

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ESTUDIO PARA LA RECUPERACIÓN DE LA PLAYA 3  
DEL CLUB REGATAS POR MEDIO DE UN DIQUE  
SUMERGIDO”**



**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Presentado por: Bach. Verónica Nieves Hurtado Reátegui ; Bach. Luis  
Alexander García Cavero**

*LIMA – PERÚ*

**2013**

# AGRADECIMIENTOS

A Dios, por mostrarnos día a día que con humildad, paciencia y sabiduría, todo es posible; a él nuestro infinito agradecimiento quien nos da fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante los problemas presentados.

A nuestras familias, por el apoyo incondicional en los momentos más difíciles, por permitirnos alcanzar nuestras metas, otorgándonos las oportunidades para ser alguien en la vida.

Por último, se hace necesaria una mención muy especial al Ing. César González Linares, profesor de la Universidad Ricardo Palma, que con el mayor interés y cariño ha sabido encontrar tiempo entre sus múltiples ocupaciones presentándonos sugerencias muy oportunas en esta tesis.

## ÍNDICE

CAPITULO 1 : FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.1 Tematización.....	6
1.2 Problematización.....	10
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1.....	11
Objetivo General:.....	11
1.3.2.....	11
Objetivos específicos:.....	11
1.4 Justificación.....	11
1.5 Metodología.....	12
CAPITULO 2 : FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2.1 Geodesia.....	14
2.2 Batimetría.....	14
2.3 Olas.....	14
2.3.1.....	15
Tipo de olas.....	15
2.3.2.....	15
Componentes principales de una ola.....	15
2.4 Mareas.....	19
2.4.1.....	19
Niveles de referencia mareográficas.....	19
2.5 Dinámica del litoral.....	20
2.5.1 Transporte de sedimentos.....	21
2.5.2 Modelos de predicción del transporte de sedimentos.....	21
2.6 Diques exentos.....	22
2.6.1 Objetivos de los diques exentos.....	24
2.6.2.....	25
Tipos de diques exentos.....	25
CAPÍTULO 3 : CONDICIONES FISICAS DEL SITIO DEL PROYECTO.....	28
3.1 Introducción.....	28
3.2 Geodesia.....	28

3.3 Topografía.....	28
3.3.1 Control horizontal secundario .....	29
3.3.2 Levantamiento Topográfico .....	30
3.3.3 Levantamiento batimétrico .....	30
3.4 Condiciones Oceanográficas.....	32
3.4.1 Olas .....	32
3.4.2 Bravezadas de mar .....	43
3.4.3 Corrientes marinas .....	45
3.4.4 Transporte de sedimentos.....	47
3.4.5 Mareas .....	51
3.4.6 Vientos .....	53
CAPITULO 4 : ALTERNATIVA DE DISEÑO PARA LA PROTECCION COSTERA .....	56
4.1 Hidrodinámica en el entorno de un dique exento .....	56
4.2 Respuesta de la costa tras un dique o sistema de diques exentos .....	57
4.2.1 Factores condicionantes de la respuesta de la costa.....	61
4.3 Propuesta de diseño.....	63
4.3.1 Periodo de retorno .....	64
4.3.2 Peso de la estructura.....	65
4.3.3 Transmision del oleaje .....	68
4.3.4 Caracteristicas geometricas del dique exento .....	73
4.3.5 Socavación en la estructura prefabricada.....	75
4.3.6 Colocación de unidades prefabricadas .....	75
4.4 IMPACTO AMBIENTAL .....	76
4.4.1 MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA .....	77
4.4.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	77
CAPITULO 5 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1 Conclusiones .....	79
5.2 RECOMENDACIONES .....	83
Referencias.....	85
ANEXOS .....	88
Anexo 1. Planos .....	88

Anexo 2. Matriz Cromática – Impacto Ambiental.....	89
Anexo 3. Especificaciones Técnicas Productos .....	95
Anexo 4. Tabla de Wiegler.....	102

# CAPITULO 1 : FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1 Tematización

El sector de playas del Club Regatas Lima, viene desde hace años perdiendo progresivamente áreas en la línea de la costa, debido a la procesos erosivos presumiblemente porque la zona recibe el efecto de la difracción del oleaje de la dirección Sur (S) y Suroeste (SW) y, la erosión permanente de las playas en la zona por causas diversas tanto naturales como provocadas por la acción del hombre.

El tramo del estudio es la Playa N° 3. En donde el área reclamada por el sistema de geotubo existente (2011) ha sufrido un volteo inesperado, provocado por el oleaje incidente en eventos meteorológicos de magnitudes importantes, ocasionando la pérdida de la línea de orilla ganada.

A continuación se presentan fotografías tomadas en diferentes años, en las cuales se observan los cambios de la playa en mención:



Figura 0.1. Playa N° 3 antes del proceso erosivo (1).

Fuente: Club Regatas Lima



Figura 0.2. Playa N° 3 antes del proceso erosivo (2).

Fuente: Club Regatas Lima



Figura 0.3. Playa N° 3 antes del proceso erosivo (3).

Fuente: Club Regatas Lima



Figura 0.4. Playa N° 3 erosionada.  
Fuente: Club Regatas Lima.



Figura 0.5. Playa N° 3 tras la colocación del geotubo – 2011.  
Fuente: Club Regatas Lima

La regresión de la línea de costa es un fenómeno que se ha incrementado en los últimos años en gran parte del planeta, entre sus causas naturales, atribuibles, destacan:



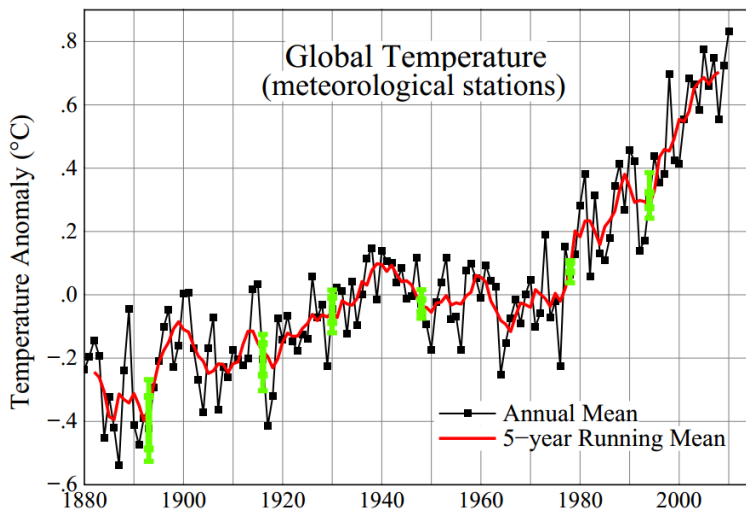


Figura 0.6. Anomalía de Temperatura Global (1880-2010).  
Fuente: Climate Institute, 2013

En la figura 1.6 se observa un aumento de aproximadamente 0.8°C por el incremento global de la temperatura, y que la mayor parte de este aumento ha sido en los últimos 30 años.

La humedad y la cantidad del vapor de agua ha aumentado un 4% desde 1970, ya que el aire más cálido puede almacenar más humedad que el aire frío. (Climate Institute, 2013)

Y, otros cambios meteorológicos atribuidos al calentamiento, que ocasiona una elevación del nivel medio del mar a un ritmo entre los 5 y 10 mm por año. (Vargas, 2009)

Adicionalmente, existen intervenciones antrópicas de consecuencias negativas, como la construcción del rompeolas principal del Puerto Salaverry.

Las playas morfológicamente están formadas por arenas del desgaste abrasivo de la carrera de las olas sobre las rocas y el arrastre de sedimentos litoral proveniente de diversas fuentes, entre ellas, las desembocaduras de ríos y el transporte eólico, que destacan como los aportes principales. Cualquier intervención que modifique esta dinámica natural de suministro de arena, provocará pérdidas de playas, inclusive en zonas alejadas a la ubicación de las actuaciones.

La Playa N° 3, de nuestro estudio se encuentra flanqueado por el lado derecho mirando hacia el mar, por un espigón diseñado como retenedor de arena de unos 200 m de longitud, el mismo que desde el año 1980 se ha venido prolongando de forma sucesiva sin que se haya producido el

arenamiento buscado desde entonces hasta la fecha; esto constituye un indicativo de una mala práctica de la ingeniería costera.

Tras el breve escenario descrito, el presente estudio se orienta a investigar las condiciones proporcionales del mar de la playa N°3 del Club Regatas, teniendo como objetivo principal, la adecuación de la playa y el crecimiento natural o artificial del arenamiento del Club Regatas.

Para poder facilitar el estudio en sí, se dividió el trabajo en diferentes partes, como son el problema general y los problemas secundarios, manteniendo como objetivo, observar e identificar el sistema hidromorfológico del área y el diseño de obras para el arenamiento del sector.

De acuerdo a los datos recogidos para el estudio se ha buscado una serie de definiciones de temas que tiene que ver con la investigación o que giran alrededor del tema general.

## 1.2 Problematización

El principal problema es la migración de arena de la Playa N° 3 del Club Regatas, ya que debido a la erosión permanente de las playas en la zona por causas diversas, tanto naturales como provocadas por la acción del hombre, esta se está perdiendo.



Figura 0.7. Área en estudio.  
Fuente: Google Earth, 2013

Para ello se debe analizar distintos problemas, y los factores o elementos que provocan erosión en la Playa N°3 del Club Regatas. Además, es necesario tener en cuenta las expectativas de los socios, siendo estas, aumentar la capacidad de las áreas recreacionales y de esparcimiento en el club. Todo ello determinará cuáles son las prácticas constructivas a realizarse en el club.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General:**

Identificar el sistema hidromorfológico del sector que contiene a la playa del Club Regatas.

Recomendar la solución al problema costero.

### **1.3.2 Objetivos específicos:**

Recopilación de información respecto al oleaje, corrientes, mareas y transporte de sedimentos, y sus efectos.

Estudio y planteamiento para la colocación de la(s) obra(s) definida(s) con la información y el análisis conceptual de la especialidad de ingeniería de costas.

## **1.4 Justificación**

Hoy en día, surgen una serie de soluciones y nuevos sistemas aplicativos, que muestran el mejoramiento de zonas costeras, que presumimos son factibles de trasladar y adaptar experiencias exitosas a nuestra costa que cuenta con sus propias características.

El método de utilizar elementos sumergidos prefabricados como elementos de ayuda para mejorar sistemas de playas, no se ha probado en nuestro litoral, por lo que en esta tesis se analizará, entre otros, la factibilidad de realizar este tipo de proyectos bajo las características propias del mar peruano llámense, clima de olas, direcciones predominantes, mareas, periodos, corrientes, etc., que son diferentes al de otras latitudes, que redundará en la economía de los materiales utilizados e impacto ambiental, sobre todo el paisajista; la colocación de los mismos, sean agrupados o monolíticos, alentaría la formación de arrecifes artificiales en beneficio de la hidrobiología y el bienestar ambiental; el éxito tras la construcción de estas estructuras por su eficiencia en la protección costera ha sido reconocida, además de ser aprobada por pruebas de

impacto ambiental en proyectos alrededor del mundo incluyendo Estados Unidos, México, Jamaica y Emiratos Árabes. (OCEANUS Construcción y Tecnología Marina, 2013)



Figura 0.8. Dique exento con unidades prefabricadas.

