.A.

MINEM: Ministerio de Energía y Minas.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

NAT: Nivel de Aguas Tranquilas.

NMBSO: Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias.

TM: Toneladas Métricas.

TUPAM: Texto Único de Procedimientos Administrativos de la Marina de Guerra del Perú.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura portuaria es un elemento importante para el desarrollo de las vías de comunicación y la economía del país. Dentro de estas se encuentran los puertos que para operar necesitan obras de protección (rompeolas), cuyas estructuras clásicas son constituidas por enrocamiento.

El presente proyecto se desarrollará en el muelle de Eten, ubicado en la región chala, al Sur Oeste de la ciudad de Chiclayo, ocupando la parte más o menos central del litoral provincial. Sus límites son: por el Norte, Este y Sur, con el distrito de Eten (ciudad); y por el Oeste, con el Océano Pacífico.

Se proyecta atender una demanda de exportación de concentrado de mineral de cobre de 1'800,000 TM anuales, para lo cual se trabajará con una nave de diseño de 30,000 DWT los cuales tienen un calado en su máxima capacidad de 10.3 m. por lo que el muelle se construirá a una profundidad de 13 m.

El objetivo del presente proyecto es el diseño, expediente técnico (memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de detalle, presupuesto de obra, etc), proceso constructivo, etc. Además se considera las consideraciones que se deben de tener en cuenta al proceder con el cierre del puerto o en todo caso se plantea unas recomendaciones a fin de poder rehabilitar el puerto.

El informe presenta un contenido dividido en 4 capítulos, los cuales se resumen a continuación:

Capitulo 1, presenta la situación actual del muelle de Eten, sin la construcción del rompeolas. Se detallan las características batimétricas así como la descripción del oleaje y por ende la operatividad del puerto.

Capitulo 2, presentan los cálculos para el diseño de un rompeolas de abrigo que atenuará el oleaje dentro del muelle y específicamente de los amarraderos a fin de que se obtenga una mayor operatividad del proyecto y se viabilice el requerimiento de embarcar 1,800 000 Toneladas de concentrado de cobre anual.

Capítulo 3, presentan la memoria descriptiva, planos de detalle, especificaciones técnicas y presupuesto del proyecto así como una breve descripción del proceso constructivo a implantar.

Capítulo 4, presenta las consideraciones que se deben tener presente al momento de dar por culminado el proyecto, con la finalidad de no generar impactos negativos en la zona del proyecto.

Finalmente se establecen las conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta a lo largo de las etapas de: diseño, construcción, operación así como en el plan de abandono.

CAPITULO I: ANTECEDENTES

1.1. RESEÑA HISTÓRICA

El muelle de Eten fue el centro de empleo para muchos porteños que aun recuerdan con nostalgia su época de esplendor, su construcción data desde 1870 y entra en servicio público el 28 de marzo de 1874, propiciando un importante desarrollo del comercio exterior registrando un movimiento de carga importante donde se embarcaba la azúcar, el carbón de piedra, guano de la isla, que exportaban a otros países; fue considerado como puerto mayor de embarque, el cual aportaba el 5 % de ingreso al país.

Fue concesionado por 100 años al señor José García y García. La concesión concluyó en 1969 época de la reforma agraria donde se paralizaron las haciendas azucareras y desde aquel periodo el muelle no recibe ningún mantenimiento. Tenía un largo de 803 m, de ancho 9.75m. y de altura 4.27 m sobre el nivel del mar, el que descansa sobre 459 columnas solidas de hierro dulce con sistema Mitchell.

El fuerte maretazo de 1978 fue catastrófico, las olas se elevaron y el mar se retiro del litoral, debido a la braveza se cayeron 30 metros del muelle, causando la angustia y la preocupación entre los pobladores. A este Puerto llegaban los trailers con el cargamento de azúcar de las cooperativas Patapo, Tuman, Pucala, etc.

Los pobladores de la zona recurrieron por ayuda a varios ministros naturales de Puerto Eten tales como Don José Soriano Morgan, Dante Polli, Jorgue Barandiar y entre otras personalidades, los cuales hicieron gestiones para la pronta reconstrucción del muelle pero todo quedó en el olvido, esto propicio para que el muelle de Puerto Eten quede rezagado y ya no se realice la comercialización de productos al exterior, quedando solo convertido en un balneario más.

Después de lo ocurrido, Pimentel quedó como puerto operativo, ante esto muchos de los pobladores que atravesaban una difícil situación emigraron a otros puertos en busca de mejoras económicas.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente el Puerto de Eten, se encuentra en condiciones muy desfavorables y un tramo del muelle se encuentra destruido. (Ver Figura 1.1)

Figura 1.1: Situación Actual del Muelle de Eten.



Fuente: Muelle de Puerto Eten - Marjorie Velásquez Paz

“MTC EXCLUYE A MUELLE ETEN DE PLAN NACIONAL DE DESARROLLO PORTUARIO POR REHABILITACIÓN INVIABLE” – Diario Gestión – 06 Enero 2011

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) excluyó al muelle Eten, ubicado en el distrito de Puerto Eten, provincia de Chiclayo (Lambayeque), del inventario de instalaciones portuarias establecidas dentro del Plan Nacional de Desarrollo Portuario (PNDP).

Ello debido a informes técnicos elaborados por la Dirección Técnica y la Dirección de Planeamiento y Estudios Económicos de la Autoridad Portuaria Nacional (APN), que señalan que el muelle Eten, a cargo del gobierno regional

de Lambayeque, se encuentra en proceso de colapso siendo inviable su rehabilitación.

De acuerdo con un decreto supremo del MTC publicado el 06 de enero del 2011, el gobierno regional de Lambayeque y el Viceministerio de Pesquería solicitaron a la APN la modificación del plan a fin de que el mencionado muelle pueda ser reparado en la medida de las posibilidades y dedicado a la actividad pesquera artesanal como apoyo social.

Esta propuesta fue aprobada por la sesión de directorio de la APN, y recibió opinión favorable de parte de la Secretaría de Descentralización de la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM).

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La zona Norte del Perú cuenta con importantes yacimientos mineros entre los que se tiene minas de Oro, Plata, Cobre, Zinc, Plomo y Fosfatos, la mayoría de los cuales se encuentran en etapa de exploración y estudios de factibilidad. Al sur del muelle de Eten se encuentra una plataforma petrolera de PetroPerú.

Actualmente el muelle de Eten se encuentra en muy malas condiciones, por lo que es necesaria la rehabilitación del muelle o construir un muelle nuevo en las inmediaciones del puerto de Eten. A fin de poder continuar con la operatividad del mismo, el presente proyecto considera la construcción de un muelle en Eten situado al sur del muelle actual.

Además, existen proyectos mineros en la zona (**Ver Figura 1.2**), existen considerable número de proyectos que podrían hacer viable el proyecto del muelle, lamentablemente estos actualmente solo se encuentran como yacimientos ya que aun no se ha definido la exploración y explotación del mismo.

CAPITULO II: NORMATIVIDAD APLICABLE

En cuanto a las normativas, entes reguladores y procedimientos legales asociados a los proyectos portuarios, éstos están contemplados en la Ley N° 27943 – “Ley del Sistema Portuario Nacional”. Para el presente proyecto se considerará principalmente las siguientes cláusulas:

2.1. AUTORIDADES COMPETENTES

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones es el órgano rector que define las políticas sectoriales y la normatividad general correspondiente para todas las actividades orientadas al transporte y las comunicaciones, y el Sistema Portuario Nacional. La Dirección Nacional de Transporte Acuático es el órgano de línea competente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Art 18 Ley 27943)

Autoridad Portuaria Nacional (APN)

Es un Organismo Público Descentralizado encargado del Sistema Portuario Nacional, adscrito al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dependiente del Ministro, con personería jurídica de derecho público interno, patrimonio propio, y con autonomía administrativa, funcional, técnica, económica, y financiera, y facultad normativa por delegación del Ministro de Transportes y Comunicaciones.

La Autoridad Portuaria Nacional está constituida por:

- El Directorio.
- La Gerencia General.

La Autoridad Portuaria Nacional tiene duración indefinida y su disolución se dispone por Ley.

Atribuciones de la Autoridad Portuaria Nacional

La Autoridad Portuaria Nacional tiene atribuciones exclusivas en lo técnico normativo, y otras atribuciones de carácter ejecutivo delegables a las Autoridades Portuarias Regionales, de acuerdo a lo que establece el Plan Nacional de Desarrollo Portuario. Las atribuciones son:

- a) Elaborar y proponer al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el Plan Nacional de Desarrollo Portuario, compatible con objetivos y estrategias de desarrollo autosostenible.
- b) Elaborar y proponer los planes de inversión pública y las convocatorias a la inversión privada en materia de desarrollo portuario.
- c) Aprobar y supervisar los expedientes técnicos de las obras de infraestructura portuaria y las especificaciones técnicas de las maquinarias y equipos, que deben incluir medidas efectivas para la protección del medio ambiente y de la comunidad donde se desarrollen.
- d) Celebrar con el sector privado los compromisos contractuales que faculta la presente Ley, como resultado de un concurso público, con arreglo a ley.
- e) Promover el establecimiento de actividades comerciales y logísticas en los recintos portuarios.
- f) Normar las Zonas de Actividades Logísticas y autorizar las correspondientes a los puertos nacionales.
- g) Coordinar la integración de los terminales, infraestructura e instalaciones portuarias de iniciativa privada dentro del Sistema Portuario Nacional y fomentar su desarrollo.
- h) Fomentar la actividad portuaria y su modernización permanente.
- i) Velar por la prestación universal de los servicios portuarios a través de los puertos de titularidad pública y en el ámbito de su competencia.
- j) Establecer las normas técnico-operativas para el desarrollo y la prestación de las actividades y los servicios portuarios acorde con los principios de transparencia y libre competencia.
- k) Normar en lo técnico, operativo y administrativo, el acceso a la infraestructura portuaria así como el ingreso, permanencia y salida de las naves y de la carga en los puertos sujetos al ámbito de su competencia; los permisos para la navegación comercial de buques; y en lo pertinente la apertura y cierre de los

puertos, remolcaje, recepción y despacho, seguridad del puerto y de las naves, así como cualquier otra actividad existente o por crearse.

l) Promover y facilitar las concesiones al sector privado en áreas de desarrollo portuario.

m) Velar por el respeto de los derechos de los usuarios intermedios y finales en los puertos del ámbito de su competencia.

n) Fomentar el empleo portuario, su calidad y el logro de una mayor estabilidad como consecuencia de la capacitación hacia la mayor especialización y polifuncionalidad de los trabajadores portuarios.

o) Establecer las normas para mejorar la calidad total del Sistema Portuario Nacional y la seguridad industrial en los puertos, mediante el fomento de la inversión y capacitación general en técnicas de operaciones portuarias y de higiene y seguridad en el trabajo; y la vigilancia del cumplimiento de las normas nacionales e internacionales en esta materia.

p) Coordinar con las demás autoridades nacionales las acciones pertinentes para garantizar la seguridad general y la lucha contra el contrabando y los tráficos ilegales.

q) Establecer sistemas alternativos de solución de controversias entre operadores y usuarios por materias de libre disposición de las partes.

r) Velar por el respeto al medio ambiente en la actividad portuaria y por el cumplimiento de la normativa general y de los compromisos contractuales específicos, en esta materia, contraídos por el sector privado.

s) Representar al Estado ante Organismos y Foros internacionales en los aspectos portuarios y en los de transporte acuático comercial.

t) Normar las actividades portuarias a que se sujetan las Autoridades Portuarias Regionales, que correspondan al mejor funcionamiento del Sistema Portuario Nacional.

u) Registrar y mantener actualizada la información estadística correspondiente a la actividad portuaria nacional.

v) Normar las autorizaciones portuarias, habilitaciones portuarias y licencias de obras portuarias, y coordinar su ejecución con las autoridades portuarias regionales.

w) Establecer los procedimientos de coordinación con otras Autoridades e instituciones del Estado para que, manteniendo la responsabilidad única en el trato de las naves y mercancías en las zonas portuarias, cada una de ellas

pueda cumplir adecuadamente sus funciones y responsabilidades, de acuerdo a lo dispuesto por la presente Ley y su reglamento. x) Promover y desarrollar una cultura de mar compatible con el desarrollo sostenible; y
y) Promover la inversión pública y privada en el Sistema Portuario Nacional.

Empresa Nacional de Puertos (ENAPU S.A.)

La Empresa Nacional de Puertos ENAPU S.A. es el administrador portuario que desarrolla actividades y servicios portuarios en los puertos de titularidad pública, de conformidad con el Decreto Legislativo N° 098.

"Artículo 20.- Los puertos de titularidad privada de uso exclusivo podrán prestar servicios a terceros no vinculados, siempre que no superen el 75% del volumen anual movilizado por el propietario para sí mismo o para sus empresas vinculadas o del mismo grupo económico. En el caso de un terminal de titularidad privada de uso exclusivo que inicia operaciones, se tomará en cuenta la proyección de carga y empresas vinculadas para el primer año.

La prestación de servicios portuarios a terceros está sujeta al cumplimiento obligatorio de lo que establecen el numeral 7 del artículo 3 de la Ley y de lo establecido en el Decreto Legislativo N° 701.

A solicitud de cualquier Administrador u Operador Portuario, INDECOPI evaluará si existen condiciones de competencia efectiva en el tipo de servicios portuarios de que se trate. De comprobarse que existe competencia en dicho servicio, éste se prestará bajo el régimen de libre competencia.

En el caso que las operaciones portuarias superen el mencionado porcentaje y no existiera competencia en el mercado correspondiente, el puerto de titularidad privada no perderá su calificación como puerto de uso exclusivo. Sin embargo, quedará sometido al régimen aplicable a los puertos de uso público. En tal caso, dichos puertos deberán cumplir obligatoriamente con los principios a que hace referencia el numeral 14.3 de la Ley, en cuanto a su comportamiento en el mercado de actividades y servicios portuarios prestados a terceros. Ello incluye el cumplimiento del marco regulatorio de dichas actividades que les sea aplicable y el cumplimiento del marco normativo aplicable a las actividades económicas que se prestan en libre competencia, con excepción de las obligaciones referidas a las siguientes materias:

- a) Trabajadores portuarios regulados por la Ley N° 27866.
- b) Pago del aporte por regulación a OSITRAN.

El régimen aplicable a los puertos de uso público señalado en este artículo, se aplicará por un año contado desde el 1ero de enero del ejercicio siguiente a aquel en que se haya cumplido las condiciones hasta el 31 de diciembre. En este ejercicio, se evaluará si las condiciones subsisten, en cuyo caso se mantendrá el régimen; de lo contrario, el régimen del puerto volverá a tener su condición inicial."

2.2. OTROS ORGANISMOS PÚBLICOS RELACIONADOS

Organismo Supervisor de la Inversión en la Infraestructura de Transportes de Uso Público (OSITRAN)

Corresponde a OSITRAN regular el sistema tarifario de los mercados en los que no hay libre competencia derivados de la explotación de infraestructura portuaria de uso público y supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión de acuerdo a las leyes vigentes.

Sus funciones y responsabilidades las ejercerá procurando la eficiencia de las actividades y servicios portuarios; las necesarias garantías para los administradores, inversionistas y operadores; y en defensa de los usuarios finales. Para ello incide en la competitividad internacional de los puertos y propende a que los costos y tarifas guarden concordancia y los conceptos se homologuen con los que se cobran internacionalmente en los puertos más modernos y competitivos del mundo.

En materia de infraestructura de uso público que se regula en la presente Ley, conservando sus funciones normativas propias, OSITRAN delega sus funciones técnicas y las operativas a la Autoridad Portuaria Nacional, pudiendo revocar éstas para sí mediante acuerdo de su Consejo Directivo, aprobado por unanimidad. La razón de esta revocatoria será determinada por causa objetiva señalada en el Reglamento.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI)

INDECOPI es el organismo encargado de garantizar y hacer cumplir las normas que regulan la libre y leal competencia.

La Autoridad Portuaria Nacional y las Autoridades Portuarias Regionales, pueden denunciar ante INDECOPI la infracción a las normas sobre libre competencia, así como solicitar la adopción de medidas cautelares correspondientes. La Comisión de Libre Competencia de INDECOPI debe pronunciarse en el plazo de 10 (diez) días hábiles respecto a las medidas cautelares solicitadas por la Autoridad Portuaria Nacional. La resolución final debe expedirse en plazo no mayor de 60 (sesenta) días hábiles.

SUNAT

SUNAT es la entidad competente para controlar el ingreso y salida de mercancías del recinto portuario, según su normatividad. La Autoridad Portuaria Nacional, y las Autoridades Portuarias Regionales, según lo establecido en la presente Ley, deberán coordinar con SUNAT los mecanismos de control y represión del contrabando, así como la información que ésta necesite para facilitar el despacho de las mercancías.