Fuente: OCEANUS Construcción y Tecnología Marina, 2013

Finalmente, como aplicación práctica de la ingeniería civil se dispondrá de un proyecto en el cual se dará a conocer una propuesta compatible al entorno y las recomendaciones para mejorar las condiciones locales en el litoral que dispone el Club.

## 1.5 Metodología

El planteamiento básico de este proyecto es reclamar una línea de orilla mediante la acumulación de sedimentos. En ese concepto se empleará los principios de la mecánica de fluidos aplicados a la hidráulica marítima, donde los procesos del oleaje y las corrientes son los principales agentes que mueven el sedimento a lo largo de la costa. La proporción de los sedimentos transportados desde el interior hacia la frontera de salida de la playa de interés es superior al transporte que ingresa produciendo un desbalance del principio de continuidad, los sólidos que ingresan a la playa son de menor volumen que los que salen del área produciendo una erosión por la corriente de Sur (S) a Norte (N); presumiblemente, el oleaje es una de las probables causas, por lo que en la medida que se pueda reducir el oleaje, menguará la capacidad de la corriente literal para transportar arena. Así, provocaremos que se establezca la zona de playa, aun ante los eventos meteorológicos extraordinarios.

Por tanto es necesario, definir los distintos elementos que intervienen en la formación y comportamiento de una playa:

Oleaje en aguas profundas, intermedias y bajas, y las ondas de mareas.

Propagación de oleaje en sus direcciones predominantes y comportamiento en la zona de playa.

Batimetría.

Características del sedimento, sobre todo tamaños.

A partir de los parámetros de oleaje en aguas profundas, podemos estimar el comportamiento del oleaje en la zona de playas. Es posible estimar el contenido energético del oleaje en rotura y mitigarlo para proteger la playa actual, reducir la capacidad del oleaje de mover sedimento y por tanto conseguir un crecimiento paulatino de la línea de orilla. En este proyecto, se estudiarán diques exentos sumergidos a base de unidades prefabricadas, de tal manera que reduzcamos el movimiento de sedimentos y se estabilicen las zonas más erosionadas.

# CAPITULO 2 : FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

## **2.1 Geodesia**

Es la ciencia que estudia la forma, dimensiones y el campo de gravedad de la tierra, nos permite determinar con precisión la posición de un punto (latitud y longitud), sobre una superficie matemática denominada Elipsoide que es una figura imaginaria cuyos parámetros no son los mismos para las diferentes regiones de la Tierra. Cada elipsoide tiene un punto fundamental ó Datum, punto desde el cual se extiende la Red Geodésica Nacional.

## **2.2 Batimetría**

La batimetría es conocida como el levantamiento topográfico bajo el nivel del mar, es decir, es el sistema de medición de las profundidades del mar en diferentes puntos; el cual permitirá conocer el relieve del fondo del mar.

## **2.3 Olas**

Son movimientos ondulatorios, las cuales tienen una periodicidad, y forma irregular, que se desarrollan en la superficie del agua principalmente por acción del viento y mareas. El comportamiento de las olas, depende de su ubicación con relación al radio de acción del viento que las genera.

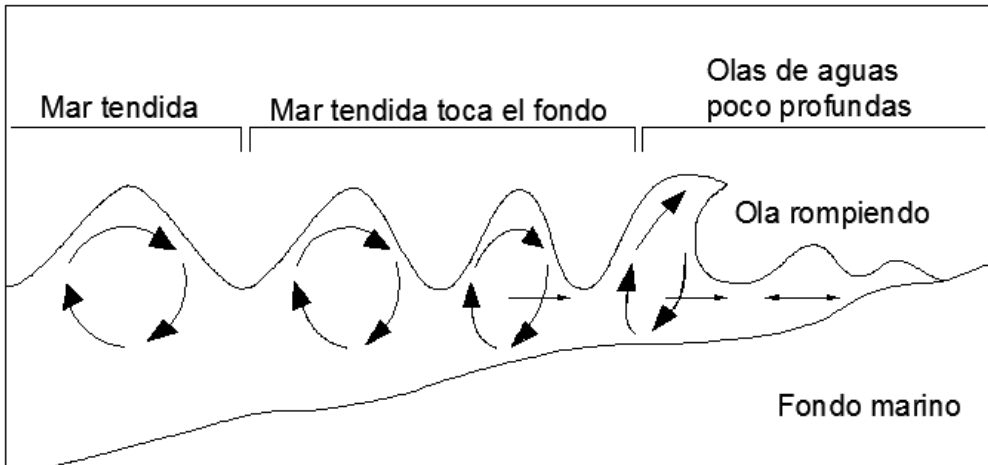


Figura 0.1. Desplazamiento de las olas de viento.  
Fuente: Propia, 2012

### 2.3.1 Tipo de olas

Frente a nuestras costas se presentan dos tipos de olas teniendo en cuenta su origen:

Sea, son olas originadas por vientos locales, que se caracterizan por ser olas cortas de mucha pendiente y superficie muy confusa, cuyo período es:

$$T = 1s \text{ a } 7s$$

Swell, son olas que se originan en alta mar y viajan grandes distancias, cuyo período es:

$$T = 7s \text{ a } 30s$$

### 2.3.2 Componentes principales de una ola

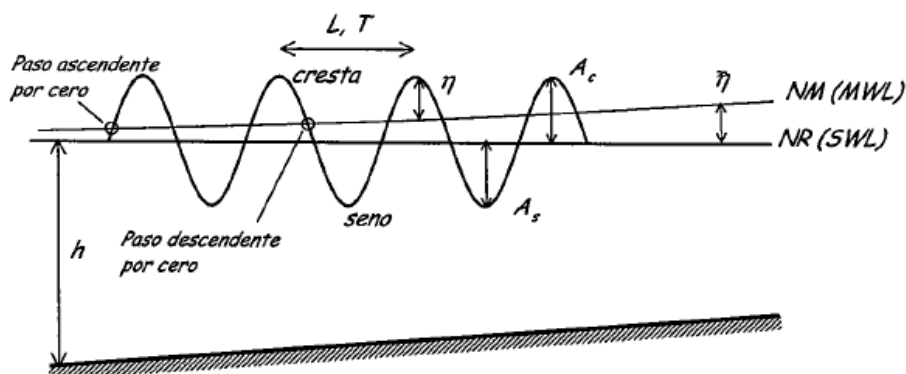


Figura 0.2 Definición de parámetros asociados a la onda.  
Fuente: Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, 2000.

Cresta: convexidad hacia la superficie que se alza sobre el nivel de reposo del mar.

Seno: concavidad por debajo del nivel medio del mar.

Longitud de onda (L): distancia entre dos crestas o dos senos consecutivos.

Altura de ola (H): diferencia de altura entre cresta y seno consecutivos.

Período (T): tiempo transcurrido entre el paso de dos crestas o dos senos consecutivos.

Celeridad (C): es la velocidad de propagación de la ola =  $L/T$ .

Profundidad (h): distancia vertical entre el lecho del océano y la superficie del mar en reposo.

Nivel de Reposo (N.R.): nivel del mar antes de iniciarse el movimiento.

Nivel Medio (N.M.): línea horizontal equidistante entre senos y crestas.

Sobreelevación ( $\eta$ ): Diferencia de altura entre N.M. y N.R.

Modificación de las olas

Al propagarse las olas desde aguas profundas hacia la costa sufren alteraciones provocadas por las condiciones de borde o del fondo marino. Denominándose como sigue:

### **2.3.3.1 Refracción**

Es el fenómeno que se manifiesta por el cambio en la dirección de la ortogonal (propagación) de las olas, que es causado, entre otros, por variaciones en la batimetría, por las corrientes marinas o por cualquier fenómeno que provoque que una parte del frente de una ola se desplace más rápido o más lento que el resto del frente de la misma ola.

Se produce cuando la profundidad disminuye y el fondo empieza a afectar el movimiento de las partículas de agua, debido al efecto de fricción, el mismo que provoca una reducción en la velocidad de propagación y en la longitud de la onda. La disminución de velocidad significa que cuando un tren de olas de un determinado período, entra en aguas intermedias y bajas, las



distintas partes de la cresta (frente de olas), se desplazan con diferentes velocidades dependiendo de la profundidad, provocando que la cresta se deforme o doble en su proyección horizontal, de tal forma que tiende a hacerse paralela a las líneas batimétricas sobre las que se propagan.

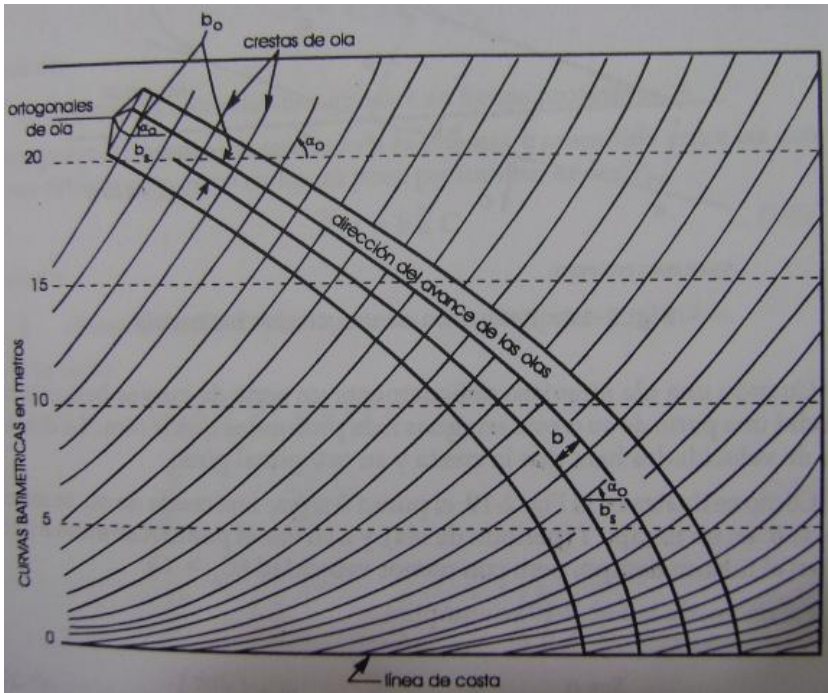


Figura 0.3. Modelo de refracción de la ola para una playa recta con curvas batimétricas paralelas. Fuente: Fuentes Ortíz, 2001.

### 2.3.3.2 Difracción

Es un fenómeno típico de las olas que 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 barreras, tales como rompeolas, islas, muros marinos, etc.

Esta transferencia de energía da lugar a la propagación de las olas dentro de la zona protegida, delimitada por una línea geométrica de sombra y el rompeolas.