CAPITULO III: ANALISIS Y DISEÑO DEL ROMPEOLAS

3.1. DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL

3.1.1. Fundamento Teórico

Para la localización de rompeolas se debe tomar en cuenta, además del área que se quiere proteger la dirección o direcciones que pueda tener el rompeolas. Las dimensiones están en función de la dirección en que llegan las olas al lugar donde se desea construir el rompeolas. La primera aproximación es plantear la dirección del rompeolas en dirección perpendicular a la incidencia de las olas con el fin de que éstas rompan sobre la estructura misma, y analizar el oleaje que logre entrar en el área protegida, la altura de ola que entre en el puerto se calcula con los gráficos de difracción.

Como resultado se obtiene una estructura donde rompe las olas y una ola en el interior del área protegida, si esta altura de ola es permisible queda definida la planta, si no se debe alargar el rompeolas a fin de conseguir la altura de la ola deseada, si sucede que la altura de ola está muy por debajo de lo permisible se acorta el rompeolas a fin de disminuir su costo de construcción.

Vale indicar que el diseño y dimensionamiento de los rompeolas se debe básicamente a la experimentación con prototipos a escala, de los cuales se han podido elaborar cuadros y ábacos para varias condiciones.

Un ejemplo se presenta en la foto siguiente en la que se muestra un modelo a escala perteneciente el Laboratorio del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile, ubicado en Peñaflor (Región Capital).

Figura 3.1: Vista de Canal de Oleaje en modelo a escala.



Fuente: Laboratorio del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile

LA REFRACCIÓN

Conforme el oleaje se va acercando a la costa, la velocidad de propagación de la ola va disminuyendo ya que la profundidad del mar va disminuyendo, es decir el oleaje va pasando de aguas profundas a aguas poca profundas. Como consecuencia a la disminución de la velocidad la longitud de ola disminuye y la altura de ola aumenta, y el frente de ola se reorienta conforme a los contornos del fondo, es decir tiende a hacerse paralela a las líneas batimétricas sobre las que se propaga, lo que se conoce como refracción.

Para hallar el coeficiente de refracción existen métodos, siendo el más utilizado el método grafico de las ortogonales.

Para el empleo de este método se hacen las siguientes suposiciones.

-La energía comprendida entre dos ortogonales permanece constante.

- La dirección de avance de la onda es perpendicular a su cresta en cada momento.
- La velocidad de la ola en un punto en particular para un periodo determinado depende únicamente de la profundidad en ese punto.
- Los cambios en el relieve del fondo son graduales.
- La forma de la ola es sinodal y el periodo constante.

$$Kr = \sqrt{\frac{b_o}{b}}$$

Donde:

Kr = Coeficiente de refracción.

b y b_o = Ancho de espaciamiento entre ortogonales.

LA DIFRACCIÓN

La difracción del oleaje es una transferencia de la energía de una zona a otra, sucede cuando el oleaje es interrumpido por una barrera impidiendo su paso a la zona posterior de la barrera. La barrera puede ser natural o artificial por ejemplo una isla (natural) o un rompeolas (artificial).

En el caso de un rompeolas, la energía de un oleaje que pasa por el extremo del rompeolas se reduce, las ondas se curvan a su alrededor y penetran dentro de la zona protegida.

Existen diferentes métodos para hallar el coeficiente de difracción, siendo el más utilizado el método gráfico. Para el análisis de difracción, se hacen las siguientes suposiciones.

- El periodo constante.
- La energía es constante entre ortogonales.

La velocidad depende exclusivamente de la profundidad.

Wiegel dedujo curvas de igual coeficiente de difracción para diversos ángulos de incidencia del oleaje sobre el rompeolas, utilizados en ambas direcciones sobre el rompeolas) se muestran algunas curvas de igual coeficiente de difracción, para diversos ángulos de incidencia del oleaje sobre el rompeolas, deducidas por

Wiegel. Se considera que la profundidad es uniforme en la zona protegida por el rompeolas.

Estos gráficos son adimensionales, por lo tanto se puede usar para cualquier periodo del oleaje y profundidad, para lo cual bastará con sobreponer a escala (ampliación o reducción) la figura al plano que se estudia. La figura y el plano tendrán la misma escala.

$$K_D = \frac{H_D}{H_i}$$

Donde:

H_D = Altura de la ola difractada (m).

H_i = Altura de la ola incidente (m).

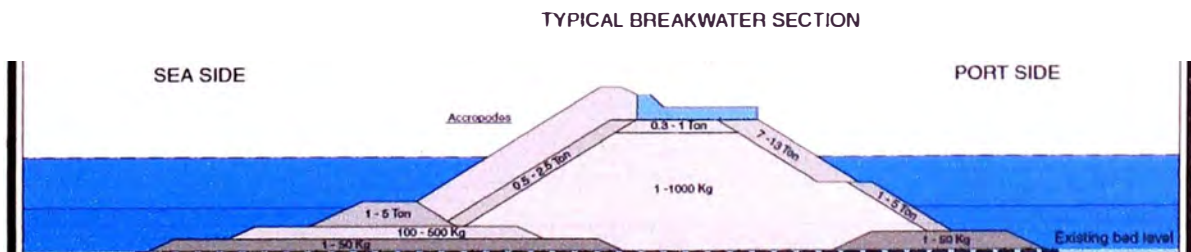
Para un problema dado, se calculará la longitud de la ola “L” a la profundidad “d” (extremo del rompeolas). Conocido L y el ángulo de incidencia del objeto respecto al rompeolas, se selecciona el gráfico de difracción correspondiente al ángulo de incidencia del oleaje con respecto al rompeolas.

El gráfico se hará a escala de tal manera que las distancias unitarias sucesivas que parten de la punta del rompeolas corresponden a la longitud de la ola a la escala del plano sobre el cual se va a trazar dicho gráfico.

DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL ROMPEOLAS.

Para el diseño se determina básicamente el peso de las rocas y el número y espesor de los mantos de protección que se describe en la **Figura 3.2**.

Figura 3.2: Sección Transversal de un Rompeolas de Enrocados



Fuente: Ennore Breakwater Construction – Hans Bijen

NÚCLEO:

Formado por enrocados relativamente pequeños, la que impide la transmisión de energía debido a su baja porosidad, sirve también como soporte y relleno a la estructura, éste a su vez está protegido por una o varias capas de enrocado más grandes, que protegerán al núcleo de la acción del oleaje; pueden ser la coraza y la capa secundaria.

CAPA SECUNDARIA:

Sirve para soportar los elementos de la coraza y además sirve como filtro evitando que salgan los elementos del núcleo, esta capa está conformada por una o dos capas de elementos.

CORAZA:

Es la parte exterior de la estructura que a su vez está formado por dos o más capas de elementos, los que deben resistir la acción directa del oleaje.

DELANTALES:

Su objetivo es proteger al rompeolas de la socavación al pie de la misma, se recomienda que su espesor “e” sea mayor de 50 cm. y su longitud “L” mayor de 5.00 m. en el lado expuesto al oleaje y entre 1.5 a 2.00 m. en el lado protegido. En muchas ocasiones se construyen utilizando los mismos elementos del núcleo.

FILTRO Y APOYO:

Se utiliza para evitar el hundimiento de las piedras durante la construcción debido a las corrientes y el oleaje. También evita que la arena del fondo sea succionada y extraída de entre los huecos dejados por las rocas, cuando se presentan grandes olas o bravezas. De ocurrir lo anterior se propicia el

hundimiento o deslizamiento de algunas zonas de la estructura. El filtro puede evitarse en ocasiones, ya que los delantales pueden funcionar como protección que evita la extracción y movimiento de la arena sobre la que se apoya la obra.

El rompeolas deberá ser capaz de resistir las diferentes fuerzas, tales como el peso propio y rozamiento pero principalmente al oleaje.

La coraza puede estar constituida por rocas o bien por elementos prefabricados de concreto. Los elementos prefabricados pueden tener distintas formas, siendo los más empleados: cubos, tetrápodos, dolos, tribares, etc. **(Ver Figura 3.3)**

Figura 3.3: Elementos prefabricados de concreto



Fuente: XBLOC - Protección eficiente contra el oleaje en diques rompeolas y líneas de costa.

La mayor ventaja de usar elementos prefabricados de concreto es la estabilidad de la estructura y la mayor desventaja es la fractura de los elementos.

Los elementos prefabricados de concreto tienen coeficientes de estabilidad más altos que la roca, por lo tanto se puede construir rompeolas más altos,

empinados y con elementos más ligeros que la roca, pero la coraza de elementos prefabricados de concreto se deteriora más rápidamente que de roca.

Cuando en las cercanías del lugar de construcción de los rompeolas se dispongan de rocas en tamaño y cantidad suficiente para cubrir los requisitos de diseño, diversos autores recomiendan optar por su utilización, de no ser así los elementos podrán ser prefabricados de concreto en cualquiera de las formas que existen.

Para el presente proyecto utilizaremos solamente enrocado por tratarse de una zona con predominio de rocas de gran tamaño.

FÓRMULA DE HUDSON

El criterio comúnmente empleado en el diseño de la coraza de rompeolas, es el que se denomina “**criterio de estabilidad**” Hudson desarrolló una fórmula empírica para obtener el peso del elemento de la coraza. La fórmula de estabilidad de Hudson es la siguiente:

$$W = \frac{\rho_a g H^3}{K d \Delta^3 \cot \theta}$$

Donde:

W = Peso del elemento. (Kg)

ρ_a = Densidad del elemento. (Kg/m³)

g = Gravedad. (9.81 m/s²)

H = Altura de ola de diseño. (m)

3.1.2. Parámetros de Diseño

CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA OLA DE DISEÑO

Para diseñar el rompeolas es necesario esquematizar la planta del mismo y analizar el oleaje que llegará a ésta. Se dispone del gráfico de la distribución del oleaje en Salaverry.

Este oleaje ha sido llevado de la zona de mediación hasta aguas profundas, como se sabe el oleaje en aguas profundas es el mismo en toda la costa peruana debido a que tienen la misma fuente de generación.

Con la distribución de las olas disponibles en aguas profundas frente a la zona del proyecto; y con los gráficos de refracción, se ha llevado el oleaje de aguas profundas en la zona del proyecto (frente al rompeolas). Con este oleaje se define la planta y la sección del rompeolas.

Tomando valores del oleaje en aguas profundas de Salaverry, primero se ha llevado la ola de aguas profundas (-160 m.) a aguas intermedias (-30 m.) y de allí a aguas poco profundas hasta la curva batimétrica (-14 m.) en la zona de estudio.

Las direcciones provenientes del Sur son las de mayor frecuencia de ocurrencia, sin embargo, las que provienen del Suroeste y Oeste son las que atacan directamente, pero con menor frecuencia de ocurrencia.

Las direcciones y frecuencias presentes en la zona de estudio son las siguientes:

Cuadro 3.1: Direcciones de oleaje predominantes.

Dirección	Frecuencia acumulada
Sur	79%
Suroeste	21%

Fuente: Elaboración Propia.

Para el presente estudio se procedió con la dirección Suroeste y para llevar las olas de aguas profundas hasta aguas intermedias se calculó el Coeficiente de Refracción:

El periodo con el que se trabajará es de 14 segundos:

$$T = 14 \text{ seg}$$

Por ende la longitud de onda de olas en aguas profundas será de:

$$L = 306.02 \text{ m.}$$

Con ello del **Plano A-1: Refracción de olas en aguas profundas**, se obtiene un k_r resultante de:

$$k_r = 0.9535$$

Asimismo para calcular el coeficiente de Shoaling (k_s) previamente se calcula la longitud de la ola en la batimetría -30 m.

$$\frac{d_{30}}{L_o} = \frac{30}{306.02} = 0.0981$$

Con este valor se ingresa al **Cuadro 3.2**, de donde obtenemos el valor de:

$$k_s = 0.9345$$

Con lo cual se obtiene la relación:

$$H_{30} = 0.8911H_o$$

Esto permitirá obtener el registro de ocurrencia de olas significantes (H_s) a 30 metros. (**Ver Anexo A4: Distribución de olas significantes**). Del mismo modo procedemos para llevar las olas de los 30 m hacia los 14 metros de profundidad (zona de estudio). Se calculó el coeficiente de Refracción (**Ver Plano A-2: Refracción de olas en aguas poco profundas**), obteniéndose el valor de:

$$k_r = 0.4256$$

Asimismo para calcular el coeficiente de Shoaling (k_s) previamente se calcula la longitud de la ola en la batimétrica -14 m:

$$\frac{d_{14}}{L_o} = \frac{14}{306.02} = 0.0457$$

Con este valor se ingresa al **Cuadro 3.2**, de donde obtenemos el valor de:

$$k_s = 0.9855$$

La longitud de ola en la zona de estudio se encuentra en aguas poco profundas por lo que la longitud de ola en la zona de estudio se calcula como:

$$L = T * \sqrt{g \cdot d}$$
$$L = 14 * \sqrt{9.81 * 14} = 164 \text{ m.}$$

Tomando el oleaje proveniente de la dirección SurOeste, las olas llegan con un ángulo de incidencia de 60°, una longitud de onda de 164 m. y según el **Plano A-3: Difracción de olas en el rompeolas** y se obtiene:

$$k_d = 0.32$$

Con los datos calculados se obtiene:

$$H_{14} = 0.4256 * 0.9855 * 0.32H_o$$

$$H_{14} = 0.1342H_o$$

Luego considerando para el diseño del rompeolas la probabilidad para el periodo de vida útil de 25 años, se producirá una ola que será excedida solo un día, obteniéndose:

$$P = \frac{100}{25 \times 360} = 0.011\%$$

Del gráfico de distribuciones (H_s) vs Probabilidad de Ocurrencia (**Ver Anexo A4: Distribución de olas significantes**) e interpolando la altura de ola significativa en la zona de estudio es:

$$H = 1.08 \text{ m.}$$

Cuadro 3.2: Funciones sinusoidales de la ola.

h/L_0	$\tanh kh$	h/L	kh	$\sinh kh$	$\cosh kh$	G	H/H_0
0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000	1,00	1,000	
0,002	0,112	0,0179	0,112	0,113	1,01	0,992	2,120
0,004	0,158	0,0253	0,159	0,160	1,01	0,983	1,790
0,006	0,193	0,0311	0,195	0,197	1,02	0,975	1,620
0,008	0,222	0,0360	0,226	0,228	1,03	0,967	1,510
0,010	0,248	0,0403	0,253	0,256	1,03	0,958	1,430
0,015	0,302	0,0496	0,312	0,317	1,05	0,938	1,310
0,020	0,347	0,0576	0,362	0,370	1,07	0,918	1,230
0,025	0,386	0,0648	0,407	0,418	1,08	0,898	1,170
0,030	0,420	0,0713	0,448	0,463	1,10	0,878	1,130
0,035	0,452	0,0775	0,487	0,506	1,12	0,858	1,090
0,040	0,480	0,0833	0,523	0,548	1,14	0,838	1,060
0,045	0,507	0,0888	0,558	0,588	1,16	0,819	1,040
0,050	0,531	0,0942	0,592	0,627	1,18	0,800	1,020
0,055	0,554	0,0993	0,624	0,665	1,20	0,781	1,010
0,060	0,575	0,1040	0,655	0,703	1,22	0,762	0,993
0,065	0,595	0,1090	0,686	0,741	1,24	0,744	0,981
0,070	0,614	0,1140	0,716	0,779	1,27	0,725	0,971
0,075	0,632	0,1190	0,745	0,916	1,29	0,707	0,962
0,080	0,649	0,1230	0,774	0,954	1,31	0,690	0,955
0,085	0,665	0,1280	0,803	0,892	1,34	0,672	0,948
0,090	0,681	0,1320	0,831	0,929	1,37	0,655	0,942
0,095	0,695	0,1370	0,858	0,968	1,39	0,637	0,937
0,100	0,709	0,1410	0,886	1,010	1,42	0,620	0,933
0,110	0,735	0,1500	0,940	1,080	1,48	0,587	0,926
0,120	0,759	0,1580	0,994	1,170	1,54	0,555	0,920
0,130	0,780	0,1670	1,050	1,250	1,60	0,524	0,917
0,140	0,800	0,1750	1,100	1,330	1,67	0,494	0,915
0,150	0,818	0,1830	1,150	1,420	1,74	0,465	0,913
0,160	0,835	0,1920	1,200	1,520	1,82	0,437	0,913
0,170	0,850	0,2000	1,260	1,610	1,90	0,410	0,913
0,180	0,864	0,2080	1,310	1,720	1,99	0,384	0,914
0,190	0,877	0,2170	1,360	1,820	2,08	0,359	0,916
0,200	0,888	0,2250	1,410	1,940	2,18	0,335	0,918
0,210	0,899	0,2340	1,470	2,050	2,28	0,311	0,920
0,220	0,909	0,2420	1,520	2,180	2,40	0,291	0,923
0,230	0,918	0,2510	1,570	2,310	2,52	0,271	0,926
0,240	0,926	0,2590	1,630	2,450	2,65	0,251	0,929

Fuente: Ingeniería Portuaria – Cesar Fuentes Ortiz.

Cuadro 3.3: Altura de olas significantes

ALTURA DE OLAS EN AGUAS PROFUNDAS	% PORCENTAJE DE OCURRENCIA EN EL TIEMPO
Entre 0.50 - 0.80 m	1.80%
Entre 0.80 - 1.10 m	15.20%
Entre 1.10 - 1.60 m	50.00%
Entre 1.60 - 2.40 m	27.80%
Entre 2.40 - 3.00 m	4.60%
Entre 3.00 - 3.60 m	0.53%
Entre 3.60 - 4.20 m	0.07%

ALTURA DE OLAS A 30 m. DE LA PUNTA	% PORCENTAJE DE OCURRENCIA EN EL TIEMPO
Entre 0.45 - 0.71 m	1.80%
Entre 0.71 - 0.98 m	15.20%
Entre 0.98 - 1.43 m	50.00%
Entre 1.43 - 2.14 m	27.80%
Entre 2.14 - 2.67 m	4.60%
Entre 2.67 - 3.21 m	0.53%
Entre 3.21 - 3.74 m	0.07%

ALTURA DE OLAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (14 m.)	% PORCENTAJE DE OCURRENCIA EN EL TIEMPO
Entre 0.07 - 0.11 m	1.80%
Entre 0.11 - 0.15 m	15.20%
Entre 0.15 - 0.21 m	50.00%
Entre 0.21 - 0.32 m	27.80%
Entre 0.32 - 0.40 m	4.60%
Entre 0.40 - 0.48 m	0.53%
Entre 0.48 - 0.56 m	0.07%

Fuente: Elaboración Propia

ROMPIENTE

Cálculo de la ola que llega a la cota -14.

Del Anexo A.4 se obtiene $H_o = 4.25$ m.

$$H'_o = k_r \cdot H_o$$

$$H'_o = 0.4256H_o = (0.4256)(4.25) = 1.81\text{m.}$$

Hallando la altura de ola rompiente H_r :

$$\frac{H'_o}{L_o} = \frac{1.81}{305.76} = 0.006$$

Pendiente de fondo $\cong 1/50$

Del gráfico de Goda para la altura de la ola rompiente según Goda como se aprecia en el **Anexo A.5** se obtiene:

$$\frac{H_r}{H'_o} = 1.66$$

$$H_r = 1.66H'_o = (1.66)(1.81) = 3.01 \text{ m.}$$

Cálculo de profundidad de la rompiente.

$$\frac{H'_o}{L_o} = \frac{1.81}{305.76} = 0.006$$

Pendiente de fondo $\cong 1/50$

Del gráfico de Goda para la profundidad de la rompiente según Goda como se aprecia en el **Anexo A.6: Profundidad en la rompiente según Goda** se obtiene:

Se obtiene $\frac{d}{H'_o} = 2.14$

$$d_r = 2.14H'_o = (2.14)(1.81) = 3.88 \text{ m.}$$

Por tanto la ola es no rompiente.

CALCULO DEL RUN UP:

Para calcular la altura por encima del nivel de aguas tranquilas, a la cual el enrocado será construido para prevenir el sobrepaso de la ola de diseño (H), se deberá calcular primero la altura de la ola en aguas profundas sin refractar (H'_o):

$$\frac{H'_o}{gT^2} = \frac{1.81}{(9.81)(14)^2} = 0.00094$$

Talud de la estructura es de 1:2

Con estos valores y del gráfico $\frac{H'_o}{gT^2}$ VS $\frac{R}{H'_o}$, resulta que la relación de $R_u/H'_o = 1.00$. Entonces reemplazando valores con la relación encontrada tal como se muestra en el **Anexo A.7: Cálculo del run up para pendientes lisas y de escollera permeable**, se tiene:

$$\frac{R_u}{H'_o} = 1.1$$

Por tanto:

$$Ru = 1.1H'_o = (1.1)(1.81) = 1.991$$

Entonces se toma $Ru = 2.0m$.

CALCULO DE LA COTA SUPERIOR DEL ROMPEOLAS

$$C. S. Escollera = M. H. W. + R_u + S$$

Donde:

<i>C. S. Escollera:</i>	Cota Superior del Rompeolas
M.H.W.:	Nivel de marea alta (1.20 m.)
R_u :	Elevación vertical de la ola con respecto al nivel de aguas tranquilas (2.00 m.)
S:	Borde Libre.
FN:	Fenómeno del Niño (0.40 m.)

Reemplazando valores en la expresión anterior, se tiene:

$$C.S. Rompeolas = 1.20 + 1.38 + 0.5 + 0.4 = 3.48 \text{ m.}$$

Por tanto:

C.S. Escollera = 3.50 m. sobre el nivel de referencia M.L.W.S. (Mean Low Water Spring) promedio de bajamares de Sicigias Ordinarias (± 0.00)

DISEÑO DEL ENROCADO

CALCULO DEL PESO DE LA UNIDAD DE ROCA DE CORAZA

El peso de la unidad de coraza se calcula mediante la fórmula de Hudson:

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

Donde:

- g = La aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²)
- H = Altura de ola de diseño (2.73 m.)
- K_D = Coeficiente de daños. (**Ver Cuadro 5**) ($K_D = 2.5$)
- Δ = Densidad relativa de la unidad protectora.
- α = Talud del rompeolas.

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

ρ = Densidad de la unidad protectora (2,700 Kg/m³)

ρ_w = Densidad del agua del mar (1,025 Kg/m³)

$$\Delta = \frac{(2700 - 1025)}{1025} = 1.63$$

Reemplazando:

$$W = \frac{2700 \cdot 9.81 \cdot 2.73}{(2.5)(2.0)(1.63)^3} = 24,887.88 \text{ Newton}$$

$$W = 2,536.99 \text{ Kg}$$

Por ello, se considerará: $W = 3 \text{ Ton.}$

1ERA CAPA:

Se usarán rocas con un peso promedio de 3 toneladas. El rango a considerar es de entre 2.5 – 3.5 Ton.

2DA CAPA:

El peso de las rocas de esta capa estará definido por $W/10 = 300 \text{ Kg}$

El rango a considerarse para esta capa esta de entre 200 a 400 Kg.

NUCLEO:

El peso de las rocas de esta capa estará definido por $W/200 - W/4000$, es decir de entre 0.75 – 15 Kg.

CALCULO DEL ANCHO DE CRESTA

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$B' = m' K_D \left(\frac{W}{\rho g} \right)^3$$

Donde:

m' = Número de unidades de roca (mínimo 2)

K_D = Coeficiente de capa. (**Ver Cuadro 3.4**) ($K_D = 1.15$)

W = Peso de la unidad de la coraza.

ρ = Densidad de la unidad ($2,700 \text{ Kg/m}^3$)

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/seg^2)

Reemplazando valores, se tiene:

$$B' = (2.00)(1.15) \left(\frac{24,887.88}{(2,700)(9.81)} \right)^3 = 2.25 \text{ m.}$$

Por lo tanto se empleará un valor de ancho de cresta de $B' = 3.50 \text{ m}$.

CALCULO DEL ESPESOR DE LA CORAZA O CAPA PRINCIPAL Y LAS SUBCAPAS

Se calcula con la fórmula:

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

Donde:

m' = número de capas de unidades. Para el rompeolas $m' = 2$

K_{Δ} = Coeficiente de capa. Ver **Cuadro 3.5** ($K_{\Delta} = 1.15$)

t = espesor de la coraza en metros.

Reemplazando valores se tiene:

$$t_1 = (2.00)(1.15) \left(\frac{24,887.88}{(2700)(9.81)} \right)^{1/3}$$

$$t_1 = 2.25 \text{ m.}$$

Se usa el valor de $t_1 = 2.50 \text{ m}$.

Espesor de la subcapa o Capa Secundaria:

$$t_2 = m' K_{\Delta} \left(\frac{W_{10}}{\rho g} \right)^{1/3}$$

$$W_{10} = \frac{W}{10} = 2,488.79$$

$$t_2 = (2.00)(1.15) \left(\frac{2,488.79}{(2700)(9.81)} \right)^{1/3}$$

$$t_2 = 1.05 \text{ m.}$$

Se usa el valor de:

$$t_2 = 1.20 \text{ m.}$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE UNIDADES DE CORAZA O CAPA PRINCIPAL

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

Donde:

C = Número de unidades por unidad de área en la coraza.

P = Porosidad de capa expresada en porcentaje (37%) (**Ver Cuadro 3.5**)

$m' = 2.00$

$K_{\Delta} = 1.15$

Reemplazando valores:

$$C = (2.00)(1.15) \left(1 - \frac{37}{100}\right) \left[\frac{(2700)(9.81)}{24,887.88}\right]^{2/3}$$

$$C = 1.51$$

Por lo tanto se usará $C = 1.50$ unidades/m²

Con estos valores la sección transversal del rompeolas se puede apreciar en el **Plano A-4: Sección transversal del rompeolas.**

Cuadro 3.4: Valores sugeridos de K para determinar el peso de la unidad de coraza daños 0 – 5 %

CRITERIO DEL NO DETERIORO Y REBOZE MINIMO							
UNIDADES DE CORAZA	nº	COLOCACION	TRONCO DEL ROMPEOLAS K_D		CABEZO DEL ROMPEOLAS K_D		PENDIENTE
			OLAS ROMPIENTES	OLAS NO ROMPIENTES	OLAS ROMPIENTES	OLAS NO ROMPIENTES	COTG
ROCA DE CANTERA							
Redondeada Lisa	2	Aleatoria	2.1	2.4	1.7	1.9	1.5 - 3.0
Redondeada Lisa	>3	Aleatoria	2.8	3.2	2.1	2.3	1.5 - 3.0
Angular Rugosa	1	Aleatoria **	**	2.9	**	2.3	1.5 - 3.0
Angular Rugosa	2	Aleatoria	-	-	2.9	3.2	1.5
			3.5	4.0	2.5	2.8	2.0
			-	-	2.0	2.3	3.0
Angular Rugosa	>3	Aleatoria	3.9	4.5	3.7	4.2	3
Angular Rugosa	2	Especial +	4.8	5.5	3.5	4.5	3
Tetrápodos	2	Aleatoria	-	-	5.9	6.6	1.5
			7.2	8.3	5.5	6.1	2
Cudrípodos			-	-	3.7	4.1	3
Tribarras	2	Aleatoria	-	-	8.3	9	1.5
			9	10.4	7.8	8.5	2
			-	-	7	7.7	3

Fuente: Tesis de Grado "Defensa Ribereña y Rehabilitación de la Av. Costa Verde", Luis A. Portalino

Cuadro 3.5: COEFICIENTE DE CAPA Y DE POROSIDAD PARA VARIAS UNIDADES DE CORAZA

UNIDADES DE CORAZA	m'	COLOCACIÓN	COEFICIENTE DE CAPA K_A	POROSIDAD (P) %
ROCA DE CANTERA (LISA)	2	Aleatoria	1.02	38
ROCA DE CANTERA (RUGOSA)	2	Aleatoria	1.15	37
ROCA DE CANTERA (RUGOSA) CUBO (MODIFICADO)	>3	Aleatoria	1.10	40
	2	Aleatoria	1.10	47
TETRÁPODO	2	Aleatoria	1.04	50
CUADRÍPODO	2	Aleatoria	0.95	49
HEXÁPODO	2	Aleatoria	1.15	47
TRIBARRA	2	Aleatoria	1.02	54
DOLOS	2	Aleatoria	1	63
TRIBARRA	1	Aleatoria	1.13	47
ROCA DE CANTERA	Es	Aleatoria	---	37

Fuente: Tesis de Grado "Defensa Ribereña y Rehabilitación de la Av. Costa Verde", Luis A. Portalino

3.1.3. Proceso Constructivo

A. DEL ROMPEOLAS

HABILITACIÓN DE LA ROCA DE CANTERA

Las características de la roca deben ser las apropiadas de acuerdo al diseño efectuado.

La explotación de la cantera debe realizarse utilizando técnicas y experiencia del personal calificado en esta materia, tanto en la perforación de macizos rocosos como del uso de explosivos, para luego poder obtener rocas con las dimensiones requeridas que demanda el diseño de la obra. Para el presente proyecto se ha estimado realizar la explotación de la cantera a tajo abierto debido a que las rocas se encuentran de forma superficial.

Se deben realizar diversas perforaciones de pozos verticales de 10, 15 Y 20 m de profundidad, en la parte superior de los macizos rocosos de la cantera, para los cuales se deben emplear compresoras, martillos neumáticos, barrenos hexagonales y explosivos; cabe recalcar que la profundidad de éstos pozos deben estar en función a la altura de los macizos rocosos a ser estallados.

La llegada hasta las profundidades mencionadas deben realizarse en forma escalonada, de la manera siguiente: se harán taladros en la roca (agujeros verticales) de 2 o 3 pies de profundidad (**Ver Figura 3.4**), dependiendo de la longitud del barreno, luego se procederá a la colocación de explosivos en el fondo de los taladros, previa limpieza, se apretará cartucho por cartucho con un atacador de madera, adicionando los fulminantes, guías explosivas, guías de seguridad, nitrato de amonio (anfo) en pequeñas cantidades y tierra cernida, para posteriormente detonarlos, abriendo agujeros más grandes para que una persona pueda operar con el martillo y así profundizarlo, enseguida se repetirá la misma operación anterior y así sucesivamente hasta lograr la profundidad requerida.

Figura 3.4: Colocación de explosivos en cantera.



Fuente: Taller de capacitación para administradores y trabajadores de cantera. Explosives and Blasting Services.

Así mismo se deberán efectuar perforaciones en el sentido longitudinal como una especie de túneles horizontales cortos de 4, 6 Y 8 metros de longitud en los talones de los macizos rocosos, debido a que para completar el corte hasta el pie de talud y así poder seguir avanzando hacia adentro, se tiene que volar los talones después de la voladura de los macizos rocosos.

Teniendo listos los pozos, se procederá a la colocación y cargado de explosivos en grandes cantidades en el fondo de los respectivos pozos. Para ello se utilizarán cartuchos de dinamita por paquetes, fulminantes, cordones detonadores, guías de seguridad, nitrato de amonio (anfo) por bolsas y tierra cernida, quedando así expedito de la detonación. La Cantidad de explosivos que se utilizarán en cada pozo para la voladura de los macizos rocosos, tiene que ser el adecuado para obtener los bloques de roca en volumen y peso, necesarios para la conformación del rocaplen. **(Ver Figura 3.5).**

Figura 3.5: Vista de voladura en roca.



*Fuente: Taller de capacitación para administradores y trabajadores de cantera.
Explosives and Blasting Services.*

Luego de la detonación, se procederá a extraer los bloques de roca con la ayuda de la maquinaria pesada, para posteriormente acumularlos en la cancha libre de la cantera y se procederá a hacer una clasificación de los agregados según los tamaños y pesos exigidos por el proyecto. (**Ver Figura 3.6**). Para las rocas de coraza y sub capa se empleará grúas de 35 y 60 Ton tipo pluma de celosía (izaje de la roca) y para el resto de las rocas se puede emplear el tractor de orugas (acarreo) y/o el cargador frontal.

Figura 3.6: Selección de material.



*Fuente: Taller de capacitación para administradores y trabajadores de cantera.
Explosives and Blasting Services.*

El paso siguiente es la cubicación de los bloques de roca, los cuales deben presentar formas irregulares, sanas, duras y sin exfoliaciones o daños estructurales, tal como lo indiquen las especificaciones técnicas; para posteriormente seleccionarlos en cancha, quedara así habilitado los diferentes tipos de roca que se emplearan en la obra.

Por último se procederá al carguío y transportes de las rocas a la obra de acuerdo a la Programación de trabajo, para ello se emplearan volquetes de 12 m³ y cargadores frontales.

MAQUINARIA – EQUIPO / HERRAMIENTAS

- Grúa de 35 y 60 Ton; para el izaje de rocas de coraza y coronación tanto en la selección como el carguío.
- Cargador frontal sobre llantas 125-155 HP (3 Yd³); utilizado para la selección y carguío de roca de base y coraza.

- Tractor de oruga 190-240 HP; limpieza de la cancha, acarreo y conformación de rellenos y accesos.
- Jaiva; izaje y carguío de material de filtro.
- Volquete de 12 m³, transporte del material seleccionado a la obra.
- Herramientas manuales; como: barretas, estrobos, cables acerados, etc.

B. MOVILIZACION DE ROCAS

Previa a la construcción de la obra, se ejecutara el replanteo de la obra donde se verificara el trazo de los ejes, los cuales debieron estar lo más cerca posible a los taludes, debido más que todo a que no se deben tener exceso de materiales durante la construcción; esta actividad es muy importante e indispensable por la constante variación que presentan las playas, así como los aumentos de daños (lo mínimo) que hay en algunas zonas de los taludes.

MAQUINARIA – EQUIPO / HERRAMIENTAS

- Grúa de 35 y 60 Ton; para el izaje de las rocas de coraza y coronación en el carguío.
- Cargador frontal sobre llantas 125-155 HP (3 Yd³); utilizado para la selección y carguío de roca de base y coraza.
- Jaiva; izaje y carguío de material de filtro.
- Volquete de 12 m³, transporte de material seleccionado a la obra.
- Herramientas manuales; como: estrobos, cables acerados, etc.