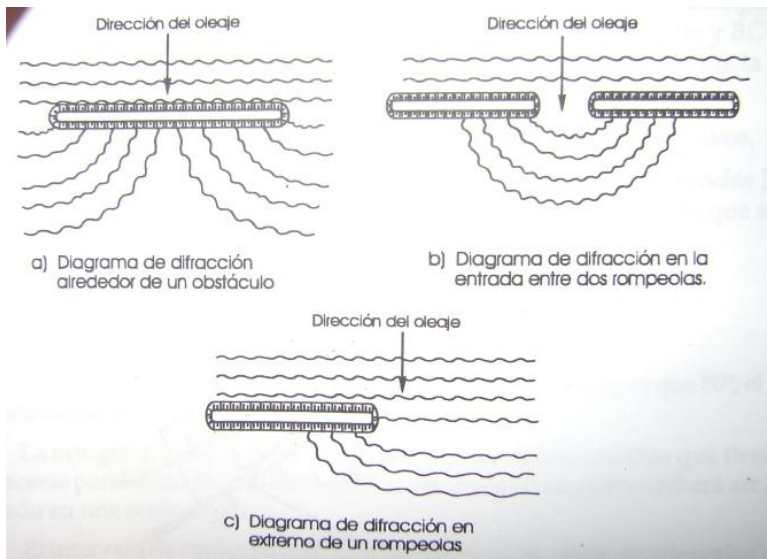


Figura 0.4. Diagrama de difracción de las olas.

Fuente: Fuentes Ortíz, 2001.

### 2.3.3.3 El efecto de bajos

Es la variación de longitud y altura de una ola como consecuencia de la disminución de la profundidad.

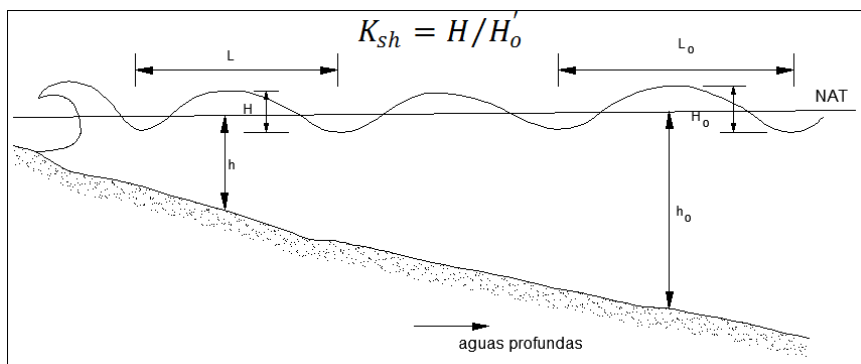


Figura 0.5. Modificación de las olas debido a la profundidad del mar.

Fuente: Fuentes Ortíz, 2001.

### 2.3.3.4 Reflexión

Toda ola incidente reflejará toda o parte de su energía de acuerdo a las condiciones del obstáculo que encuentre en su trayectoria.

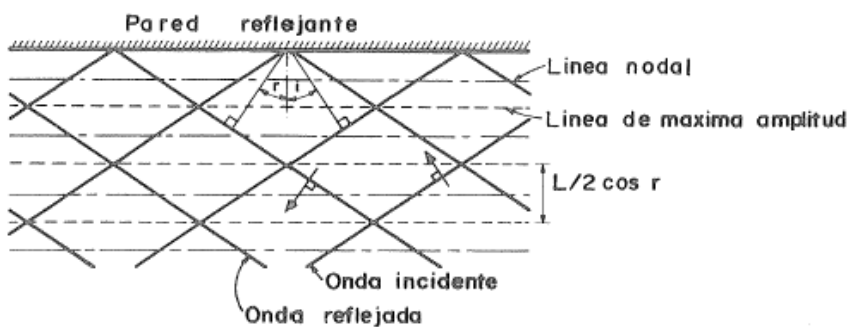


Figura 0.6. Reflexión del oleaje frente a una pared vertical y rectilínea.

Fuente: Fuentes Ortíz, 2001.

La modificación de la energía podría darse de las siguientes formas:

Reflexión total en dirección diferente a la ola incidente, al encontrarse con un dique o un muro vertical.

Disipación de la energía ante una estructura porosa o un fondo rugoso.

Transmisión parcial de la energía frente a un obstáculo, como es el caso de diques de escolleras o diques flotantes.

## 2.4 Mareas

Las mareas son movimientos de ascenso y descenso periódico del nivel de aguas oceánicas producidas por las atracciones gravitatorias que ejercen los astros, principalmente el sol y la luna.

### 2.4.1 Niveles de referencia mareográficas

Es un plano o superficie definido por la marea, que se usa como referencia vertical (alturas o profundidades), recibiendo cada uno de ellos una denominación particular.

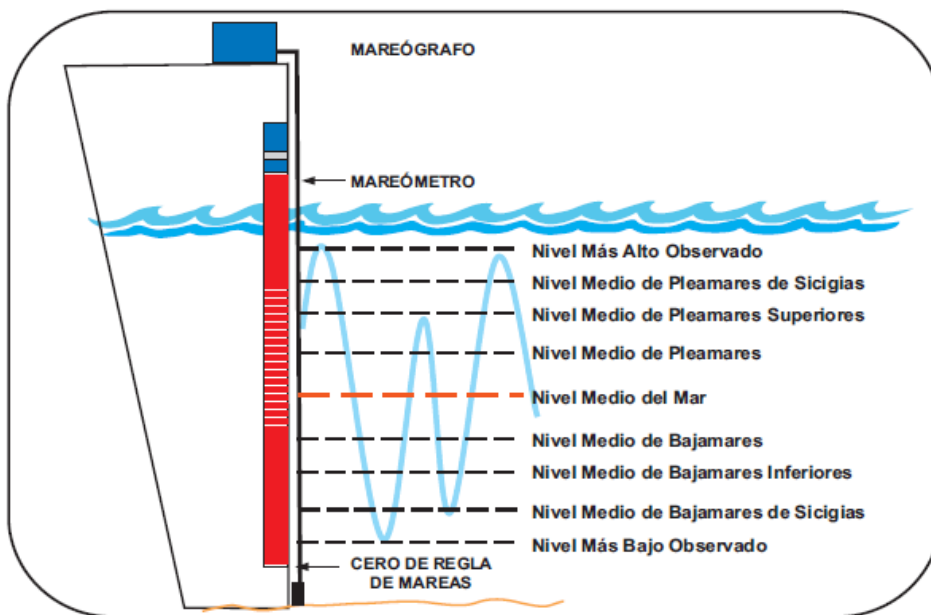


Figura 0.7. Vista referencial de mareas.

Fuente: Dirección de

Hidrografía y Navegación, 2011.

La determinación de estos planos de referencia de marea son calculados teniendo como base la data histórica de las estaciones mareográficas instaladas a lo largo de nuestro litoral, cuya información incluye un ciclo nodal lunar (18,6 años), considerando todas las variaciones astronómicas significativas.

Los principales planos de referencia usados en la actualidad son: el Nivel Medio del Mar (MNM), el Nivel Medio de Bajamares de Sicihias Ordinarias (NMBSO).

## 2.5 Dinámica del litoral

La dinámica litoral es el conjunto de cambios que se producen en la franja costera y que pueden dar lugar a grandes variaciones en la morfología litoral.

La principal fuerza que provoca estos cambios es el movimiento de las grandes masas de agua en forma de olas, corrientes y mareas. Otros fenómenos que pueden provocar un efecto sobre las zonas costeras son los tsunamis, la variación del nivel del mar o la alteración en los procesos de erosión / sedimentación. En la costa peruana la dirección de la corriente litoral es de Sur a Norte.

### 2.5.1 Transporte de sedimentos

El transporte de sedimentos en el mar o acarreo litoral, es el fenómeno que se lleva a cabo a lo largo del litoral por medio del cual las partículas sólidas se transportan; se sabe que el arrastre de sólidos se produce principalmente entre la línea de playa y la zona de rompiente, aunque también fuera de ésta existe transporte.

Las causas que provocan el transporte de sedimentos en las costas son básicamente las corrientes y el oleaje; provocando esfuerzos cortantes sobre los sedimentos sólidos y hacen que sean transportados en suspensión o por el fondo, a distancias más o menos grandes y depositados en zonas tranquilas.

### 2.5.2 Modelos de predicción del transporte de sedimentos

Existen varias formulaciones para el cálculo del transporte. Entre ellas, se tiene:

Fórmula del CERC (Coastal Engineering Research Center)

Está basada en mediciones, prototipos y modelos, llevadas a cabo por el Beach Erosion Board, predecesor del U.S. Army Coastal Engineering Research Center.

La fórmula del CERC establece lo siguiente:

$$S = A \times H_o^2 \times C_o \times k r_{br}^2 \times \sin \phi_{br} \times \cos \phi_{br}$$

Fórmula de Queens

Esta fórmula ha sido desarrollada por Kamphuis, de la Universidad de Queens, Canadá. La fórmula establece lo siguiente:

$$S = \frac{1.3 \times 10^{-3} \rho H_b^3}{(1-p)\rho_s T} \left(\frac{H_b}{L_0}\right)^{-1.25} \tan(\alpha)^{0.75} \left(\frac{H_b}{D_{50}}\right)^{0.25} \sin(2\phi_b)^{0.6}$$

Donde:

S : transporte de sedimentos.

- $p$  : porosidad, en forma decimal
- $\rho_S$  : densidad de los sedimentos.
- $H_b$  : altura significativa de las olas en la línea de Rompiente.
- $L_o$  : longitud de las olas en aguas profundas.
- $T$  : periodo de las olas.
- $\alpha$  : pendiente de la playa, en forma decimal
- $D_{50}$  : diámetro mediano de las partículas.
- $\phi_b$  : ángulo de aproximación de las olas en la línea de rompiente.

Se ha llegado a comprobar que esta fórmula es más aplicable que la fórmula del CERC; sin embargo, es solo válida bajo las siguientes condiciones:

Que no haya corrientes de mareas

Que la línea de costa sea recta, sin presencia de espigones o rompeolas en la costa.

Que la playa sea plana, sin irregularidades en el fondo que creen un sistema complicado de rompiente.

## **2.6 Diques exentos**

Los diques exentos son obras marítimas exteriores, normalmente rectilíneas, sumergidas o no y sensiblemente paralelas a la línea de costa, que se construyen a una cierta distancia de la orilla, y que protegen de la acción del oleaje a una determinada zona del litoral, reduciendo la cantidad de energía que sobrepasa o bordea sobre ellos. Se trata de elementos artificiales inspirados en el funcionamiento de formaciones naturales tales como arrecifes, barras o islas próximas a la orilla, que constituyen singularidades dinámicas costeras.



Figura 0.8. Saliente formado por la Isla San Lorenzo – La Punta - Callao.

Fuente: Google

Earth, 2012.