C. CIMENTACION

Esta primera fase comprende la construcción de la cimentación así como del núcleo de escollera.

Estos materiales serán cargados a partir de rampas en voladizo que cargaran el material a unas barcazas de gran capacidad que tienen la facilidad de poder descargar grandes volúmenes de material a la vez.

El filtro y roca de base, es construido por volteo directo y acomodado con la ayuda de barcazas. De acuerdo a las especificaciones técnicas sería válido colocarlos mezclados y simultáneamente, conservando la proporción en volumen

de cada uno de los materiales indicado por las dimensiones de las secciones típicas y respetando las inclinaciones y espesores del proyecto.

El avance de la colocación del filtro mas roca base no se debe adelantar más de 5 metros de la construcción de la coraza, para evitar pérdidas excesivas de material por la acción del oleaje y mareas.

Al culminar una jornada de labor por frente de trabajo, la construcción de la escollera debe quedar protegida 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.

MAQUINARIA – EQUIPO / HERRAMIENTAS

- Barcazas de 5,000 ton de capacidad.

Un ejemplo de esta embarcación es la barcaza Le Guerrier, que es un barco diseñado para el transporte y descarga de roca con bastante uso en la construcción de rompeolas. Esta embarcación fue usada por el Consorcio CDB Melchorita para la Construcción del Rompeolas Principal que permitirá disminuir el oleaje frente a las instalaciones de PERU LNG para mejorar las condiciones en el trasvase de gas. Se muestra a continuación en la **Figura 3.7** una foto de la barcaza Le Guerrier.

A. MEDIO CUERPO DE ESCOLLERA

Esta segunda fase comprenderá la construcción desde el nivel de playa hasta el nivel + 3.00m. apriori se evacua todo material extraño o rocas sueltas de pequeñas dimensiones (restos de la escollera anterior), que interfieren con la operación.

Previo al inicio de la colocación de la roca de base mas filtro se debe verificar el talud y su conformación de acuerdo a lo especificado. La colocación de la mezcla será con autorización de la supervisión, pero respetando las proporciones en volumen de acuerdo al diseño y especificaciones del Proyecto, logrando en consecuencia una base mas solida para la coraza. Este trabajo se realizará por volteo en sentido hacia la coronación. Se verificara en todo momento el talud indicado en las secciones típicas y su posición de entrabe natural. Idénticamente a la primera fase el avance de la construcción de la coraza será siguiendo el avance de la capa de roca de base mas filtro en una

distancia no mayor de 5 metros para protegerla del oleaje. Las unidades de coraza serán acomodadas en el talud usando la grúa de 35 y 60 Ton y estrobos para el izaje. En ningún momento serán colocadas por caída libre directamente del camión.

Figura 3.7: Barcaza Le Guerrier descargando en Melchorita



Fuente: Revista Consorcio CDB Melchorita – Edición 22

Terminada una jornada diaria o ante cualquier paralización temporal la estructura quedara protegida con rocas de coraza al extremo de la misma. De esta manera se evita que el material de menor tamaño sea arrastrado por el mar.

MAQUINARIA – EQUIPO / HERRAMIENTAS

- Grúa de 35 y 60 Ton; para el izaje de rocas de coraza y coronación.
- Cargador frontal sobre llantas 125-155 HP (3 Yd³); utilizado para el carguío de roca de base y coraza.
- Jaiva; izaje y carguío de material de filtro.
- Herramientas manuales; como: estrobos, cables acerados, etc.

B. CORONACION Y RELLENO

Comprende la construcción de la coronación, generalmente termina con dos rocas en posición de entrabe natural.

Paralelamente a la construcción, se rectifican los taludes o plataformas que hayan sufrido asentamientos o pérdida de rocas. La labor de izaje y acomodo de las unidades de la coronación se realiza con la grúa de 60 Ton. **(Ver Figura 3.8).**

La construcción de una escollera marginal 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.

MAQUINARIA – EQUIPO / HERRAMIENTAS

- Grúa de 35 y 60 Ton; para el izaje de rocas de coraza y coronación.
- Jaiva; para colocar el material de filtro en buena mezcla con la roca de base.
- Tractor de grúa 190-240 HP; para el acomodo del material mezclado de filtro y roca de base, así como la conformación del talud.

Figura 3.8: Colocación de roca en coronación utilizando grúas.



Fuente: Taller de capacitación para administradores y trabajadores de cantera. Explosives and Blasting Services.

CAPITULO IV: EXPEDIENTE TÉCNICO

4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1.1. PARAMETROS DE DISEÑO DE UN ROMPEOLAS

Para poder realizar diseños de rompeolas de rocaplen llevados a defensa costera o ribereña, es indispensable contar con información sobre las características oceanográficas regionales, así como las características del oleaje local y su forma de incidencia sobre la playa y la estructura rocosa a construir, las cuales dependen de la configuración de la bahía, de la batimetría y del material de la playa; dándose a continuación la relación de parámetros básicos a ser usados:

A. PARAMETROS BASICOS HIDRODINAMICOS

Dentro de la hidrodinámica del oleaje local, tenemos como parámetros básicos hidrodinámicos a la dirección, características, el tipo, la frecuencia, la rompiente, la refracción, y la difracción del oleaje, así como el Run Up o subida de la ola. A continuación definiremos a los más importantes de los parámetros antes mencionados:

- **Características del Oleaje**

Las olas del mar varían en altura, periodo y longitud de forma continua, de manera que las olas nunca son iguales entre sí. Para poder trabajar en forma analítica con las olas fue necesario definir ciertos parámetros descriptivos que pudieran ser medidos por los observadores, las cuales son:

Altura de ola (H), es la diferencia de altura entre el valle o depresión de una ola y la siguiente cresta, que pasa respectivamente por un mismo sitio.

Longitud de la ola (L), es la distancia entre dos crestas o dos depresiones sucesivas. Conociendo el periodo de las olas, se puede calcular la longitud para aguas profundas con las formulas existentes ($L_0 = 1.56 * T^2$), "L₀" en metros, y "T" en segundos.

Periodo de ola (T), es la diferencia de tiempo en el que dos crestas o dos depresiones sucesivas, pasan por un mismo sitio. La unidad de tiempo que se usa para el periodo, es el segundo.

- **Tipos de Oleaje**

Para los fines de Ingeniería de Costas, las olas que más interesan para el diseño de rompeolas en la costa peruana son las denominadas Olas Swell, aunque las Olas Sea se deben tener en cuenta en las zonas donde los vientos locales se presenten.

- **Dirección del Oleaje**

Antes de comenzar a medir las olas se debe recolectar la información existente de la orientación de las olas y luego evaluar y definir la utilidad de esta. Si no se cuenta con datos de campo, la Sailing Directions For South America proporciona información precisa sobre la dirección del oleaje en aguas profundas, para así poder construir los planos de refracción del oleaje en una zona de interés.

- **Medición de Olas**

La medición de olas más recomendable en nuestro medio se realiza por medio de una boya flotante, de tipo acelerómetro (ológrafo). El acelerómetro colocado dentro de la boya anclada (Wade Rider) registra la aceleración vertical de las olas, la transforma en una señal con frecuencia modulada que transmite mediante un circuito electrónico. El receptor reproduce el oleaje y transforma la señal en movimiento mediante una doble integración, moviendo una pluma que reproduce las olas en un papel, el cual es movido a una velocidad constante.

- **Frecuencia de Olas**

Para el diseño de obras portuarias y defensas costeras se requiere conocer la probabilidad de ocurrencia de las alturas y periodos de las olas. Cuando la función de la obra es la protección contra el oleaje, como es el caso de los rompeolas de roca, la ola de diseño deberá tener un valor extremo para evitar daños excesivos durante la vida útil de la obra en consideración. La vida útil de estas obras, generalmente se consideran entre 25 y 50 años ya que en la práctica nunca se cuenta con registros en tanto tiempo, es necesario extrapolar la información existente a frecuencias de ocurrencias muy pequeñas.

- **Refracción de Olas**

Es el fenómeno que se manifiesta por el cambio en la dirección de propagación de las olas, que puede ser causado, entre otros por variaciones en la batimetría, por las corrientes marinas o por cualquier fenómeno que haga que una parte de una ola avance más rápida o más lenta que la otra.

- **Difracción de Olas**

Es un fenómeno típico de ondas. En nuestro caso se manifiesta por la transferencia lateral de energía a lo largo de las líneas de cresta de las olas, cuando se interrumpe el avance del oleaje mediante una barrera, tal como es un rompeolas. Esta transferencia de energía da lugar a la propagación de olas dentro de la zona protegida, delimitada por una línea geométrica de sombra y de rompeolas.

- **Run Up o Subida de Ola**

Es la máxima elevación vertical (R_u) medida con respecto al nivel de aguas tranquilas (N.A.T.), de la lengua de agua que se alza sobre el talud de una estructura. Este fenómeno de olas, se origina por la transferencia de momento, cuando estas inciden sobre la pendiente de una estructura, tal como un rompeolas de rocaplen. La determinación del Run Up es necesaria para calcular una adecuada elevación de la cresta de un rompeolas de rocaplen, si se quiere prevenir el sobrepaso de agua o para evaluar la magnitud de este.

- **Rompiente del Oleaje**

Es el proceso de disipación de la energía de la ola. Las olas disipan su energía cuando la velocidad de las partículas de la cresta, excede la velocidad de propagación de la ola misma. Este proceso se origina por un fenómeno de frenado, en la parte inferior de la ola, por fricción contra el fondo, esto es al acercarse a la playa; por ende la ola pierde equilibrio y acaba desplomándose, dando lugar al clásico aspecto de rompientes.

B. OTROS PARAMETROS BASICOS DE DISEÑO

Dentro de estos parámetros se debe considerar los datos siguientes, tales como: Niveles de marea, Topográficos, Batimétricos, Geotécnicos, Meteorológicos y Transporte de Sedimentos de la zona de estudio, así como las características de los parámetros hidrodinámicos mencionados anteriormente, por ende necesarios para un óptimo diseño de rocaplenes. A continuación detallaremos cada uno de estos parámetros:

- **Niveles de mareas en la zona**

Las predicciones de estas mareas son obtenidas de las Tablas de Mareas publicadas por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú con respecto al Puerto del Eten. Estos datos se basan en los registros de mareas de la estación mareográfica de Eten - Chiclayo, y que está establecido en el litoral de la costa, indicando altura y hora de los pleamares y bajamares para todos los días del año, y están referidas al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (N.M.B.S.O.). En la siguiente figura se muestra los valores tomados para el siguiente trabajo:

- **Topografía de la zona**

Sirve no solo para determinar las características del relieve de la zona de estudio, especificando el grado de dificultad que se pueden presentar durante la ejecución de la obra, sino también para la obtención de los niveles de marea. No siempre las cotas de los levantamientos topográficos están referidas al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (N.M.B.S.O.)

- **Batimetría de la zona**

Los datos batimétricos se realizarán en la zona mediante el sondaje, ya sea en la forma de un cable con lastre o por ecosonda, a bordo de una embarcación. Por lo tanto las mediciones están referidas al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (N.M.B.S.O.).

- **Características Geotécnicas**

Determina las características físicas y mecánicas del suelo que componen el lecho marino, en el área donde estará ubicado el rompeolas de rocaplen, y de esta forma conocer su capacidad portante, cohesión, consolidación y la distribución del tamaño del grano, necesarios para un diseño seguro. Estos estudios antes mencionados son sumamente importantes para prevenir fallas en los filtros y deslizamientos en la base, especialmente cuando se trate con suelos arenosos, o en proceso de formación.

- **Meteorología de la zona**

El estudio de vientos es importante, tanto en la generación de las olas Sea o Swell como que también sirve para el pronóstico del oleaje en caso de que no se cuente con registros de olas.

- **Materiales de construcción**

La roca es el material principal en la construcción de rocaplenes ya que este empieza en las canteras, por lo tanto se tendrá que analizar su disponibilidad, la factibilidad económica, la densidad, la solidez y la capacidad de fragmentación.

4.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL ROMPEOLAS.

Se muestran a continuación las principales características del rompeolas que se colocará en el muelle de Eten.

CARACTERÍSTICAS Y UBICACIÓN

El rompeolas está situado en la zona de aproximación del oleaje hacia el muelle de Eten de manera que servirá como abrigo.

El rompeolas tiene una dimensión longitudinal medida sobre la corona de 1,245.61 m. definida por dos puntos extremos A y B. Las coordenadas de los extremos del rompeolas se muestran a continuación:

Cuadro 4.1 Coordenadas de puntos extremos de rompeolas.

Descripción	Coord. Geográficas				Coord. UTM	
	Lat. Sur	6°	57'	16.34"	E=	
PUNTO A	Long. Oeste	79°	53'	4.46"	N=	9,231,131.461
	Lat. Sur	6°	57'	36.27"	E=	624,218.045
PUNTO B	Long. Oeste	79°	52'	31.88"	N=	9,230,516.982

Fuente: Elaboración Propia.

La ubicación del mismo del rompeolas de manera precisa se detalla en el **Plano A-2**. El nivel superior al que se construirá el rompeolas es de 3.5 m. sobre el nivel medio de aguas y la profundidad aproximada sobre la que se cimenta el rompeolas es en promedio de 14 m. por lo que se podría decir que la altura final del rompeolas será de 17.5 m.

COMPOSICIÓN

El rompeolas consta de 3 capas de material con diferentes granulometrías, los cuales se detallan a continuación:

1ERA CAPA:

Se usarán rocas con un peso promedio de 3 toneladas. El rango a considerar es de entre 2.5 – 3.5 Ton. Esta capa tiene un espesor de 2.50 m.

2DA CAPA:

El peso de las rocas de esta capa estará definido por $W/10 = 300$ Kg.

El rango a considerarse para esta capa esta de entre 200 a 400 Kg. Esta capa tiene un espesor de 1.20 m.

NUCLEO:

El peso de las rocas de esta capa estará definido por $W/200 - W/4000$, es decir de entre 0.75 – 15 Kg.

4.1.3. ESTUDIO DE ROCAS.

Es un término amplio, las rocas son agregados de minerales. Para el ingeniero, el término roca significa firme y coherente.

A. TIPOS Y CARACTERISTICAS

Con relación a su origen las rocas se agrupan en 3 grandes tipos: en ígneas, sedimentarias y metamórficas, como el cual detallaremos a continuación:

- **ROCAS IGNEAS:**

A las rocas ígneas comúnmente se les llama rocas primarias. Son rocas que se han solidificado de una masa fundida llamada magma, dentro de la tierra (rocas intrusivas), o de lava cuando han sido expulsadas sobre la superficie de la tierra (rocas extrusivas). Entre las rocas ígneas más comunes tenemos al basalto, granito, diorita y la andesita; las cuales presentan características como: mayor durabilidad y tenacidad bajo el efecto del desgaste, son pesadas debido a que tiene un peso específico de 2.5 a 3.0, porosidad baja menor al 1%, y por último son fuertes y densas, dado que se obtienen resistencias a la compresión de 1,055 a 2,110 Kg/cm² o más.

- **ROCAS SEDIMENTARIAS:**

Las rocas sedimentarias, también conocidas como rocas estratificadas, son de origen secundario. Están formadas por masas en forma de capas de sedimento que han endurecido por cementación, compactación o recristalización incipiente. Entre las rocas sedimentarias más conocidas, tenemos a la arenisca, caliza, etc.; las cuales presentan las características típicas como: son moderadamente durables y tenaces cuando se someten a fuerzas de desgaste, son ligeras debido a que tienen pesos específicos por debajo de los otros tipos de rocas, su porosidad varía del 1 al 15%, y por último tiene una dureza y resistencia intermedias, con valores a la compresión de 175 a 1,055 Kg/cm².

- **ROCAS METAMORFICAS:**

Las rocas metamórficas son las que se forman de rocas ígneas o sedimentarias pre-existentes, como resultado de un ajuste forzoso de estas rocas, a medios

diferentes de aquellos en que originalmente se formaron. Este ajuste puede consistir en la formación, dentro de la roca, de nuevas estructuras, texturas, o minerales, o de todos ellos. Entre las rocas metamórficas más importantes tenemos a la cuarcita, mármol, etc.; las cuales presentan las siguientes características como: mayor durabilidad, pero se exfolian con facilidad, son regularmente tenaces dado que se fracturan cuando se desgastan, son pesadas debido a que tienen un peso específico promedio de 2.3 a 2.8, porosidad baja menor al 1%, y por último son densas y fuertes ya que tienen resistencias a la compresión de 1,055 a 1,760 lb/pulg².

Por consiguiente, el tipo de roca que mejor resulta y presenta mínima variación, excluyendo los efectos de la fracturación, con respecto a sus propiedades físicas como son el peso, porosidad, resistencia y dureza, etc., han sido las rocas ígneas, entre ellas se encuentran la diorita, andesita y la granodiorita; las cuales tienen bastante significación en el campo de la ingeniería portuaria. Por ende este tipo de roca debe ser utilizado en la construcción de rocaplenes, previos ensayos que se le tendrá que realizar a la roca según sea la exigencia que demanda la envergadura de la obra.

NORMAS Y ENSAYOS

Los ensayos de laboratorio que definen la calidad de la roca, son:

- **ENSAYO DE ABRASION (ASTM – C131)**

Se realiza en la máquina de Los Ángeles, se determina el porcentaje de desgaste de la muestra representativa de la roca en estudio. No deberá ser mayor al 25%.

- **ENSAYO DE DURABILIDAD (ASTM – C88)**

Se utiliza el sulfato de sodio, para determinar las características de inalterabilidad de las rocas. Los resultados deben estar por debajo del 12%.

- **PESO UNITARIO (ASTM – D854)**

Es necesario este resultado para ver su calidad (peso por unidad de volumen) y no debe ser menor a 2,600 Kg/m³ para ser utilizado en escolleras.

4.1.4. EXPLOTACION DE CANTERAS

Como es bien conocido el objetivo de las operaciones de perforación y voladura es la fragmentación del macizo rocoso que actúa como medio por acción de la energía producida por la detonación de una mezcla explosiva cualquiera.

Es por lo dicho anteriormente, que los resultados de los disparos primarios tienen que ser evaluados en términos de un alto porcentaje del grado de fragmentación requerido, ya que esto permitirá, elevar la producción, productividad, cumplir con la demanda requerida y minimizar el costo.

4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4.2.1. OBRAS PRELIMINARES

A. MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO

La especificación de movilización y desmovilización comprende el transporte hasta el sitio de los equipos de construcción, maquinaria pesada, herramientas y repuestos necesarios para la ejecución de los trabajos del Proyecto desde el lugar de procedencia y su retorno una vez concluidos los trabajos, incluyendo la limpieza y arreglo final. La instalación y desmantelamiento de instalaciones provisionales también forma parte de esa especificación.

FORMA, MEDICION Y PAGO.- El pago de esta partida es global (Glb), cuyo precio global se encuentra definido en el presupuesto. El supervisor velará por que ella se ejecute correctamente.

B. CASETAS DE GUARDIANIA Y ALMACEN

EL CONTRATISTA bajo su responsabilidad, establecerá en la zona de trabajos una Caseta de Guardianía y Control con servicios higiénicos (3/4 de baño), con un área de 6.00 m², dejando al final de la obra la zona ocupada completamente limpia.

La ubicación elegida debe ser tal que no interfiera con las actividades propias de la ejecución de obras.

Deberá asegurarse el abastecimiento continuo de agua a los servicios.

FORMA, MEDICION Y PAGO.- El pago de esta partida es por Metro Cuadrado (m²), cuyo precio se encuentra definido en el presupuesto. El Supervisor velara por que ella se ejecute correctamente.

C. TRAZO Y REPLANTEO

Consiste en materializar con precisión sobre el terreno, los ejes de la construcción, las dimensiones y niveles de algunos de sus elementos así como definir sus linderos y establecer marcas y señales fijas de referencia, algunas con carácter permanente y otras, auxiliares, con carácter temporal.

Los equipos topográficos a usar se ceñirán a las tolerancias y requerimientos establecidos en el proyecto.

FORMA, MEDICION Y PAGO.- El pago de esta partida es por Mes (mes), cuyo precio se encuentra definido en el presupuesto. El Supervisor velara por que ella se ejecute correctamente.

D. LIMPIEZA DURANTE LA OBRA

Todo el desmonte producido durante la realización de las obras deberá ser retirado fuera de la zona portuaria y depositada en lugares autorizados.

En ningún caso se arrojaran escombros al mar. Todo escombros que por cualquier motivo se deposite en el fondo marino deberá ser extraído y retirado.

FORMA, MEDICION Y PAGO.- El pago de esta partida es por Mes (mes), cuyo precio se encuentra definido en el presupuesto. El supervisor velara porque ella se ejecute correctamente.

E. SUMINISTRO DE ROCA PARA ESCOLLERA

F. COLOCACION DE ROCA DE 3 TON

G. COLOCACION DE ROCA DE 0.75 A 15 KG (NUCLEO DE ESCOLLERA)

El material a ser utilizado deberá ser aprobado por la Supervisión y será obtenido de la cantera seleccionada, transportada a la obra en volquetes y vaciado en el sitio para el núcleo y la capa intermedia o secundaria de ser el caso. La primera etapa de la coraza será colocada por volteo y la segunda (o tercera, según sea el caso) será colocada con grúa. Todas las capas tendrán los taludes finales indicados en los planos.

La roca explotada deberá ser transportada y colocada en el enrocado, la roca de peso mayor a la especificada podrá ser empleada adecuándola al peso especificado.

En el enrocado, toda la roca de relleno, así como los bloques de mayor dimensión a ser usados tiene que proceder de canteras debidamente aprobadas, de calidad aprobada por el Supervisor, limpia, sanar, durable, libre de cualquier otro material blando o descompuesto y no debe presentar rajadura o fisuras causadas por las anteriores voladuras realizadas en la cantera o por el proceso inicial de descomposición. Se podrá emplear la roca que actualmente se encuentra suelta en la base de la cantera siempre y cuando cumpla con las especificaciones. Las diferentes capas del enrocado deberán ser colocadas y distribuidas según los planos del proyecto. El contratista seleccionara en cantera el material explotado según las gradaciones correspondientes, las que deberán ser aprobadas por el Supervisor antes de iniciar el carguío. El material de núcleo, capa intermedia y los bloques de roca para el revestimiento o coraza, deberán colocarse de acuerdo con los perfiles, taludes y elevaciones, indicados en los planos de construcción. Los diversos grados de roca deben colocarse en secuencia tal que se reduzca al mínimo la posibilidad de daño por la acción de las olas en el frente de avance de la obra, las rocas de la segunda capa de coraza (o de la tercera, de ser el caso) deben ser colocadas con grúa siguiendo al vaciado de la primera, hasta el nivel de trabajo.

El perfil longitudinal, secciones transversales, taludes y elevaciones están indicados en los planos del proyecto. Sin embargo, antes de iniciar las obras, el contratista en presencia del supervisor efectuara un levantamiento batimétrico del área donde se construirá el enrocado, para definir el perfil del fondo.

Las cantidades que se consigna en los metrados, son las magnitudes que se estima necesarias para la obra, según los planos del proyecto, pero no han de tomarse como cantidades definitivas para la obra que ha de ejecutar el

contratista, pues los metrados definitivos serán obtenidos con el plano batimétrico especificado en el párrafo anterior.

El control del nivel, ancho y taludes del enrocado, lo realizara el contratista cada 5 metros en toda la longitud del enrocado, conforme avanza la obra y los avances serán presentados ante el ingeniero supervisor, lo que será graficado en los planos de obra, previamente a cada valorización y a la liquidación final de obra.

FORMA, MEDICION Y PAGO.- El pago de las partidas involucradas será por Metro Cubico (m³), de roca suministrada o colocada, cuyo precio se encuentra definido en el presupuesto. El supervisor velara por que ella se ejecute correctamente.

4.3. PRESUPUESTO DE OBRA

Se ha considerado como inicio de operaciones el 02/01/2012 y como fecha fin el 15/11/2012 tomando un tiempo de 229 días. El cronograma completo se muestra en el **Anexo A1**.

4.4. ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Estos se muestran en el **Anexo A2**.

4.5. CRONOGRAMA DE OBRAS

Estos se muestran en el **Anexo A3**.

4.6. PLANOS DE DETALLE

Se muestra en los Anexos, los siguientes planos:

A-1: Plano de Refracción de aguas profundas del muelle de Eten.

A-2: Plano de Refracción de aguas poco profundas del muelle de Eten.

A-3: Difracción de Olas en el Rompeolas.

A-4: Sección Transversal de Rompeolas.

4.7. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

EVALUACION DE IMPACTOS

Para la evaluación de los impactos ambientales se empleo la MATRIZ DE LEOPOLD, la cual consiste en seleccionar y relacionar las acciones que se generan en el proyecto de construcción y acción de las estructuras, con los factores o parámetros ambientales de su entorno.

CRITERIOS DE EVALUACION

Para elaborar la matriz, se seleccionaron dieciséis (16) factores ambientales y siete (7) acciones que comprende la ejecución del proyecto.

Los factores ambientales van en el eje "X" y las acciones de la actividad en el eje "Y".

- **FACTORES AMBIENTALES Y ANTROPOGENICOS (EJE "X")**

FACTORES AMBIENTALES

IMPACTO FISIOGRAFICOS

1. Topografía
2. Batimetría
3. Paisaje

IMPACTO OCEANOGRAFICO

4. Corrientes
5. Temperatura
6. Calidad del agua

IMPACTO SBRE LA FLORA MARINA

7. Plancton
8. Macroalgas

IMPACTO SOBRE LA FAUNA MARINA

9. Peces
10. Bentos

FACTORES ANTROPOGENICOS

IMPACTO SOBRE LA POBLACION

11. Pescadores
12. Generación de empleo

IMPACTO CULTURAL

13. Aceptación social
14. Uso creativo

IMPACTO SOBRE LA SALUD

15. Saneamiento
16. Enfermedades

• ACCIONES DE LA ACTIVIDAD (EJE “Y”)

1. Ubicación de la estructura
2. Construcción de la infraestructura
3. Acción de la estructura
4. Diseño de la obra
5. Procesos de erosión y sedimentación
6. Mantenimiento de la estructura
7. Sistemas de corrientes locales

PARAMETROS DE EVALUACION

En la Matriz de Leopold se evalúa la interacción de las acciones de la actividad con los factores ambientales. Esta evaluación se realiza en términos de su Magnitud e Importancia. La magnitud de los impactos tuvo una escala cuyo rango fue de -5 a +5, tomándose de -1 a -5 como impactos negativos en donde -5 es el impacto más perjudicial, y los valores +1 a +5 como impactos positivos donde +5 es un impacto beneficio. El 0 nos indica que no existirá ningún impacto.

La importancia de los impactos también se evaluaron y tuvieron un rango del 1 al 10, donde el 10 representa la mayor importancia y el 1 la menor.

Una vez realizado la interacción y determinado los impactos, se procedió de la siguiente manera: primero se sumo en forma horizontal solo la importancia de las acciones para establecer cuales acciones son las más resaltantes.

Segundo se sumo en forma vertical la importancia y la magnitud para poder determinar primero los impactos y luego caracterizados o especificados.

DETERMINACION DE LOS PUNTOS CRITICOS EN LA CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA

UBICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

La zona elegida para la construcción de las estructuras es la zona marina ubicada en el muelle de Eten, distrito de Eten, Ciudad de Chiclayo y Departamento de Lambayeque.

El área marina solicitada, batimetría y diseño de las estructuras se observan en los planos que se adjuntan al final del presente estudio.

CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA

Comprende el conjunto de acciones que se deberán realizar para la construcción de la estructura, desde la adquisición del material de relleno hasta la compactación y nivelación de la plataforma

El rompeolas de la estructura se construye generalmente con enrocamiento protegido con rocas de gran tamaño o elementos artificiales de concreto. Están formados por dos partes: un cuerpo o tronco y el cabezo. El cuerpo se inicia desde el arranque en la playa o costa hasta un poco antes del final de la estructura; el cabezo lo constituye la zona final y es la parte más expuesta al oleaje, en el se colocaran los elementos más pesados y sus secciones transversales deben ser simétricas colocando los mismo elementos tanto del lado exterior como del interior (igual peso).

El puente por su parte está conformado por pilotes de concreto armado cada 5 m, sobre los cuales se apoya una viga de apoyo para la losa, este puente es de 50 m. de longitud y nos permite el acceso al espigón final.

ACCION DE LA ESTRUCTURA

Es la base de mayor duración en el tiempo y el que puede causar los mayores impactos a largo plazo.

Las obras que se proyectan realizar no deben significar la generación de impactos negativos al ambiente, los responsables del proyecto deberán adoptar todas las medidas necesarias para prevenir, evitar o mitigar la posible contaminación del mar y playa que pueden producirse.

MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Periódicamente la estructura debe ser inspeccionada para evaluar posibles erosiones o sedimentaciones, verificar la estructura de los rompeolas y de cualquier cambio que se pueda estar produciendo con respecto al diseño inicial.

IMPACTOS PREVISIBLES

IMPACTO SOBRE LA TOPOGRAFIA Y BATIMETRIA

La construcción de la estructura propuesta modifica la dinámica natural del área debido a que el mar siempre tiende a establecer un equilibrio en la línea de costa del litoral, existiendo un delicado balance entre la acumulación y la erosión marina. Este balance puede ser perturbado por la construcción del rompeolas, al interferir en los procesos costeros, rompiendo el equilibrio.

Por lo tanto, las obras deben de estar cuidadosamente diseñadas para evitar que la dinámica del mar modifique las zonas que más interesa proteger. Este caso es especialmente importante si estas estructuras se ubican en un área potencial de deposición o sobre la deriva que alimenta estas playas.

La morfología de la línea de costa, que está dada principalmente por el continuo choque de las olas, causantes fundamentales de los procesos de erosión y sedimentación, se verán afectadas y su grado dependerá de la dinámica de la zona.

IMPACTO SOBRE LA DINAMICA MARINA

En el área de estudio, se ha observado que el oleaje es de poca energía. El oleaje de mayor incidencia que procede del sur no entra en la bahía y la del suroeste se refracta y difracta considerablemente, por lo que la incidencia del oleaje es principalmente del oeste. Sin embargo, cuando los periodos son diferentes, por ejemplo en el caso de un oleaje irregular (braveza del mar) la

potencia de la ola se puede incrementar hasta 100 y 200% y en algunos casos a más de 200% cuando se trata de una braveza muy fuerte.

Las olas observadas en el área de estudio son de poca altura y por lo tanto de poca energía, adicionalmente a esto el fondo está conformado principalmente por mantos rocosos, por lo que la poca capacidad de remover el fondo y adicionalmente no haberse detectado áreas de arena, limita la capacidad de transporte potencial de sedimentos. Sin embargo, es necesario utilizar formulas empíricas para calcular el transporte potencial de sedimentos, y si este es alto, habría que efectuar mediciones en sitio.

Por otro lado, el oleaje al acercarse a la costa, y especialmente la zona de rompiente, forma un ángulo con la orientación de la línea de costa que origina la formación de una corriente litoral, causante principalmente del transporte de sedimentos. Adicionalmente, no se ha observado por las cercanías una fuente de ingresos de sedimentos, como puede ser la desembocadura de un río.

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. Es posible también, que el arenamiento que pueda ocurrir fuera y dentro del área del proyecto, y que ocasione un cronograma de dragado, dependerá principalmente de la orientación y diseño de la obra.

Es importante tomar en cuenta que para diseños de este tipo de estructuras marinas el estudio del oleaje, así como el de las mareas es imprescindible. En tal sentido, se recomienda el cálculo de altura de las olas de una serie larga (un año), utilizando una altura significativa ($H_{1/3}$) para el cálculo de energía y potencia de las olas y la altura un decimo ($H_{1/10}$) o la altura máxima (H_{max}), dependiente de la estadística utilizada, para el cálculo de altura del rompeolas. Adicionalmente, se debe calcular el Run Up o altura de máxima inundación, como también considerar la marea más alta observada o en su defecto la pleamar máxima superior.

IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

El estado original del agua de mar puede ser alterado a través de dos mecanismos:

- Confinación de una determinada área de flotación por la geometría de las obras.

- Aportación de determinados componentes al agua a través de los procesos de construcción de una obra marina.

Esta alteración puede dar lugar a dos tipos de contaminación:

- Contaminación del cuerpo acuático por componentes químicos, biológicos y materias en suspensión.
- Contaminación de la superficie por grasas, aceites y cuerpos flotantes.

La contaminación bacteriológica, tanto del cuerpo de agua como de los fondos, puede ser causada por:

- Productos de relleno durante las obras (rompeolas, marinas, etc.).
- Turbulencia, grasas y aceites que inhiben la autodepuración.
- Remoción de fondos.

Todas estas causas pueden ser eliminadas o paliadas mediante los correspondientes métodos preventivos o los correctivos casados en la eliminación.

La contaminación biológica del cuerpo de agua tiene su traducción más señalada en el fenómeno de eutrofización o proceso de fertilización excesiva del ecosistema acuático, que produce un crecimiento desmesurado de las formas de vida vegetal, flotantes y suspendidas, cuyo estado trófico depende de la cantidad de nutrientes que pueda contener el agua.

En aguas costeras confinadas, en que se hallan presentes volúmenes de residuos con elevadas sustancias nutrientes o fitoestimulantes y con buena temperatura e iluminación puede darse fenómenos parciales de eutrofización, que pueden producir efectos tales como:

- Aparición de colonias de algas suspendidas en el medio acuático (desfavorable).
- Aumento de la turbulencia del agua (desfavorable).
- Aumento de la biomasa piscícola (favorable).

Las medidas más apropiadas para evitar la contaminación del agua son casi siempre las de supresión de vertidos y escorrentías superficiales.