La reducción de oleaje en el área protegida por el dique exento provoca importantes alteraciones en el transporte litoral de sedimentos e induce la sedimentación de materiales y su acumulación en dicha zona a resguardo de la estructura. Si la cantidad de material depositado es suficiente, tendrá lugar la formación de una punta de arena o saliente, que puede llegar a desarrollarse hasta alcanzar la obra exento, recibiendo en tal caso el nombre de tómbolo.

Por otra parte, aunque el uso de diques exentos no es tan popular como el de espigones, y aunque los efectos producidos con ellos en el litoral han sido diversos y no siempre los esperados, lo cierto es que su efectividad en el control de la erosión costera ha quedado demostrada tras los exitosos resultados obtenidos en diversos lugares del mundo, y su utilización se ha ido extendiendo progresivamente desde los años sesenta.

Entre 1962 y 1981 se construyeron más de 2,100 diques exentos en Japón (una media de 105 por año), dato indicativo de la importante tendencia existente en ese país a usar este tipo de estructuras para la protección y estabilización de playas. Otros países en los que también se han construido diques exentos son: Australia, Brasil, Canadá, Chipre, Dinamarca, EE.UU., España, Francia, India, Israel, Italia, Japón, México, Mónaco, Marruecos, Nicaragua, Portugal, Sri Lanka, Ucrania, Sudáfrica, entre otros.

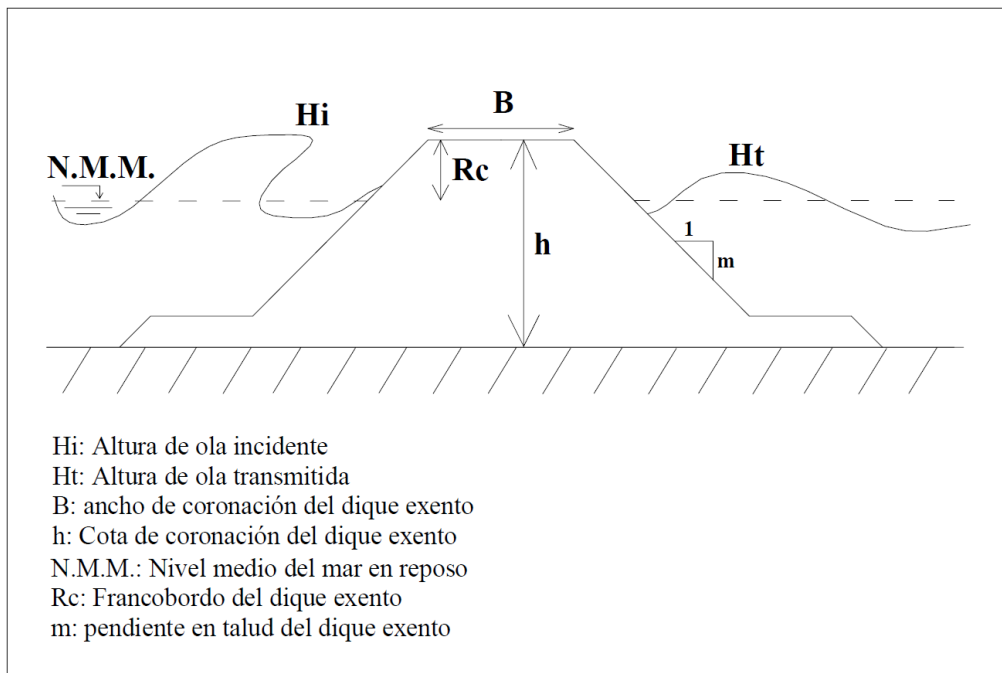


Figura 0.9. Esquema de funcionamiento y principales parámetros de un dique exento.

Fuente:

Piulachs Lozada-Benavente, 2005.

### 2.6.1 Objetivos de los diques exentos

El objetivo fundamental de un dique exento es la protección de un determinado tramo de costa de la acción del oleaje. Esta protección puede permitir la disminución, o incluso total supresión de la tendencia erosiva de una playa, no solo evitando la pérdida de arena sino favoreciendo la acumulación de material sedimentario. Por este motivo los diques exentos son utilizados como método de protección de costas con diferentes fines:

Reducir la energía del oleaje incidente en un determinado tramo de costa.

Salvaguardar una playa frente a la acción de temporales.

Potenciar la sedimentación natural de arena con el fin de incidir el desarrollo de una playa ya existente incrementando su ancho o la formación de una nueva.

Evitar o retardar la erosión de una playa.

Incrementar la durabilidad de las aportaciones artificiales de arena en actuaciones de regeneración de playas.



## 2.6.2 Tipos de diques exentos

Según de la Peña y Sánchez (2008), proponen clasificar los diques exentos en función de su cota de coronación y en función de su presencia aislada o compuesta en el litoral.

En función a su cota de coronación, los diques exentos pueden ser emergidos o sumergidos. La siguiente clasificación está dada desde el punto de vista del usuario de la playa que se acerca a ella para observar el paisaje.

Diques exentos sumergidos, son aquellos que están por debajo del nivel del mar, por lo tanto, no son observables.

Diques exentos bajos, este tipo de diques constituyen un caso particular, distinguiéndose por tener una baja coronación, es decir, que el francobordo de la estructura sea menor que 1.5m si se supone que ésta es la altura de los ojos del observador medio.

$$Rc < 1.5 \text{ m}$$

Diques exentos medios, son los que no dejan ver bien el mar tras ellos cuando el observador se encuentra en la orilla pero sí cuando está en la playa seca.  $1.5 < Rc < 1.5 + h_{berma}$

Diques exentos altos, son aquellos que no permiten la visibilidad del horizonte al observador medio, situado en cualquier punto del perfil de playa. Lo cual quiere decir que el francobordo del dique supera la altura de la berma más 1.5 m.

$$Rc > 1.5 + h_{berma}$$

En función de su presencia aislada o compuesta en el litoral, dependiendo fundamentalmente de la longitud del tramo de costa que se quiera proteger. Estos se distinguen en dos tipos básicos:

Dique exento aislado.

Grupo de diques exentos.

En un estudio realizado, por los autores antes mencionados, sobre el inventario y comportamiento de los diques exentos a lo largo de las costas españolas, dio como resultado clasificar el conjunto de obras que forman los diques exentos en cuatro grupos, eligiendo cada

grupo por el comportamiento de conjunto esperable frente a los agentes marinos y los sedimentos que protege, siendo éstos:

Tipo 1: Dique exento aislado.

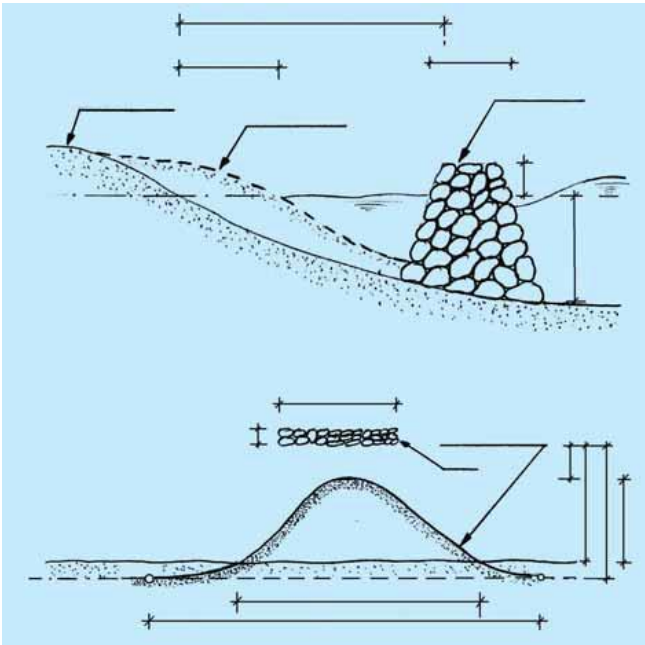


Figura 0.10. Dique exento aislado.  
Fuente: Peña Olivas & Sánchez Palomar, 2008.

Tipo 2: Dique exento en costa cerrada.

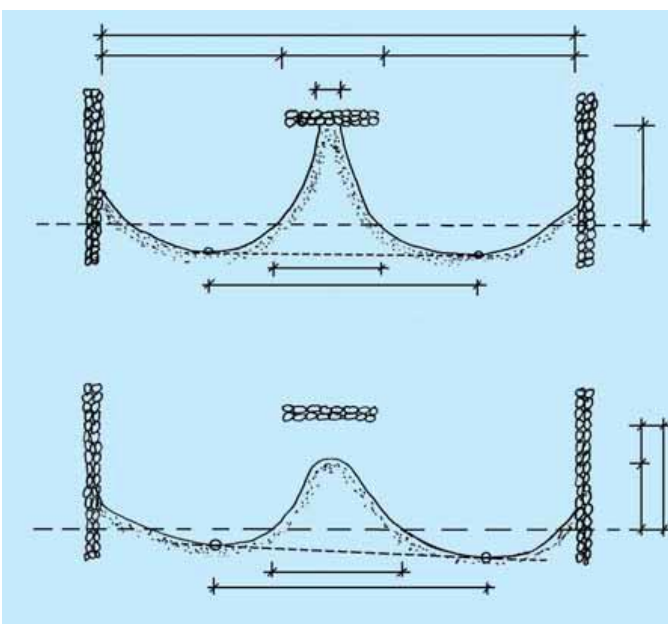


Figura 0.11. Tipo 2: Dique exento en costa cerrada.  
Palomar, 2008.

Fuente: Peña Olivas & Sánchez

Tipo 3: Grupo de diques exentos.

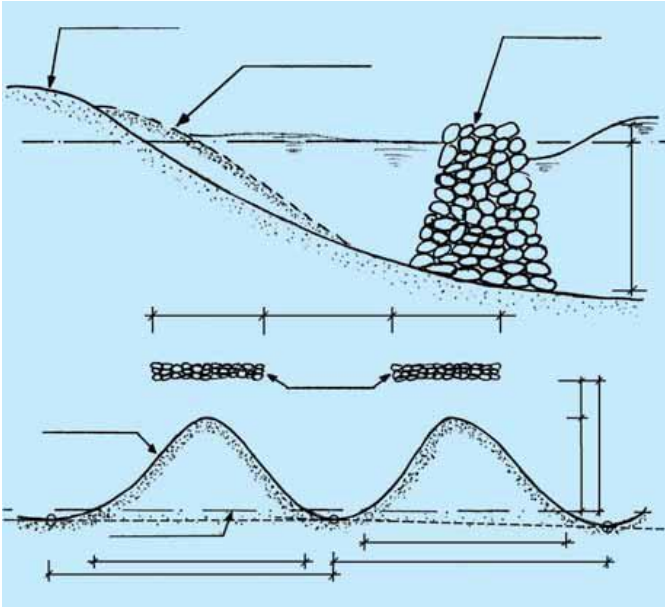


Figura 0.12. Tipo 3: Grupo de diques exentos.  
Palomar, 2008.

Fuente: Peña Olivas & Sánchez

Tipo 4: Grupo de diques exentos con otras obras.