La contaminación superficial por grasas, aceites y cuerpos flotantes es consecuencia de vertidos, de los motores de las embarcaciones y de las escorrentías, ocasiona inhibición del proceso de fotosíntesis y turbiedad del agua. La medida adecuada es evitar estos vertidos y el aislamiento y retiro de

grasas y aceites mediante aparatos especiales de recogida que produce la depresión de la lámina de agua superficial.

IMPACTO SOBRE LA FLORA Y FAUNA

La flora y fauna de la zona podrá verse afectada negativamente a corto plazo por la construcción de las estructuras, bien en sus hábitats (especies bentónicas fijas), bien en la calidad de su entorno (suspensión de finos en el agua, ruidos terrestres para las aves).

A largo plazo, la flora y fauna podrá ser afectada positivamente por la infraestructura, bien por la creación de nuevos hábitats, bien por cambios en los nichos respectivos (aportación de nutrientes o materia orgánica en zonas oligotróficas).

IMPACTO ESTETICO

La construcción de la estructura propuesta, considerado en su conjunto, significa la inserción en el retorno litoral de una serie de elementos estructurales y de unas determinadas actividades que tienen repercusión sobre la estética, el paisaje y los usos existentes en la zona. En relación con la inserción estructural, desde el punto de vista estético, no existen condicionamientos generales para causar el menor impacto posible, ya que ello depende en gran manera de las características del entorno. En nuestro caso, el espigón y el puente no provocaran un desequilibrio en lo estético, por el contrario esta infraestructura marina favorecerá la creación de una zona marina abrigada en beneficio de los ciudadanos de la playa de Eten, además de crear una zona turística debido a la disposición de la estructura propuesta.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL

El desarrollo de una obra marina puede pasar casi desapercibido, en lo que a sus efectos sobre el medio natural y la actividad humana de su entorno se refiere, o en el extremo contrario, ser causante de fuertes desequilibrios en el ecosistema o generar pérdidas de valor. Todo depende del número y tipo de acciones que comprenda y de la calidad y cantidad de factores ambientales que pueden quedar afectados.

Para evitar o mitigar los impactos negativos que la construcción y acción de los rompeolas puedan generar, los responsables del proyecto implementarán las siguientes medidas de mitigación:

MÉDIDAS DE MITIGACION

MEDIDAS PARA CONSERVAR LA CALIDAD DEL AGUA

En el entorno de una obra marina, la calidad del agua puede verse alterada por causas variadas. La mayoría de las medidas adoptables para la conservación de los estándares de calidad pueden catalogarse como medidas de moderación y se refieren a normas o prácticas preventivas en el proyecto de las obras y en las actividades propias de la explotación de la obra.

Entre las medidas de prevención y corrección que deberá adoptar los titulares de la obra, se mencionan:

- a) Evitar el vertido de líquidos residuales que puedan provocar la contaminación de las aguas o producir el fenómeno de eutrofización.
- b) Orientar el diseño de la obra de tal manera que favorezca la renovación natural de las aguas, evitando en lo posible la formación de zonas de aguas muertas o de estancamiento.
- c) Racionalizar los vertidos de productos residuales de obra o explotación al medio hídrico.
- d) Disposición de sistemas de emergencia para el aislamiento y limpieza de materias contaminantes generadas en episodios accidentales.

MEDIDAS PARA EL CUIDADO DE LAS CONDICIONES BIOLÓGICAS

La prevención o corrección de los efectos sobre las formas biológicas derivadas de la implantación de una obra marina revisten muchos caracteres comunes entre sí, para la fauna y flora marina, fauna y flora terrestre y fauna aérea.

Los rellenos suelen ser ricos en bacterias y materia orgánica que, por sedimentación, se depositaran en el fondo, pudiéndose llegar a una situación anóxica por putrefacción, o a una elevación de sustancias nutrientes.

Los efectos en la flora y fauna marina, las medidas correctoras han de basarse en la repoblación de todo aquello que se elimine. Se deberá realizar un

seguimiento (vigilancia y control) para determinar probables cambios en la biocenosis.

MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Las actividades que involucran la construcción y acción de los rompeolas y el puente durante el tiempo no deberán producir la contaminación de las aguas, playas y aire. La contaminación superficial por grasas, aceites y cuerpos flotantes como consecuencia de vertidos deberá ser evitado.

Se deberán adoptar todas las medidas necesarias para evitar la contaminación por residuales líquidos, sólidos o gases. Los desechos sólidos deberán ser recolectados en forma adecuada y enviadas al relleno sanitario. Los residuos líquidos (domésticos) que puedan generarse deberán decidir el tratamiento adecuado.

MEDIDAS COMPLEMENTARIAS DE MITIGACION

PROGRAMA DE MONITOREO PERMANENTE

Los titulares de la obra establecerán un Programa de Monitoreo de los principales parámetros físicos, químicos y biológicos de la zona marina del proyecto, que permitirá verificar si las actividades están afectando el medio marino y si los límites de los parámetros físicos y químicos están siendo excedidos, de tal manera de tomar las acciones correctivas en forma oportuna.

Periodicidad del Monitoreo: **Bimensual**

CAPITULO V: PLAN DE ABANDONO

5.1. ASPECTOS GENERALES

El cierre y abandono es el conjunto de actividades que deberán ejecutarse para devolver a su estado inicial las zonas intervenidas por una determinada construcción y/o instalación.

El proyecto también considerar ejecutar las acciones necesarias para cerrar las operaciones sin objetar el hecho de ejecutar mejoras al presente plan, de acuerdo a las tecnologías existentes en la época en que se produzca el cierre.

5.2. OBJETIVOS

El objetivo de este procedimiento es entregar las pautas y requisitos ambientales mínimos que se debe cumplir para el Abandono del proyecto portuario, la Restauración Ambiental y la preparación de los procedimientos necesarios para vigilar y controlar el cumplimiento de estas disposiciones.

Los principales objetivos es lograr que al culminar su vida útil, el lugar ocupado por el proyecto:

- Signifique un riesgo mínimo a la salud y seguridad humana.
- Signifique un mínimo o nulo impacto al ambiente.
- Cumpla con todas las leyes y reglamentos aplicables, es decir, que sea consistente con todos los códigos, guías y prácticas recomendadas, así como con los requerimientos de uso del terreno de las autoridades municipales y/o gubernamentales.
- No represente una responsabilidad inaceptable para presentes o futuros propietarios del terreno.
- Sea estéticamente aceptable y no signifique deterioros al paisaje.

5.3. DESARROLLO DEL PLAN

Definitivamente que la construcción de un rompeolas no involucra cambios significativos de las condiciones iniciales marítimas de un puerto en la etapa final del proyecto portuario; lo que sí se podría ver afectado es en la etapa de la misma construcción del rompeolas, por lo que se distinguirán 2 etapas principales:

5.3.1. Plan de Abandono Fase de Construcción

El alcance del plan en esta fase comprende principalmente el retiro de todas las instalaciones utilizadas para la construcción del proyecto, así como los residuos generados (plásticos, maderas, entre otros).

El proceso de abandono al concluir la construcción es bastante simple, dada la escasez de dependencias incluidas y que principalmente contendrán instalaciones temporales para el uso de los contratistas. Los componentes del abandono en esta etapa comprenden:

- El área de almacenamiento de equipos, materiales, insumos.
- El retiro de los baños portátiles.
- Equipos y maquinarias pesada utilizada en la obra.
- Personal de obra
- Residuos sólidos.
- Perfilado de pendientes utilizadas como cantera de rocas para construcción de rompeolas.
- Restauración de caminos y accesos construidos a fin de favorecer el transporte de material desde canteras de agregados para la implementación del proyecto.

Luego de cada una de las labores específicas del abandono se retirarán los materiales obtenidos, de tal forma que en la superficie resultante no queden restos remanentes como materiales de construcción y maquinarias.

5.3.2. Plan de Abandono Fase de fin de operaciones

Trabajos de cierre:

Una vez tomada la decisión del cierre definitivo del puerto, se deberán considerar las tareas necesarias para poder restaurar y mantener las condiciones iniciales de la zona involucrada por el proyecto.

En este caso, debido a que el proyecto en mención se trata de un rompeolas, si bien es cierto se ha alterado las condiciones naturales del fondo marino, no es necesario la eliminación de las masas rocosas establecidas en el lugar debido a que no alteran en mayor grado las condiciones naturales principales tales como: flora, fauna, condiciones climatológicas y meteorológicas, etc.

Es por ello, que se dejarán las rocas y materiales constituyentes del rompeolas.

CONCLUSIONES

- Se ha empleado la distribución del oleaje en aguas profundas medido en Salaverry debido a que no se encuentra información disponible de la zona. Se considera que el oleaje en aguas profundas es el mismo en toda la costa peruana debido a que tiene la misma fuente de generación. Con la distribución de olas disponibles en agua profundas frente a la zona del proyecto, se ha llevado el oleaje de aguas profundas hacia la zona del proyecto (Muelle de Eten).
- El diseño de las diferentes estructuras confortantes del proyecto se ha realizado siguiendo las normas del CERC (Coastal Engineering Research Center) y las normas ambientales contenidas en el TUPAM (Texto Único de Procedimientos Administrativos de la Marina de Guerra del Perú).
- El diseño del rompeolas se realizó sobre una zona con una profundidad de 14 m. y la cresta se encuentra 3.5 m. por encima del nivel medio del mar, la longitud del mismo es de 1,245.61 m.
- El sistema de protección adoptado consiste en un rompeolas de enrocado con un ancho de la cresta de 3.0 m. y taludes de 1:1.5 en la zona protegida y 1:2 en la zona frente al mar. El enrocado está conformado por dos capas, la primera capa o coraza de roca de 3 toneladas y espesor de 2.5 m. y la segunda capa de roca de 300 Kg y 1.20 m. de espesor. La parte interna o núcleo estará conformada por agregados de peso entre 0.75 – 15 Kg.
- El presupuesto necesario para llevar a cabo el proyecto asciende a 238'540,486.18 nuevos soles.

RECOMENDACIONES

- En toda obra para defensa se debe siempre prever durante la etapa constructiva, la colocación de una cama de roca grande en el lecho marino, sobre todo al pie de los taludes que están expuestos al embate de las olas, para que de esta manera se vaya asentando en forma gradual y que posteriormente el cuerpo de la estructura rocosa no sufra un asentamiento total, de lo contrario se produciría el volteo de dicha estructura por efecto de la acción erosiva de las olas en talud, debido al impacto de la ola y su resaca.
- Lo que se requiere dentro de la Ingeniería de Costas es de tener un estudio Hidro Oceanográfico definitivo y confiable, el cual deber ser realizado con profesionales y técnicos especialistas en Mediciones Hidrográficas y Oceanográficas, con el fin de establecer los parámetros óptimos a ser desarrollado en el diseño para que así no existan obras portuarias y de Defensa sobre o sub dimensionadas.
- Para mejorar la información disponible e las condiciones naturales es recomendable efectuar un levantamiento topográfico y batimétrico con mayor detalle de la zona del proyecto y efectuar mediciones del oleaje a fin de establecer nuevos parámetros de altura y periodo de las olas en la zona del proyecto.
- Para el proyecto de ejecución de obra se recomienda desarrollar a nivel definitivo el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- Luego de concluidos los trabajos siempre es necesario un monitoreo periódico de las características físicas, químicas y biológicas de la zona marina comprendida por el proyecto y de la estructura de los rompeolas. El monitoreo puede ser mensual con el fin de poder terminar la existencia de cambios en el medio acuático.
- La capa principal debe contar con como mínimo 2 elementos rocosos para una mayor protección.
- Terminada una jornada diaria o ante cualquier paralización temporal se deberá asegurar que el núcleo de escollera quede protegida con rocas de coraza al extremo de la misma. De esta manera se evita que el material de menor tamaño sea arrastrado por el mar.

BIBLIOGRAFIA

- Del Villar Martínez, Enrique Copeiro - García Campos, Miguel Ángel. DIQUES DE ESCOLLERA - 1era Edición. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España, 2008.
- Fuentes Ortiz, Cesar - INGENIERIA PORTUARIA – 1era Edición. Lima, Perú 2001.
- Herrejón de la Torre, Luis - López Gutiérrez, Héctor - Macdonel Martínez, Guillermo - Pindter Vega, Julio - Pizá Ortiz, Juan – INGENIERÍA MARÍTIMA Y PORTUARIA - 1era Edición - Editorial Alfa Omega. México DF, México 1999.
- Montoya Rodríguez, José Miguel - INGENIERIA DE COSTAS – 1era Edición. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. México DF, México - 1998.
- Negro Valdecantos, Vicente - Varela Carnero, Ovidio - DISEÑO DE DIQUES ROMPEOLAS - 1era Edición – Editorial Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Barcelona, España, 2002.

ANEXOS

A1: PRESUPUESTO DE OBRA

A2: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

A3: CRONOGRAMA DE OBRAS

A4: DISTRIBUCIÓN DE OLAS SIGNIFICANTES

A5: ALTURA DE LA OLA ROMPIENTE SEGÚN GODA

A6: PROFUNDIDAD EN LA ROMPIENTE SEGÚN GODA

A7: CÁLCULO DEL RUN UP PARA PENDIENTES LISAS Y DE ESCOLLERA
PERMEABLE

A8: REFRACCIÓN DE OLAS EN AGUAS PROFUNDAS

A9: REFRACCIÓN DE OLAS EN AGUAS POCO PROFUNDAS

A10: DIFRACCIÓN DE OLAS EN EL ROMPEOLAS

A11: SECCIÓN TRANSVERSAL DEL ROMPEOLAS

ANEXO A1:

PRESUPUESTO DE OBRA

Presupuesto

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				219,364.91
01.01	LIMPIEZA DURANTE LA OBRA	mes	7.00	1,243.60	8,705.20
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	200,000.00	200,000.00
01.03	TRAZO Y REPLANTEO	mes	7.00	964.13	6,748.91
01.04	CASETA DE GUARDIANA Y ALMACEN	m2	60.00	65.18	3,910.80
02	ESCOLLERA				238,321,121.27
02.01	SUMINISTRO DE ROCA PARA ESCOLLERA	m3	930,735.18	88.48	82,351,448.73
02.02	COLOCACION DE ROCA DE 3 TON (CAPA PRINCIPAL)	m3	267,487.87	168.99	45,202,775.15
02.03	COLOCACION DE ROCA DE 300 Kg (CAPA SECUNDARIA)	m3	108,117.58	167.71	18,132,399.34
02.04	COLOCACION DE ROCA DE 0.75 A 15 KG (NUCLEO DE ESCOLLERA)	m3	555,129.73	166.87	92,634,498.05
	COSTO DIRECTO				238,540,486.18

ANEXO A2:

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Análisis de precios unitarios

Presupuest	070200 DISEÑO DE ROMPEOLAS DEL MUELLE DE ETEN						Fecha presupuesto	20/01/2011
Subpresupuest	001 PRESUPUESTO							
Partida	01.01 LIMPIEZA DURANTE LA OBRA							
Rendimiento	mes/DI	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes				1,243.60
Código	Descripción Recur	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.		
	Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.3500	2.8000	11.51	32.23		
0147010004	PEON	hh	2.0000	16.0000	8.97	143.52		
						175.75		
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	175.75	8.79		
0348040036	CAMION VOLQUETE 14 m3	hm	0.2500	2.0000	529.53	1,059.06		
						1,067.85		
Partida	01.02 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS							
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb				200,000.00
Código	Descripción Recur	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.		
	Materiales							
0232970003	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO DESDE LIMA	vje		1.0000	200,000.00	200,000.00		
						200,000.00		
Partida	01.03 TRAZO Y REPLANTEO							
Rendimiento	mes/DI	MO. 0.5000	EQ. 0.5000	Costo unitario directo por : mes				964.13
Código	Descripción Recur	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.		
	Mano de Obra							
0147000032	TOPOGRAFO	hh	1.0000	16.0000	11.09	177.44		
0147010004	PEON	hh	1.0000	16.0000	8.97	143.52		
						320.96		
	Materiales							
0239900100	MATERIALES TOPOGRÁFICOS	glb		1.0000	350.00	350.00		
						350.00		
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	320.96	16.05		
0349880003	TEODOLITO	hm	1.0000	16.0000	9.62	153.92		
0349880016	NIVEL OPTICO	hm	1.0000	16.0000	7.70	123.20		
						293.17		
Partida	01.04 CASETA DE GUARDIANIA Y ALMACEN							
Rendimiento	m2/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m2				65.18
Código	Descripción Recur	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.		
	Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1333	11.51	1.53		
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	11.09	7.39		
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	9.17	6.11		
0147010004	PEON	hh	2.0000	1.3333	8.97	11.96		
						26.99		
	Materiales							
0202010022	CLAVOS C/C PROM	kg		0.1500	3.00	0.45		
0221000001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bls		0.3400	15.55	5.29		
0243110002	MADERA NACIONAL P/ENCOFRADOS	p2		4.7500	3.00	14.25		
0244030006	TRIPLAY LUPUNA DE 4' X 8' X 6 mm	pl		0.3500	27.00	9.45		
0252150117	PERFIL 4 ETERNIT ROJO 1.83X1.1X4mm	pza		0.3500	25.00	8.75		
						38.19		
Partida	02.01 SUMINISTRO DE ROCA PARA ESCOLLERA							
							Fecha	21/01/2011 07:29:21p.m.