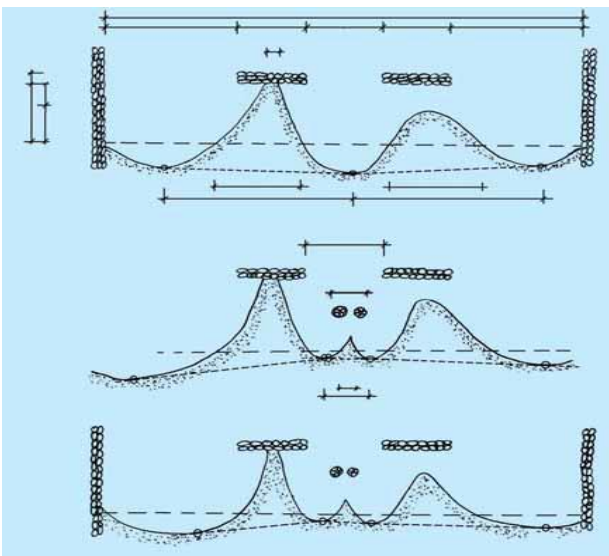


Figura 0.13. Tipo 4: Grupo de diques exentos con otras obras.  
Sánchez Palomar, 2008.

Fuente: Peña Olivas &

# CAPÍTULO 3 : CONDICIONES FISICAS DEL SITIO DEL PROYECTO

## **3.1 Introducción**

Los estudios hidrográficos y oceanográficos tienen el objeto de proporcionar información útil para el diseño, operatividad, construcción e instalación de cualquier tipo de infraestructura en costa, a fin de que no existan contratiempos ni fallas durante la construcción y operación de los mismos. En tal sentido, los datos e informaciones obtenidas por los estudios deben ser lo suficientemente precisos y densos para evitar inconvenientes.

Las mediciones oceanográficas estarán orientadas, a determinar principalmente las características del oleaje, a fin de determinar la posición del dique en estudio, con el objetivo de producir un arenamiento natural y protección de la playa N° 3 en el Club Regatas filial Chorrillos.

Los estudios hidrográficos, estarán orientados a determinar principalmente las profundidades en el lugar donde se ubicaría el dique, a fin de poder determinar las direcciones de aproximación del oleaje en la zona.

## **3.2 Geodesia**

El presente trabajo ha sido enlazado a la Red Geodésica GPS establecida por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), la cual está referida al Datum y elipsoide WGS 84.

## **3.3 Topografía**

En Noviembre del 2011, el Club Regatas Lima, realizó un levantamiento batimétrico – topográfico en la playa N°3, de los cuales se obtuvo la siguiente información.

Se efectuó el levantamiento en: la playa y ante playa, sobre y alrededores del geotubo instalado en la playa, además de los espigones que forman la playa 3.

Se ha utilizado el sistema de coordenadas rectangulares, proyección U.T.M., zona 18, meridiano central 75°. La presentación del área levantada, se muestra en el Plano 04 elaborado en escala 1:500.

### 3.3.1 Control horizontal secundario

Como base de partida se utilizó la estación “BM5” como referencia azimutal y la estación “FAROLETE” como punto de partida. Ambas estaciones están referidas al Sistema WGS 84.

<u>"BM5"</u>		Cota 3.376 M.S.N.M.M.	
Norte	: 8'654,187.933	Latitud S	: 12°09'59.986"
Este	: 278,561.12	Longitud W	: 77°02'06.164"

<u>"FAROLETE"</u>		Cota 3.322 M.S.N.M.M.	
Norte	: 8'654,334.405	Latitud S	: 12°09'55.180"
Este	: 278,393.63	Longitud W	: 77°02'11.666"



Figura 0.1. Estación Farolete. Vista panorámica.

Fuente: Club Regatas Lima, 2011.



Figura 0.2. Estación BM5 vista desde Farolete.  
2011.

Fuente: Club Regatas Lima,

### 3.3.2 Levantamiento Topográfico

Con el propósito de registrar los datos necesarios para ejecutar la representación gráfica de los diferentes rasgos naturales del área de playa y sus alrededores, así como, de detalles o puntos de interés construidos en la zona, es que se realiza un levantamiento topográfico.

La cota de la estación ocupada, para efectuar estas mediciones, está referida al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (N.M.B.S.O.).

Las operaciones de medición se realizaron con una estación Total Óptica, desde la cual se proyectaron rayos infrarrojos hacia los prismas colocados sobre bastones de aplomar convenientemente distribuidos en el terreno para obtener la cantidad necesaria de mediciones las cuales permitieron representar con precisión el relieve terrestre del área levantada. La información registrada se descargó en el programa topográfico Autodesk Land Desktop para luego ser dibujado en el programa AutoCAD.

### 3.3.3 Levantamiento batimétrico

Los días 23 y 24 de noviembre del 2011 el Club Regatas Lima realizó los trabajos de campo en la playa N° 3, sede Chorrillos.

El método de medición del relieve submarino del área de rompientes, fue básicamente igual al que se realizó en la zona del relieve terrestre (playa y ante playa), con la diferencia de que para este propósito (mediciones en rompientes) se utilizó una regla graduada de 2 ó 4 metros (de

acuerdo a la profundidad) con características de flotabilidad para su fácil manipulación y a la vez de estabilidad vertical al pararla sobre el fondo marino. En la parte superior de la regla, a una altura predeterminada, se coloca un prisma para que desde la estación total se realicen las mediciones e inmediatamente el cálculo de las coordenadas (x, y, z) del fondo marino.

Es importante una buena distribución de puntos de control o medición sobre el terreno que nos permita representar con precisión sobre un plano, el relieve submarino del área levantada, por lo que la regla fue manipulada por buzos profesionales con conocimientos en levantamientos batimétricos y topográficos



Figura 0.3. Batimetría con buzos (zona de rompiente).

Fuente: Club Regatas Lima, 2011.



Figura 0.4. Batimetría con buzos (alrededor del geotubo).

Fuente: Club Regatas Lima, 2011.

En base a esta recopilación de datos, actualmente se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D, generando así, la superficie de la playa N°3, mediante la cual, se hizo posible la elaboración de diferentes perfiles, según sean convenientes. (Ver plano 04 y 05)

## **3.4 Condiciones Oceanográficas**

### **3.4.1 Olas**

#### **3.4.1.1 Generalidades**

Para la ocupación de un área acuática y la construcción de obras portuarias, es importante contar con información sobre las olas del mar, en particular, es necesario conocer la naturaleza y frecuencia de ocurrencia de las olas definidas por su período, altura y dirección.

Otro aspecto importante en las mediciones de olas, es el proceso que surge el oleaje al acercarse a las playas, por efecto del fondo marino que produce la refracción y difracción en la dirección del frente de olas, modificando las características del oleaje proveniente de aguas profundas.

Como la magnitud del oleaje en el litoral, depende de la altura de las olas en aguas profundas y de la zona de rompiente, es necesario conocer las áreas de incidencia de oleajes en el ámbito del estudio, específicamente en el extremo sur del Club Regatas Lima, distrito de Chorrillos, bahía de Miraflores, donde se ubicará el dique sumergido para la protección de la Playa N° 3.

#### **3.4.1.2 Frecuencia de las mediciones**

Por lo general, la ola significativa varía en altura continuamente durante todo el año, esta variación es pequeña, pero durante una braveza puede ocurrir una variación grande muy repentinamente. Las bravezas son períodos de ocurrencia de olas de tipo “Swell”, que en nuestra costa ocurren normalmente por 4 o 6 días continuos y que afectan gran parte del litoral.

La frecuencia de las mediciones que se registran en cada lugar depende de las condiciones locales. Por lo general, es necesario medir olas por lo menos una vez al día; sin embargo, debido a que los vientos costeros son variables durante el día, es conveniente hacer mediciones más frecuentes.

En la costa del Perú, los vientos se caracterizan por una calma en las mañanas y vientos del mar hacia la costa en las tardes.



### **3.4.1.3 Duración de las mediciones**

Para obtener información de diseño confiable, el tiempo mínimo de mediciones de olas requeridas en cualquier lugar es un año, siendo un ciclo anual completo.

Se utilizarán los datos de mediciones de olas obtenidos por el Club Regatas durante el tiempo que duraron los trabajos de campo; así como, se usará la estadística anual de mediciones efectuada en Ventanilla, la del Sailing Directions for South America y la información simulada diariamente para un punto cercano de la grilla, por el Modelo Numérico WaveWatch III del Proyecto Naylamp que difunde la Dirección de Hidrografía y Navegación junto con la Marina de Guerra del Perú en su página web.

### **3.4.1.4 Antecedentes**

Existen estudios y compilaciones de datos en general para la región costera central que abarca el área donde se ubicará el dique sumergido, y que nos permite describir el comportamiento del oleaje en esa zona.

El Club Regatas Lima realizó en el 2009, en la playa N°3, un estudio con la finalidad de conocer el comportamiento del oleaje y determinar los coeficientes de refracción y de poca profundidad del oleaje.

Los resultados de estos registros son importantes, de manera que se puede caracterizar el efecto del espectro de olas incidentes en el área de interés y deducir la transformación de este espectro al llegar a la zona de estudio.

### **3.4.1.5 Tipos de olas**

Sea, este tipo de olas no se han tomado en cuenta para el presente estudio, debido a que en la zona de estudio este tipo de olas es de muy corto período, poca altura y escasa ocurrencia.

Swell, este tipo de oleaje es la fuente principal de las alturas de olas cuya incidencia determina la dinámica de la costa en la bahía de Miraflores.

### **3.4.1.6 Refracción de olas**

La importancia de la refracción del oleaje estriba en el hecho de que prácticamente todas las estructuras marítimas se construyen en aguas bajas o intermedias, donde las olas sufren considerables cambios debido a este efecto. Por lo tanto, el estudio del fenómeno de refracción

es materia obligada para la determinación de las características del oleaje y sus acciones, como por ejemplo:

Deducir las características de las olas en aguas finitas, a partir de las correspondientes en aguas profundas, en donde no tiene influencia del fondo.

Definir la altura de la ola de diseño en cualquier punto y/o profundidad.

Determinar los arrastres o trasportes de sedimentos.

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

#### **3.4.1.7 Dirección de olas**

Específicamente en el área de estudio, de acuerdo a una estadística de dirección de olas observadas, en la costa central del Perú, (información del Sailing Directions for South America) se ha determinado que el 62.9% de las olas provienen del Sur, y un 17.4 y 15.0% del Suroeste y Sureste respectivamente. Sin embargo, a medida que se acercan a la costa, por efectos del fondo y/o obstáculos, como por ejemplo puntas e islas, el oleaje se reorienta o cambia de dirección, produciéndose los fenómenos de refracción y difracción respectivamente.

#### **3.4.1.8 Distribución de alturas y direcciones del oleaje**

Olas en aguas profundas

La información del Sailing Directions está basada en observaciones visuales de barcos mercantes.

Los datos sobre la ocurrencia de las olas en porcentajes de tiempo por direcciones son bastantes exactos, en cuanto a las alturas de las olas, son datos que tienen validez para zonas de aguas profundas y áreas muy extensas.

Olas en aguas poco profundas

Se han efectuado mediciones para la determinación de la distribución de alturas de olas en el área de interés.

Anteriormente, se han elaborado los diagramas de refracción, los cuales nos permitirán calcular la altura de las olas en las zonas de poca profundidad.

Además, son importantes los datos de dirección del oleaje del Sailing Directions y del modelo numérico WaveWatch III del Proyecto Naylamp, en base a los cuales se ha determinado la dirección predominante del frente de olas a la costa. En tal sentido para el presente estudio se han utilizado las direcciones del Suroeste y Oeste.

DISTRIBUCIÓN DE OLAS SWELL					
(10° - 15° SUR)					
Altura (m)	O (%)	SO (%)	S (%)	SE (%)	E (%)
0.3 - 1.8	0.7	9.7	35.4	8.2	---
1.8 - 3.6	0.3	6.7	25.2	6.3	0.4
> 3.6	---	1.0	2.3	0.5	0.3
Total	1.0	17.4	62.9	15.0	0.7

Tabla 0.1. Distribución de olas Swell / 10°-15° Sur.

Fuente: National Geospatial-

Intelligence Agency, 2012.

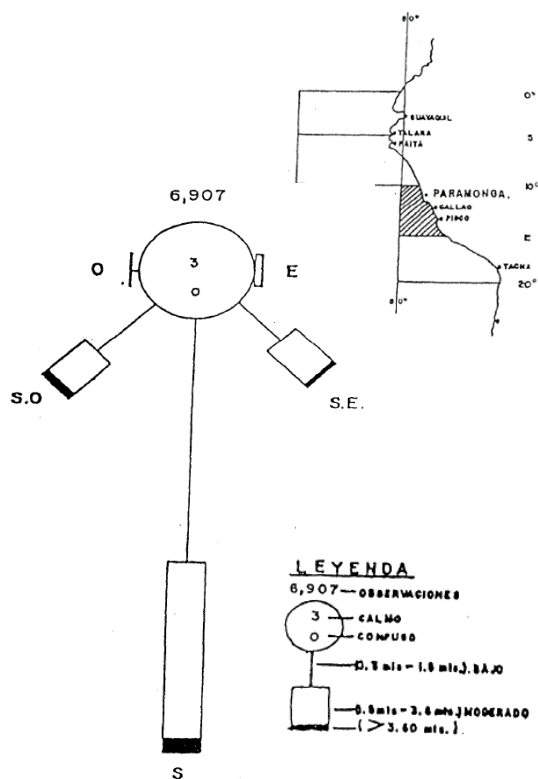


Figura 0.5. Distribución de Olas Swell, Costa Central del Perú.

Fuente: National Geospatial-

Intelligence Agency, 2012.

### 3.4.1.9 Cálculo de altura de olas.

El análisis del oleaje que se ha efectuado está basado en la información registrada de la estadística del Sailing Directions for South America, en el modelo WaveWatch III del Proyecto Naylamp y en los datos de las observaciones visuales efectuadas en el área de estudio. El método consiste en obtener los cálculos de altura y período de olas en aguas profundas. Con esta información y en base a la batimetría obtenida para la zona de interés, se proyectó el oleaje por el método de las ortogonales hasta el lado Oeste del rompeolas, en el mar adyacente a la bahía de Miraflores, y mediante diagramas de refracción aplicando la ley de Snell (Wiegler), efectuar los cálculos de altura de ola utilizando los diferentes coeficientes de refracción y de cambio de profundidad correspondiente, en la zona de interés. Para el cálculo de alturas de olas incidentes, se utilizaron los correspondientes diagramas de difracción y refracción con diferentes direcciones de aproximación del oleaje.

En el año 1997, la Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS realizó el estudio “Implicancias Socio-Económicas del incremento del nivel del mar en Lima Metropolitana y el Callao como consecuencia del Calentamiento Global”, en el cual se puede observar que las alturas utilizadas fueron de 1.51 m, que representa la mayor altura significativa de cada mes y 3.41 m, que representa la altura máxima de ola, característica de un período de bravesas de mar. Datos que se pueden observar en la siguiente tabla de estadística y probabilidades de ocurrencia de las olas en Ventanilla.

1978 Meses	Promedio de Altura de Ola Significante y Desv. Standard				Promedio del Período de Ola y Desviación Standard				Alt. Max. de Ola Signif. y Período	
	H(ms)	+0(ms)	H+0(ms)		T(seg)	+0(seg)	T+0(seg)		(H) Max	T (seg)
Enero	0.99	0.17	1.16	0.82	11.44	1.54	13.00	9.90	1.19	13.50
Febrero	1.10	0.23	1.33	0.87	11.60	1.28	12.90	10.30	1.15	12.50
Marzo	1.18	0.27	1.45	0.91	11.40	1.19	12.60	10.20	1.89	12.50
Abril	1.16	0.30	1.46	0.85	12.10	1.81	13.90	10.30	1.80	13.00
Mayo	1.30	0.56	1.86	0.74	10.80	1.52	12.30	9.30	3.41	13.80
Junio	1.51	0.61	2.12	0.90	11.70	2.02	13.70	9.70	3.15	13.50
Julio	1.24	0.34	1.58	1.24	11.20	1.11	12.30	10.10	2.24	12.80
Agosto	1.16	0.33	1.49	0.82	10.56	2.60	13.20	8.00	2.23	13.40
Setiembre	0.88	0.13	1.01	0.75	9.30	0.60	9.90	9.20	1.98	13.40
Octubre										
Noviembre	0.93	0.27	1.20	0.66	11.10	0.43	12.50	9.70	1.98	13.40
Diciembre	0.82	0.24	1.06	0.58	11.10	1.25	12.40	9.90	1.62	13.20

Tabla 0.2. Promedio Mensual de olas significantes y alturas máximas de olas significantes - Ventanilla. Fuente: CPPS/PNUMA, 1997.

El Club Regatas Lima, en el año 2009, realizó un estudio hidro-oceanográfico, obteniendo registros de mediciones durante 12 meses consecutivos, en la cual se observó una altura significativa promedio de 1.12 m, y una altura de 3.41m correspondiente a un estado de braveza del mar. Datos que se utilizarán para el siguiente cálculo.

La altura de una ola en aguas poco profundas está dada por la siguiente fórmula:

$$H = K_r \times K_s \times K_d \times H_o$$

Donde:  $K_r$  = Coeficiente de refracción

$K_s$  = Coeficiente por cambio de profundidad

$K_d$  = Coeficiente de difracción

$H_o$  = Altura de ola en aguas profundas

Se tiene:

$K_r$  = se obtiene de los planos de refracción y se define como:  $b_o/b$ , siendo  $b$  la distancia entre dos ortogonales; el coeficiente de refracción en aguas profundas es: 0.8940. (CPPS/PNUMA, 1997)

$K_d = 1$ , No hay difracción en la zona en estudio (Plano 06)

$K_s = 0.9806$  (Tabla de Wiegle)

De la clasificación de períodos promedios se obtiene un período promedio máximo de  $T = 13.7$  s.

La longitud de onda está dada por “ $L_o$ ” en aguas profundas.

$$H_o = 3.41 / (0.8940 \times 0.9806) = 3.89 \text{ m}$$

$$H_o = 1.12 / (0.8940 \times 0.9806) = 1.28 \text{ m}$$

Se tienen los siguientes coeficientes de refracción (Kr) para los 20, 10 y 5 metros de profundidad:

Profundidad (m)	Coeficiente de Refracción (Kr)	
	Dirección Suroeste	Dirección Oeste
20	0.8771	0.5222
10	0.7845	0.4264
5	0.5064	0.3224

Tabla 0.3. Coeficientes de Refracción.

Fuente: Club Regatas Lima, 2009.

Cálculo de altura de ola a 20m de profundidad ( $K_s = 0.9806$ )

Dirección Suroeste

$$H = (0.8771)(0.9806)(1)(3.89) = 3.35 \text{ m}$$

$$H = (0.8771)(0.9806)(1)(1.28) = 1.10 \text{ m}$$

Dirección Oeste

$$H = (0.5222)(0.9806)(1)(3.89) = 1.99 \text{ m}$$

$$H = (0.5222)(0.9806)(1)(1.28) = 0.66 \text{ m}$$

Cálculo de altura de ola a 10m de profundidad ( $K_s = 1.1010$ )

Dirección Suroeste

$$H = (0.7845)(1.1010)(1)(3.89) = 3.36 \text{ m}$$

$$H = (0.7845)(1.1010)(1)(1.28) = 1.11 \text{ m}$$

Dirección Oeste

$$H = (0.4264)(1.1010)(1)(3.89) = 1.83 \text{ m}$$

$$H = (0.4264)(1.1010)(1)(1.28) = 0.60 \text{ m}$$

Cálculo de altura de ola a 5m de profundidad ( $K_s = 1.2850$ )

Dirección Suroeste

$$H = (0.5064)(1.2850)(1)(3.89) = 2.53 \text{ m}$$

$$H = (0.5064)(1.2850)(1)(1.28) = 0.83 \text{ m}$$

Dirección Oeste

$$H = (0.3224)(1.2850)(1)(3.89) = 1.61 \text{ m}$$

$$H = (0.3224)(1.2850)(1)(1.28) = 0.53 \text{ m}$$

### 3.4.1.10 Cálculo de altura de olas en rompiente

Para el cálculo de la altura de la ola en la zona de rompiente se va a considerar la dirección del Suroeste, que es la ola que se produce con mayor frecuencia en la playa N°3.