Análisis de precios unitarios

Presupuest	070200 DISEÑO DE ROMPEOLAS DEL MUELLE DE ETEN					Fecha presupuest	20/01/2011
Subpresupuest	001 PRESUPUESTO						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000			Costo unitario directo por : m3	88.48
Código	Descripción Recur		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0032	11.51	0.04
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.1280	8.97	1.15
							1.19
	Materiales						
0205010036	ROCA SELECCIONADA PUESTO EN OBRA (segun esp. técnicas)		m3		1.0500	83.13	87.29
							87.29
Partida	02.02	COLOCACION DE ROCA DE 3 TON (CAPA PRINCIPAL)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000			Costo unitario directo por : m3	168.99
Código	Descripción Recur		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.1000	11.51	1.15
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.2000	11.09	2.22
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.1000	9.17	0.92
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.2000	8.97	1.79
							6.08
	Materiales						
0266700008	ESTROBO		m		0.0100	10.50	0.11
							0.11
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	6.08	0.30
0349610100	GRUA DE 35 TON		hm	5.0000	0.5000	260.00	130.00
0349610101	JAIVA TIPO ALMEJA		hm	5.0000	0.5000	65.00	32.50
							162.80
Partida	02.03	COLOCACION DE ROCA DE 300 Kg (CAPA SECUNDARIA)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000			Costo unitario directo por : m3	167.71
Código	Descripción Recur		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0800	11.51	0.92
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.1600	11.09	1.77
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0800	9.17	0.73
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.1600	8.97	1.44
							4.86
	Materiales						
0266700008	ESTROBO		m		0.0100	10.50	0.11
							0.11
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	4.86	0.24
0349610100	GRUA DE 35 TON		hm	6.2500	0.5000	260.00	130.00
0349610101	JAIVA TIPO ALMEJA		hm	6.2500	0.5000	65.00	32.50
							162.74
Partida	02.04	COLOCACION DE ROCA DE 0.75 A 15 KG (NUCLEO DE ESCOLLERA)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000			Costo unitario directo por : m3	166.87
Código	Descripción Recur		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0667	11.51	0.77
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.1333	11.09	1.48
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0667	9.17	0.61

Análisis de precios unitarios

Presupuest Subpresupuest	070200 DISEÑO DE ROMPEOLAS DEL MUELLE DE ETEN 001 PRESUPUESTO				Fecha presupuesto	20/01/2011
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.1333	8.97	1.20
						4.06
	Materiales					
0266700008	ESTROBO	m		0.0100	10.50	0.11
						0.11
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	4.06	0.20
0349610100	GRUA DE 35 TON	hm	7.5000	0.5000	260.00	130.00
0349610101	JAIVA TIPO ALMEJA	hm	7.5000	0.5000	65.00	32.50
						162.70

ANEXO A3:

CRONOGRAMA DE OBRAS

DISEÑO DE ROMPEOLAS DEL MUELLE DE ETEN -LAMBAYEQUE

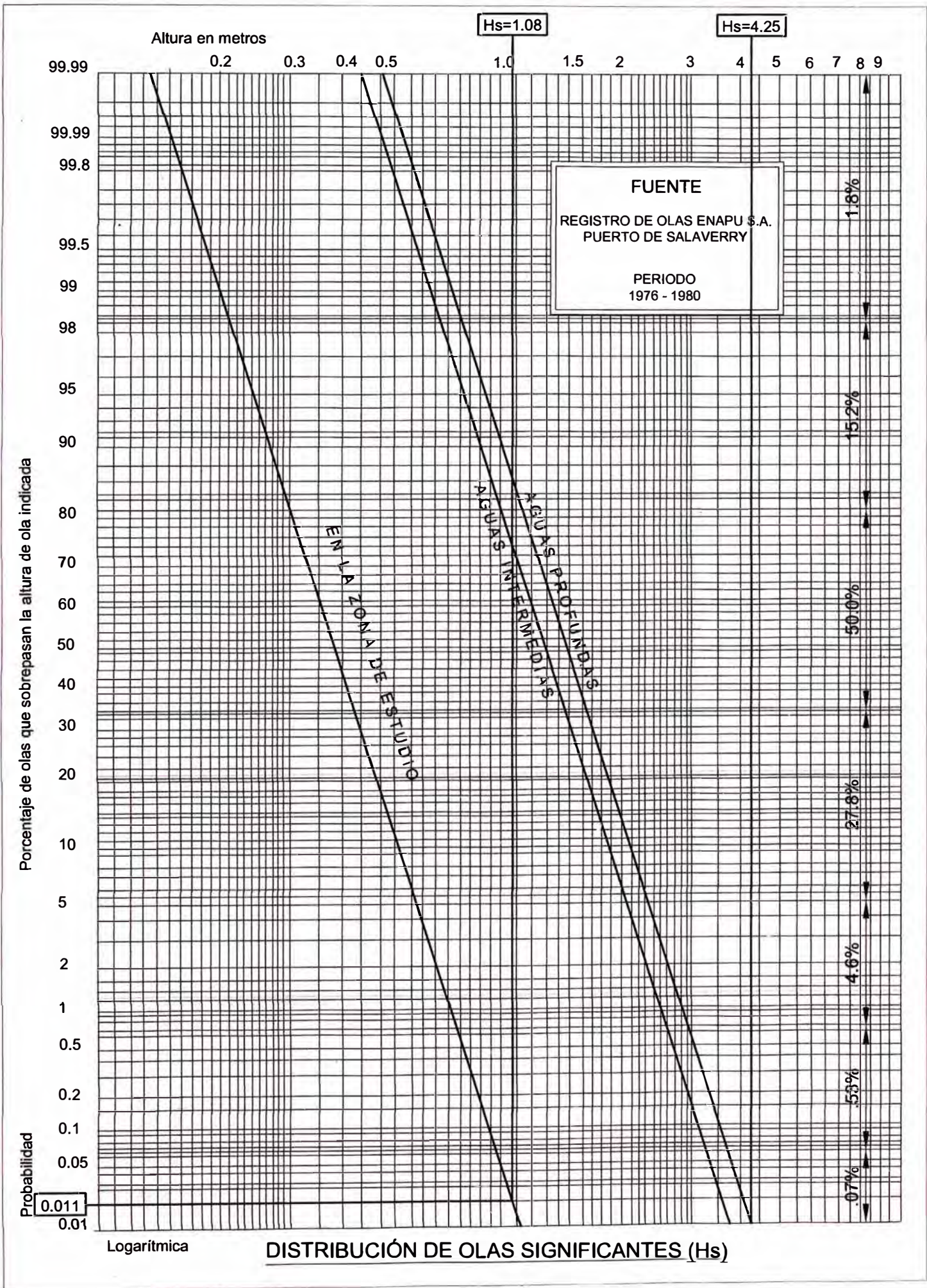
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	1er trimestre			2º trimestre			3er trimestre			4º trimestre					
					D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
1	DISEÑO DE ROMPEOLAS EN EL MUELLE DE ETEN	229 días	lun 02/01/12	jue 15/11/12															
2	Elaboración de Expediente	22 días	lun 02/01/12	mar 31/01/12															
3	Memorias Descriptivas	5 días	lun 02/01/12	vie 06/01/12															
4	Memoria de Cálculo	4 días	lun 09/01/12	jue 12/01/12															
5	Planos de Detalle	8 días	vie 13/01/12	mar 24/01/12															
6	Presupuesto detallado	5 días	mié 25/01/12	mar 31/01/12															
7	Selección de Contratistas	45 días	mié 01/02/12	mar 03/04/12															
8	Recepción de propuestas técnicas y económicas	10 días	mié 01/02/12	mar 14/02/12															
9	Evaluación y elección de contratista de obras	15 días	mié 15/02/12	mar 06/03/12															
10	Negociación con contratistas	10 días	mié 07/03/12	mar 20/03/12															
11	Firma de Contrato	10 días	mié 21/03/12	mar 03/04/12															
12	INICIO DE OBRAS	0 días	mar 03/04/12	mar 03/04/12															
13	Ejecución de Obras	162 días	mié 04/04/12	jue 15/11/12															
14	Traslado de equipos y maquinarias a obra	10 días	mié 04/04/12	mar 17/04/12															
15	Explotación de Cantera	80 días	mié 18/04/12	mar 07/08/12															
16	Colocación de explosivos	50 días	mié 18/04/12	mar 26/06/12															
17	Movimiento y Selección de agregados	60 días	mié 25/04/12	mar 17/07/12															
18	Transporte de material a zona de acopio	55 días	mié 23/05/12	mar 07/08/12															
19	Rompeolas de Escollera	102 días	mié 13/06/12	jue 01/11/12															
20	Transporte de enrocado a zona de rompeolas	60 días	mié 13/06/12	mar 04/09/12															
21	Colocación de roca de 0.75 a 15 Kg	60 días	vie 15/06/12	jue 06/09/12															
22	Colocación de roca de 3 Ton	40 días	vie 07/09/12	jue 01/11/12															
23	Plan de abanodono	10 días	vie 02/11/12	jue 15/11/12															
24	Afirmado de material excedente	10 días	vie 02/11/12	jue 15/11/12															
25	FIN DE OBRA	0 días	jue 15/11/12	jue 15/11/12															

Proyecto: Diseño de Rompeolas en el
Fecha: vie 11/02/11

Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
Tarea crítica		Tarea crítica resumida		Resumen del proyecto	
Progreso		Hito resumido		Agrupar por síntesis	
Hito		Progreso resumido		Fecha límite	
Resumen		División			

ANEXO A4:

DISTRIBUCIÓN DE OLAS SIGNIFICANTES

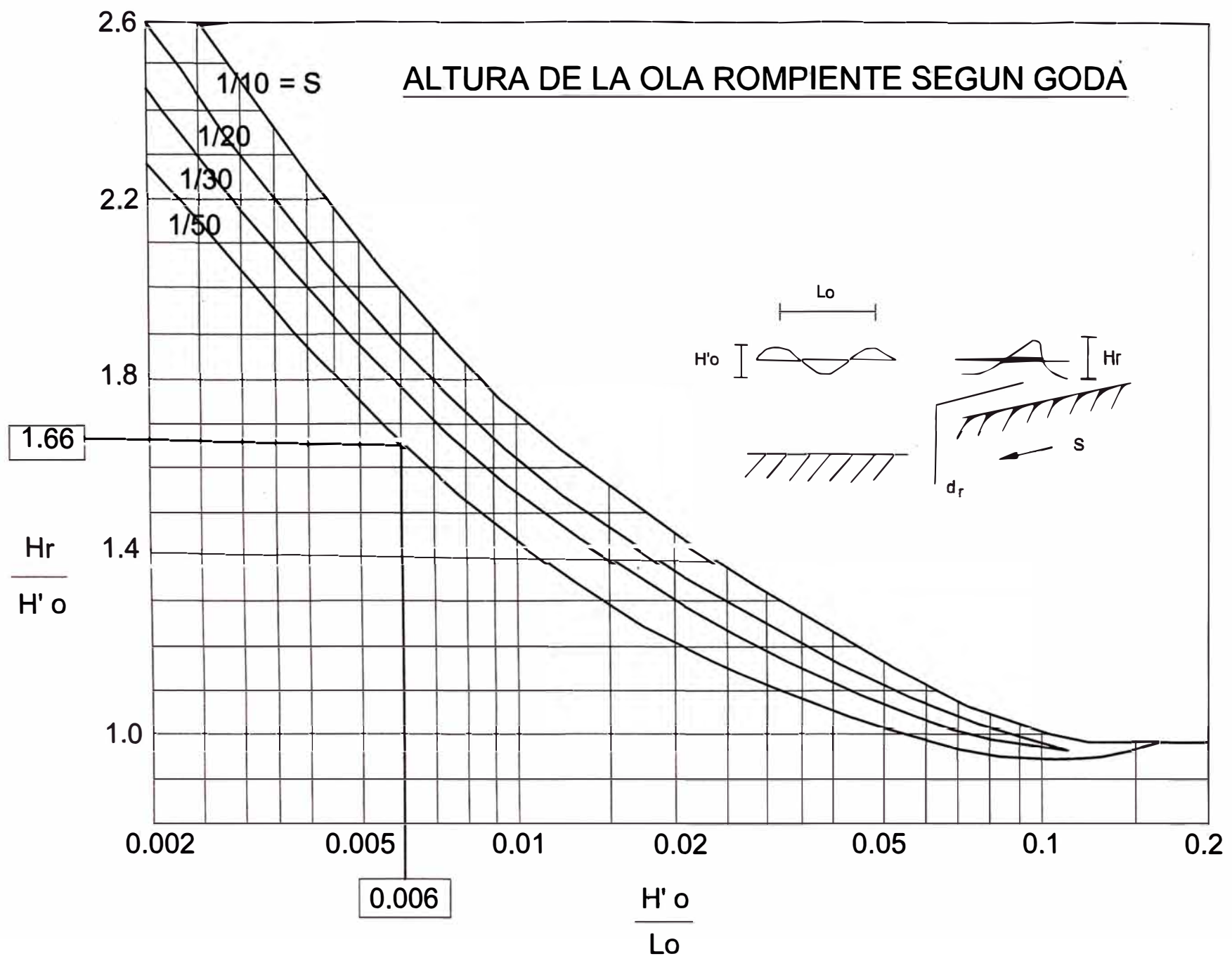


Fuente: Registro de Olas en Puerto Salaverry, ENAPU S.A.

ANEXO A5:

ALTURA DE LA OLA ROMPIENTE SEGÚN GODA

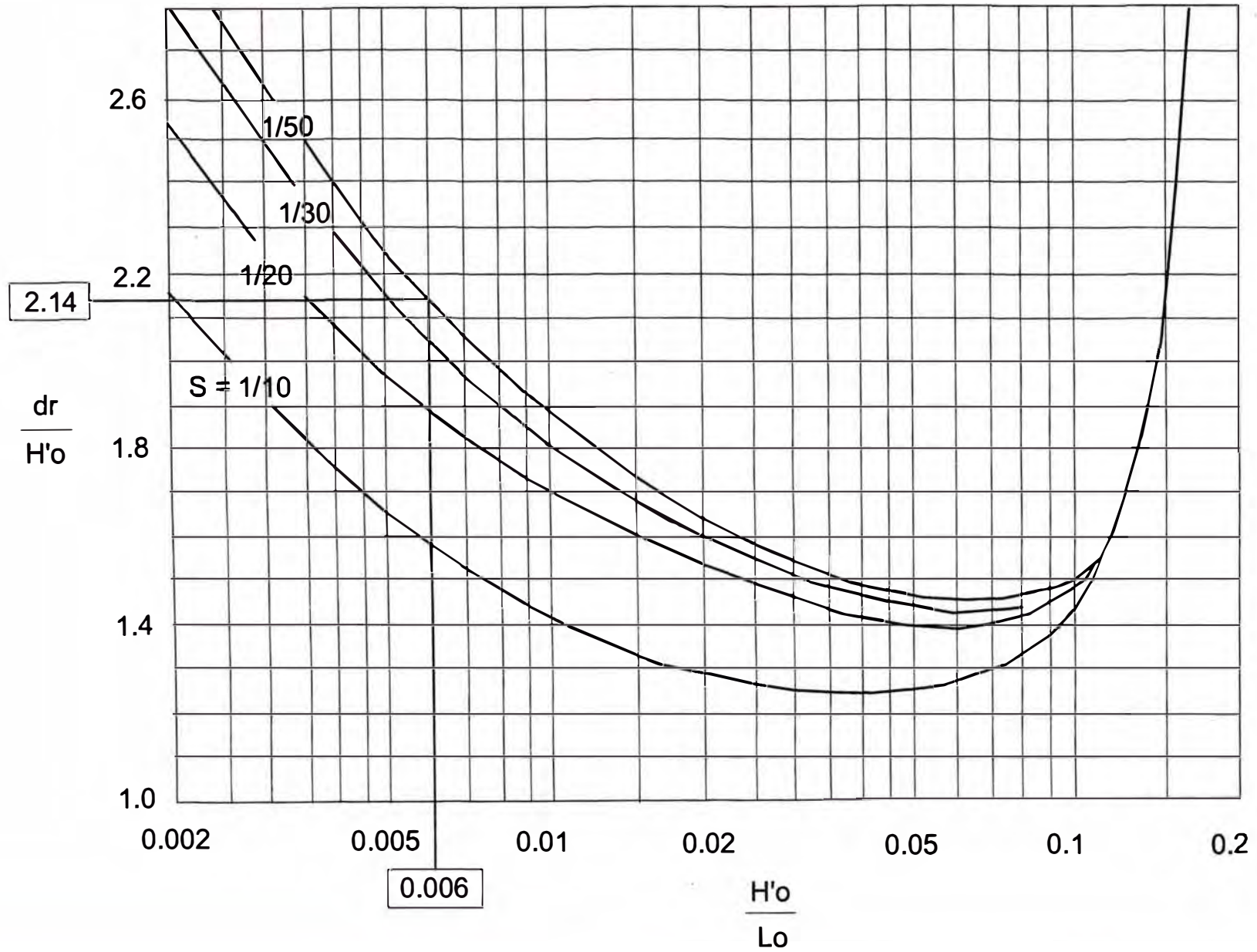
ALTURA DE LA OLA ROMPIENTE SEGUN GODA



ANEXO A6:

PROFUNDIDAD EN LA ROMPIENTE SEGÚN GODA

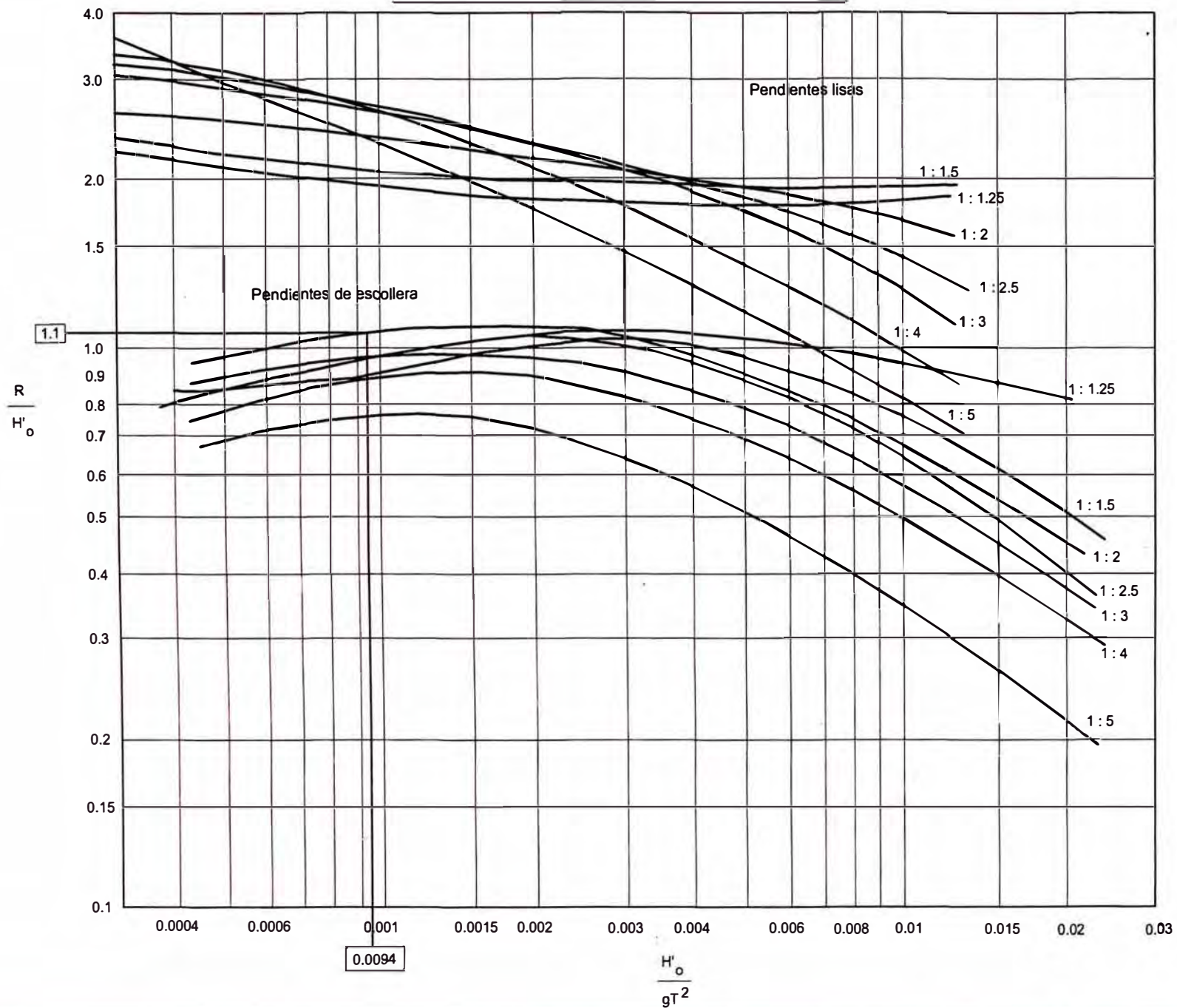
PROFUNDIDAD DE LA ROMPIENTE SEGUN GODA



ANEXO A7:

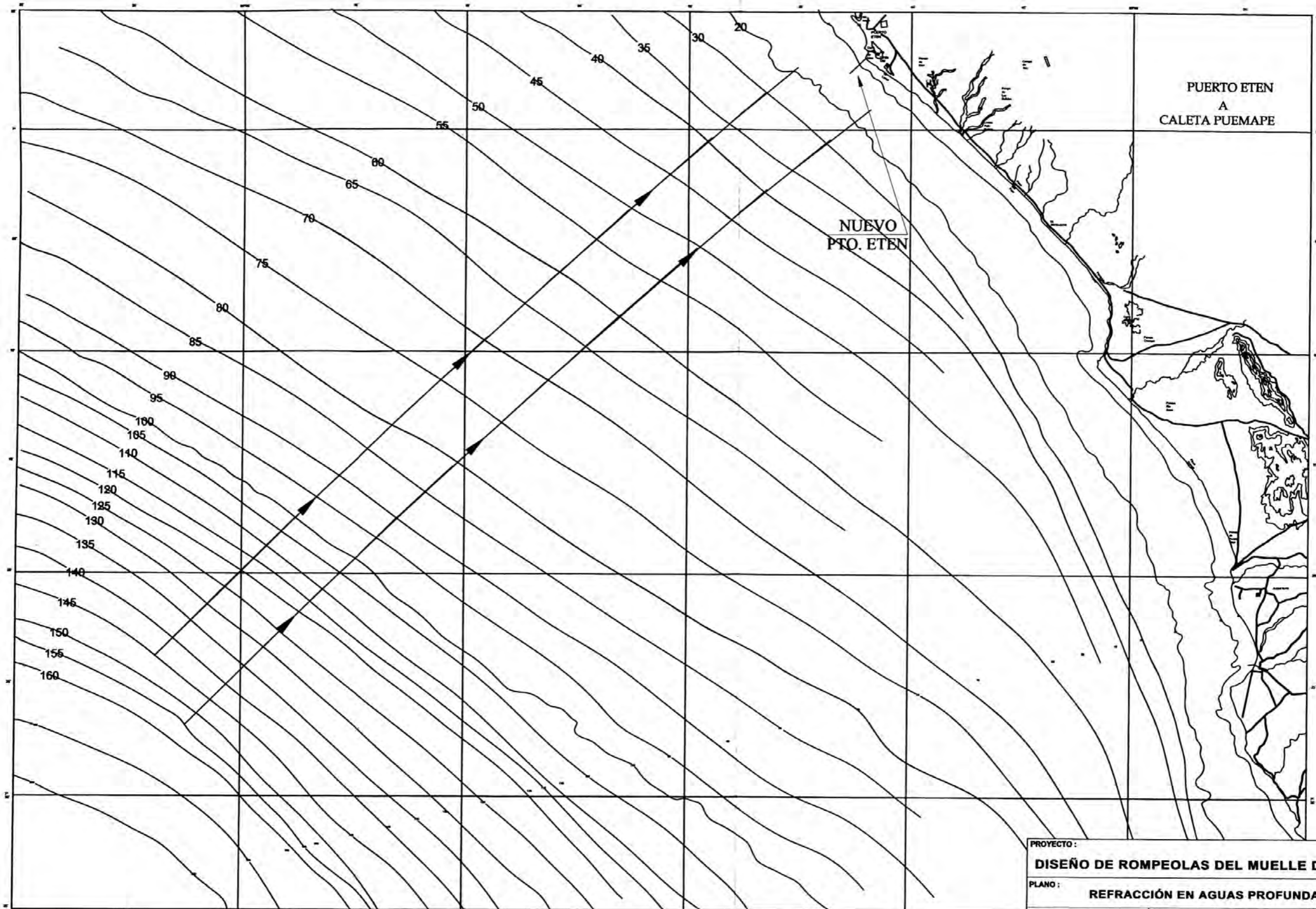
**CÁLCULO DEL RUN UP PARA PENDIENTES LISAS Y DE ESCOLLERA
PERMEABLE**

COMPARACIÓN DEL RUN UP PARA PENDIENTES LISAS Y DE ESCOLLERA PERMEABLE



ANEXO A8:

REFRACCIÓN DE OLAS EN AGUAS PROFUNDAS



PROYECTO :			
DISEÑO DE ROMPEOLAS DEL MUELLE DE ETEN			
PLANO :			
REFRACCIÓN EN AGUAS PROFUNDAS			
DISEÑO :	J. VELÁSQUEZ	PLANO N° :	UNI-TITULACIÓN-A01
FECHA :	FEB 2011	ARCHIVO :	
ESCALA :	1:300,000	D:UNI/TITULACIÓN/A01	

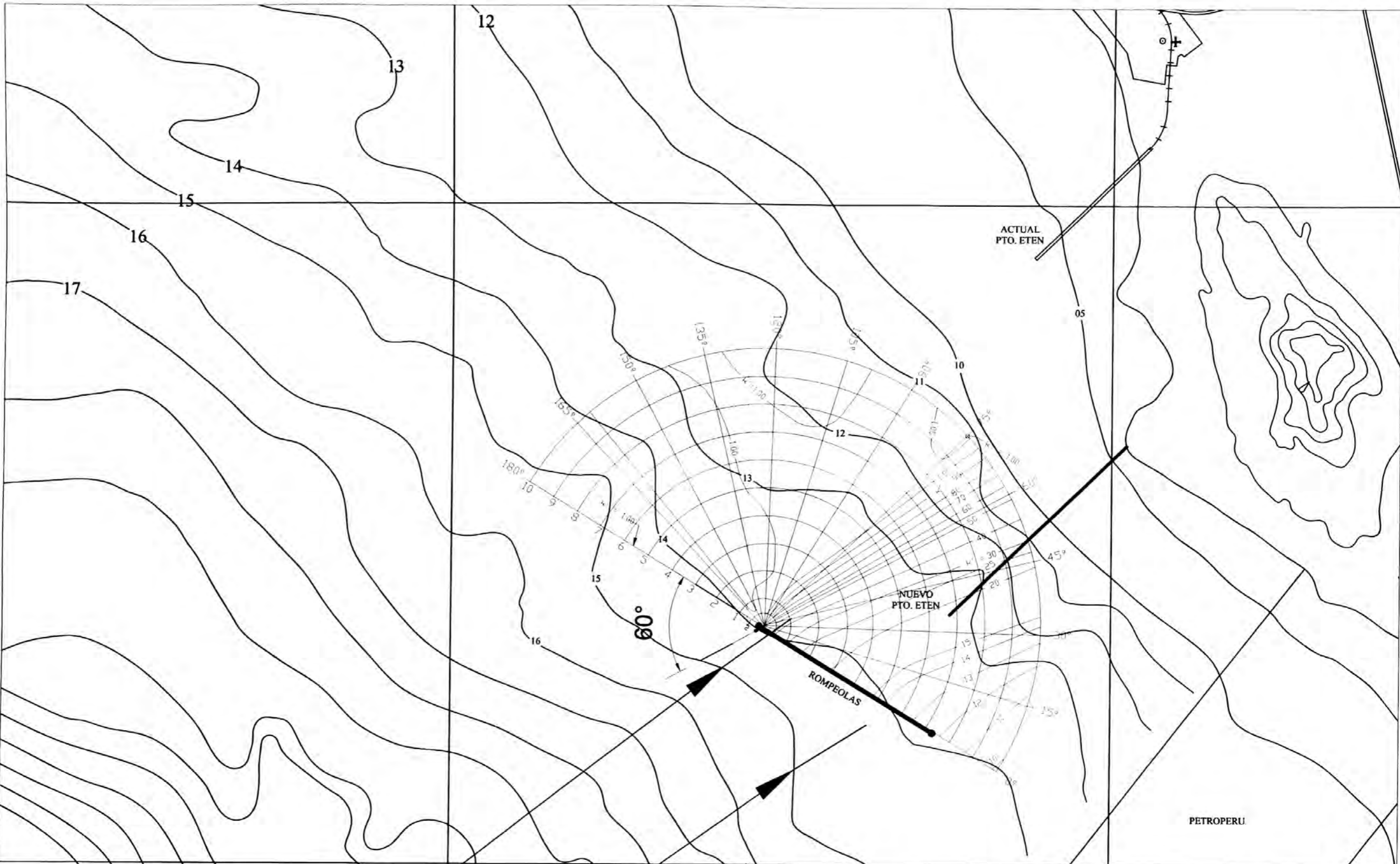
PLANO:
A-01

ANEXO A9:

REFRACCIÓN DE OLAS EN AGUAS POCO PROFUNDAS

ANEXO A10:

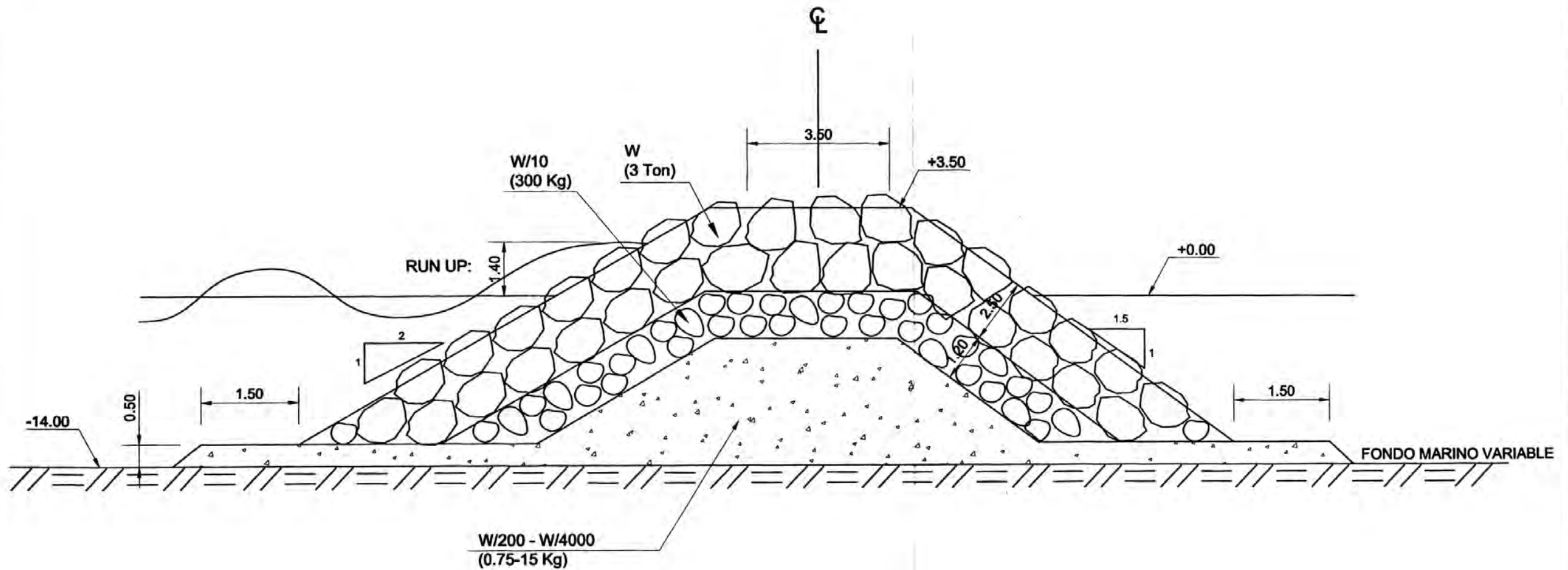
DIFRACCIÓN DE OLAS EN EL ROMPEOLAS



PROYECTO :			
DISEÑO DE ROMPEOLAS DEL MUELLE DE ETEN			
PLANO :			
DIFRACCIÓN DE OLAS EN ROMPEOLAS			
DISEÑO :	J. VELÁSQUEZ	PLANO N° :	UNI-TITULACIÓN-A02
FECHA :	FEB 2011	ARCHIVO :	
ESCALA :	1:20,000	D:UNI/TITULACIÓN/A02	A-03

ANEXO A11:

SECCIÓN TRANSVERSAL DEL ROMPEOLAS



SECCION TRANSVERSAL DE ROMPEOLAS

PROYECTO :		
DISEÑO DE ROMPEOLAS DEL MUELLE DE ETEN		
PLANO :		
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL ROMPEOLAS		
DISEÑO :	J. VELÁSQUEZ	PLANO N° :
FECHA :	FEB 2011	UNI-TITULACIÓN-A03
ESCALA :	1:100	ARCHIVO :
		D:UNITITULACIÓN-A03
		A-04