Se sabe que:

$$\frac{H'o}{H_o} = K_r$$

Donde:  $H_o = 1.28$  y  $3.89$  m

$$K_r = 0.5064 \text{ (Ver tabla 3.3)}$$

Cálculo de  $H'o$ :

$$H'o = 0.5064 \times 1.28 = 0.65 \text{ m}$$

$$H'o = 0.5064 \times 3.89 = 1.97 \text{ m}$$

Se evaluó:

$$H'o/gT^2 = 0.65/1920.8 = 0.00034$$

$$H'_o/gT^2 = 1.97/1920.8 = 0.00103$$

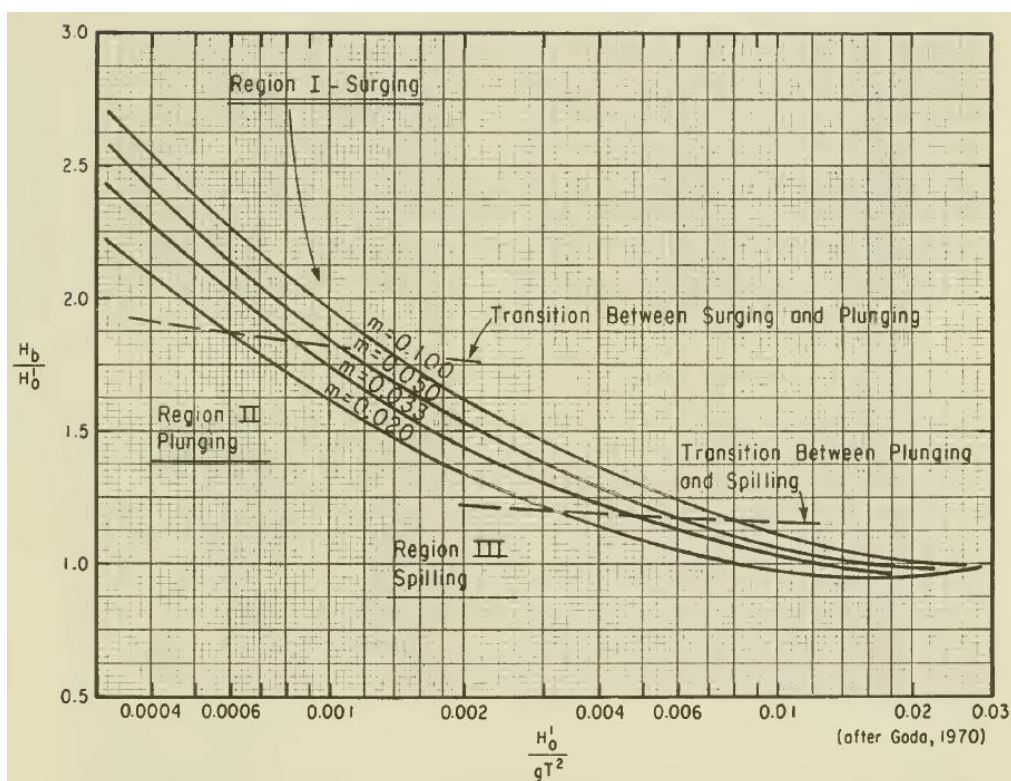


Figura 0.6. Índice de altura de rompiente vs pendiente de olas en aguas profundas.  
Fuente: Coastal Engineering Research Center, 1984.

Cálculo de la pendiente:

$$m = 5/100 = 0.05$$

En la figura 3.6, ingresamos con el valor  $H'_o/gT^2$  e intersectamos en la curva con la pendiente (0.05), dando como resultado los siguientes valores:

$$H_b/H'_o = 2.45 \rightarrow H_b = 2.45 \times 0.65 = 1.60 \text{ m}$$

$$H_b/H'_o = 1.84 \rightarrow H_b = 1.84 \times 1.97 = 3.63 \text{ m}$$



### 3.4.1.11 Cálculo de la profundidad de la ola cuando rompe.

Evaluamos:

$$H_b/gT^2 = 1.60/1920.8 = 0.00083$$

$$H_b/gT^2 = 3.63/1920.8 = 0.00189$$

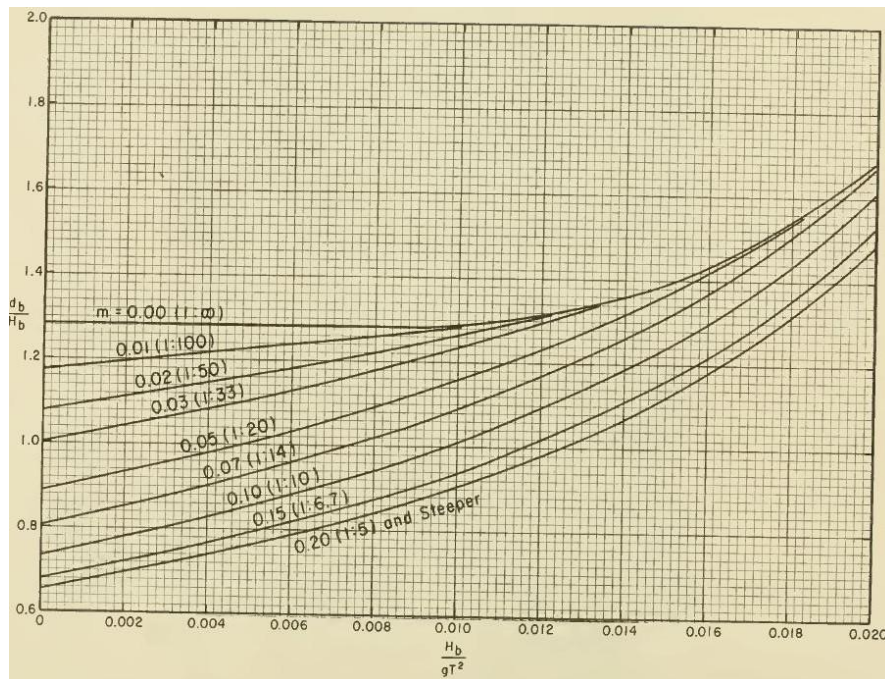


Figura 0.7. Dimensiones de profundidad en rompientes vs pendiente de rompiente.

Fuente: Coastal Engineering Research Center, 1984.

De la figura 3.7 obtenemos los siguientes datos:

$$d_b/H_b = 0.90$$

$$d_b = 0.90 \times 1.60 = 1.44 \text{ m}$$

$$d_b/H_b = 0.93$$

$$d_b = 0.93 \times 3.63 = 3.39 \text{ m}$$

### 3.4.1.12 Características del oleaje en el extremo sur del Club Regatas Lima

La altura de ola en el área de estudio cuando rompe la misma, calculada en base a los datos obtenidos durante el presente proyecto es de 1.60 y 3.63 m, para la altura de ola significativa y la altura significativa máxima respectivamente, siendo la profundidad de la rompiente de 1.44 y 3.39 m, respectivamente. Cabe resaltar, que la ola rompe a menor profundidad que su altura, debido a que la pendiente es relativamente fuerte; las de mayor altura rompen más alejadas del extremo sur, mientras que las más pequeñas rompen muy cerca al extremo sur, las más pequeñas, con alturas de olas menores de 1.0m, no rompen y siguen su curso hacia la orilla.

Probabilidad en % de olas que sobrepasan la altura de ola indicada	Ho altura de olas en aguas profundas (metros)	Altura de olas en el extremo Sur (Suroeste)		
		20 m	10 m	5 m
100	0.82	0.71	0.71	0.53
90	0.98	0.84	0.85	0.64
80	1.13	0.97	0.98	0.74
40	1.41	1.21	1.22	0.92
13.75	1.69	1.45	1.46	1.10
1.62	2.26	1.94	1.95	1.47
0.19	2.82	2.43	2.44	1.83
0.022	3.39	2.92	2.93	2.21
0.0036	3.85	3.31	3.33	2.51

Tabla 0.4. Distribución de olas significantes en el extremo Sur (Suroeste).  
Fuente: Club Regatas Lima, 2009.

Probabilidad en % de olas que sobrepasan la altura de ola indicada	Ho altura de olas en aguas profundas (metros)	Altura de olas en el extremo Sur (Oeste)		
		20 m	10 m	5 m
100	0.82	0.42	0.38	0.34
90	0.98	0.50	0.46	0.41
80	1.13	0.57	0.53	0.47
40	1.41	0.72	0.66	0.58
13.75	1.69	0.86	0.79	0.70
1.62	2.26	1.15	1.06	0.93
0.19	2.82	1.44	1.32	1.17
0.022	3.39	1.73	1.59	1.40
0.0036	3.85	1.97	1.81	1.60

Tabla 0.5. Distribución de olas significantes en el extremo Sur (Oeste).  
Fuente: Club Regatas Lima, 2009.

#### 3.4.1.13 Reflexión en obstáculos y para olas modales

En el área de estudio, especialmente donde se hicieron los trabajos de batimetría, y en toda el área de mediciones, se observó la presencia de olas reflejadas, mostrando también las cartas batimétricas variación significativa del fondo con respecto a una elevación.

La reflexión de olas modales se genera cuando el oleaje encuentra interferencia con el fondo, es decir una elevación del fondo marino con respecto a sus alrededores, esta elevación puede llegar a ser un bajo o simplemente un montículo con cima plana en el fondo del mar. Este fenómeno en general se produce en áreas reducidas, pudiéndose observar el incremento de olas rompientes en la punta o extremo sur del Club, debido a la presencia de bajos o sistemas rocosos en dicha área.

Así mismo, se ha observado procesos reflexivos, principalmente en la playa N° 04 y 03, donde el oleaje llega formando un ángulo pronunciado sobre la playa, golpeando también sobre los espigones existentes, tanto hacia el sur como hacia el norte.

#### 3.4.2 Bravezas de mar

Las bravezas son trenes de olas levantadas en regiones lejanas por efecto de tormentas, que recorren muchas millas por el océano hasta que se elevan delante de la costa descargando su energía en forma de olas de mayor tamaño que el promedio. La influencia de este fenómeno

recae en las instalaciones costeras impidiendo el normal desarrollo de las actividades portuarias en la costa del Perú.

Frente a nuestras costas y durante cualquier época del año, el comportamiento de oleaje presenta alteraciones en su amplitud respecto a las condiciones normales, a las cuales se les denomina oleaje irregular o bravezas de mar. Las bravezas de mar que afectan a nuestras costas, son el resultado de profundas alteraciones atmosféricas, como tormentas que circulan sobre las altas latitudes, o el resultado de la intensificación del viento. Las bravezas a lo largo de la costa peruana son generadas bajo la presión del viento; su forma y altura van a depender entonces de la fuerza y persistencia de este.

Los meses de mayor ocurrencia de bravezas moderadas y fuertes en el Perú son de Abril a Septiembre, con un máximo durante el mes de Mayo, debido al cambio de estación. En invierno, la frecuencia de ocurrencia de bravezas es también alta, mientras que los meses de menor ocurrencia de oleaje moderado y fuerte son los meses de Noviembre a Febrero.

En el caso específico de Lima Metropolitana y el Callao tenemos un promedio de 328 horas de bravezas, durante el mes de Mayo, en un lapso de 13 años (1990 – 2002), lo que representa, que en promedio se presenten aproximadamente 14 días de bravezas durante ese mes. Diciembre, es el mes en que estadísticamente las bravezas se presentan con menor frecuencia, siendo el promedio de 7 días durante todo el mes.

Como información relevante, podemos mencionar que en promedio, de acuerdo a la estadística de presencia de bravezas de mar para el Callao, proporcionada por La Dirección de Hidrografía y Navegación de La Marina de los años 1990 al 2002, tenemos 111 días de presencia de bravezas de mar en todo el año, lo que significa: *254 días de condiciones normales, 73 días de oleaje irregular ligero, 33 días de oleaje irregular moderado y 5 días de oleaje irregular fuerte.*

Es importante el conocimiento de la ocurrencia de este fenómeno en la medida en que afecta las instalaciones costeras impidiendo el normal desarrollo de las actividades portuarias. Si bien es cierto que existen años en que las bravezas se producen con mayor o menor frecuencia, el porcentaje de ocurrencias, en cierta época del año, como hemos visto, es bastante alto. Normalmente estas bravezas ocasionan pérdidas económicas al paralizar las actividades en un

puerto. En algunos años con la presencia del fenómeno de “El Niño”, las bravesas pueden ser más destructivas, debido a que en esos años los niveles del mar se incrementan. Por ese motivo en particular, se determinó utilizar la información obtenida entre los años 1990 – 2002.

Las olas de bravesas tienen un período diferente al de las olas normales, estas últimas rompen en nuestras playas con un período de entre 10 y 14 segundos, mientras las primeras se presentan con períodos entre 18 y 20 segundos. La duración promedio de una braveza fluctúa entre 2 y 5 días, ocasionando con frecuencia el cierre de puertos.

La información de las bravesas fue obtenida de la estadística que maneja la Dirección de Hidrografía y Navegación, registrada en la estación Mareográfica de La Punta, que administra también dicha Dirección de La Marina.

### **3.4.3 Corrientes marinas**

#### **3.4.3.1 Obtención de datos**

Las corrientes son fenómenos naturales que tienen incidencia directa en las obras portuarias y en las maniobras que se realizan en las cercanías de la costa. Es por este motivo que es de suma importancia conocer los valores promedios de las corrientes reinantes en las áreas donde se ejecutan dichos trabajos o se realice una maniobra con la debida seguridad. Los factores que comúnmente influyen en la dirección y velocidad de las corrientes son los vientos, las mareas, la configuración costera y el fondo marino. Para la determinación de las corrientes se emplean los siguientes métodos:

El “*Método Lagrangiano*”, para lo cual se utilizan flotadores a la deriva monitoreando el movimiento de estos desde tierra por medio de la intersección de ángulos medidos con dos teodolitos instalados en tierra.

El “*Método Euleriano*”, que consiste en la medición del flujo de la corriente marina a través de un punto fijo (correntómetros).

En el caso del Club Regatas Lima, existe el estudio general de la circulación frente al Club, el cual se obtuvo mediante el Método Euleriano. Durante el día 12 de Noviembre del 2009, en la fase de Luna Nueva, y en las etapas de marea ascendente y descendente, se efectuaron mediciones de corrientes a dos niveles (superficiales y sub-superficiales), empleando para ello un

arreglo de dos correntómetros de péndulo fijo (GEL), traídos al Perú por el Dr. Gary Schaffer del Institute of Oceanography University of Gothenburg y descritos por Haamer (1974), instalados para medir la corriente marina, superficial y sub-superficial en cuatro estaciones establecidas.

La profundidad de las mediciones en el caso de corrientes superficiales se realizó a 1m por debajo del Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO) y para las corrientes sub-superficiales a 1/6 de la profundidad total.

### **3.4.3.2 Resultados**

A lo largo del litoral Peruano predomina el Sistema de Corrientes del Perú; dentro de este sistema, la corriente Costera Peruana que se dirige hacia el Norte, serpentea a lo largo de la costa siguiendo el perfil de los accidentes costeros y las curvas batimétricas de la Plataforma Continental. Además, superpuesta a esta corriente está aquella que se produce debido al oleaje que al aproximarse a la costa del Sur y Suroeste, genera las corrientes litorales que son las más importantes en el transporte de sedimentos. Esta corriente litoral es también en general hacia el Norte. En resumen, todo el sistema de corrientes costeras en el litoral Peruano tiene predominantemente dirección del Sur a Norte.

A pesar de que a lo largo de la costa la dirección predominante es hacia el Norte, dentro de una bahía, el sistema de corrientes responde también a otros factores como las mareas, la topografía del fondo de la bahía, los vientos locales, etc. Esto hace que las corrientes dentro de las bahías sean muy variables y difíciles de describir.

Antes de iniciar el análisis, tenemos que diferenciar etapas o períodos de circulación que van a responder principalmente a las estaciones de Invierno y Verano, y a períodos de mareas ascendentes y descendentes.

Como sabemos, durante el Invierno los vientos alisios son más intensos, lo que origina que el sistema de corrientes del Perú que se dirige hacia el Norte, y específicamente la corriente Costera Peruana, al igual que el oleaje, va a ser más intensa y por lo tanto la componente Norte va ser predominante en las regiones costeras. Sin embargo, existe la influencia de las mareas, que en el caso del área de estudio, proceden del Norte, lo que origina, especialmente en áreas estrechas, como el canal existente entre La Punta y la isla San Lorenzo, cambios en la circulación entre las pleamares y bajamares. Otras de las causas que influyen en la circulación en el área de estudio,

es la morfología costera, en este caso, la bahía de Miraflores y específicamente la península al sur del área de trabajo.

### **3.4.3.3 Corrientes Superficiales**

Las direcciones de las corrientes superficiales, en el área de estudio, mostraron una clara dirección prevaleciente hacia el Norte, con una ligera tendencia hacia el Noreste. Se observa así mismo, que en las estaciones más al sur, las corrientes muestran una tendencia a ingresar hacia la ensenada, es decir donde se ubica la Playa N° 3. En general podemos decir entonces, que las corrientes marinas siguen un curso paralelas al perfil de la costa y a las isóbatas por sobre donde se propagan.

Las velocidades en superficie fluctuaron entre 14.0 y 8.5 cm/s, con una velocidad promedio de 11.3 cm/s. En general, las velocidades observadas fueron las esperadas para la zona y época del año.

### **3.4.3.4 Corrientes Sub-superficiales**

Las direcciones de las corrientes sub-superficiales, frente a la playa Barranco, mostraron una clara dirección prevaleciente hacia el Noreste, con la excepción de la estación 02, donde nos muestra una dirección hacia el Este.

Las velocidades sub-superficiales fluctuaron entre 14.0 y 6.0 cm/s, con una velocidad promedio de 8.9 cm/s. Las velocidades fueron muy similares de una estación con otra, sin cambios relevantes. Cabe resaltar, que las corrientes sub-superficiales fueron ligeramente de menor intensidad que las superficiales.

## **3.4.4 Transporte de sedimentos**

Es importante asentar que el principal objetivo en el estudio de transporte de sedimentos, es predecir si se tendrá una condición de equilibrio, erosión o deposición, y determinar las cantidades involucradas.

### **3.4.4.1 Fondo marino**

Debido a que el área en estudio es pequeña, solo se tomaron 3 muestras de sedimentos del fondo marino, con estas muestras se llevó a cabo el estudio granulométrico por tamizado en las

instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Ricardo Palma. Del promedio de estas muestras se obtuvieron los resultados:

Tamiz	Diametro (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Corregido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.360	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 16	1.180	1.00	1.00	0.20	0.20	99.80
Nº 30	0.600	1.50	1.50	0.30	0.50	99.50
Nº 50	0.300	10.50	10.50	2.10	2.60	97.40
Nº 100	0.150	440.50	438.50	87.70	90.30	9.70
Nº 200	0.075	48.50	48.50	9.70	100.00	0.00
Fondo	-----	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
Total		502.00	500.00	100.00	-----	-----

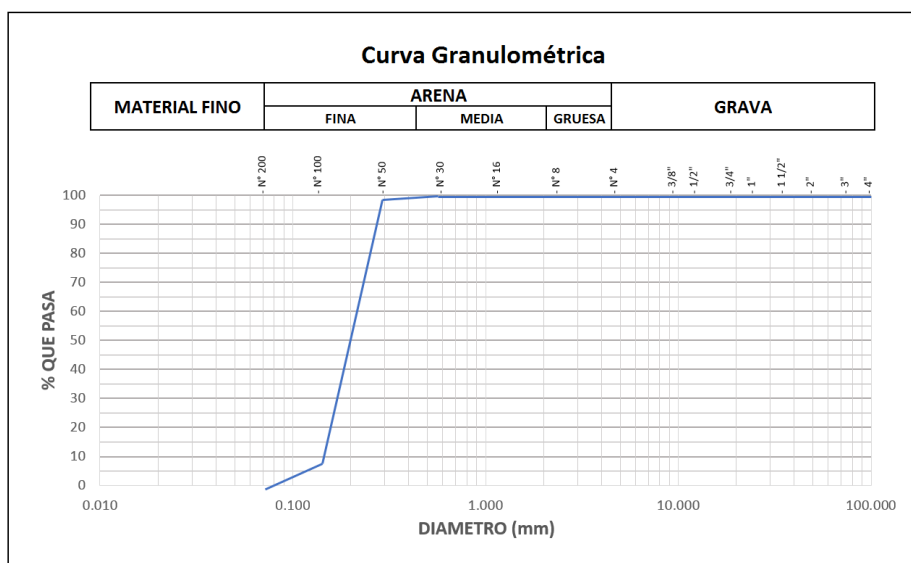


Figura 0.8. Análisis Granulométrico por Tamizado de los Sedimentos de la Playa Nº3 del Club Regatas Lima. Fuente: Propia, 2013

### 3.4.4.2 Dinámica de los sedimentos de fondo

La cuantificación del transporte de sedimentos mediante fórmulas empíricas resulta a veces poco confiable, ya que existe un gran número de ellos, desarrollados por diferentes investigadores y bajo condiciones diferentes. Sin embargo, la mayoría de ellas coincide en el hecho de que la energía sobre la playa es la causa principal de este acarreo litoral.

Para la cuantificación del transporte de sedimentos, en este caso se ha utilizado la fórmula de CERC.

Fórmula de CERC (Coastal Engineering Research Center)



CERC relaciona el transporte con la componente del flujo de energía sobre la playa y un coeficiente de proporcionalidad obtenido experimentalmente en modelos reducidos y en la naturaleza.

Algunas de las limitaciones de esta fórmula son: no da la distribución del transporte en la zona de rompiente, no aparece la influencia de la variación del material de fondo, por lo que solo es válida para arenas de 0.2 a 0.5 mm, no considera la influencia de la pendiente de la playa y además no están involucrados la acción de otros factores como las corrientes.

$$S = A \times Ea$$

Donde:

T = 13.70s (Período)

Lo = 305.76m (Longitud ola en aguas profundas)

S = Transporte litoral (m<sup>3</sup>/s/m)

Ea = Componente del flujo de energía sobre la costa

$$Ea = Eo \times kr_{br} \times \sin \phi_{br} \times \cos \phi_{br}$$

Eo = Flujo de energía en aguas profundas en la dirección de propagación de la ola.

$$Eo = Ho^2 \times Co$$

Ho = 1.28 m (Altura de la ola en aguas profundas)

Co = L/T = 21.84 m/s (Celeridad de ola en aguas profundas)

kr<sub>br</sub> = Coeficiente de refracción en la parte exterior de la zona de rompientes.

φ<sub>br</sub> = Ángulo entre la cresta de la ola y la costa en la parte exterior de la zona de rompientes. (°)

A = 0.025 (Constante de proporcionalidad)

Por lo tanto:

$$S = A \times H_o^2 \times C_o \times k r_{br}^2 \times \sin \phi_{br} \times \cos \phi_{br}$$

La constante de proporcionalidad ha sido calculada por diferentes investigadores y para diferentes alturas de ola tenemos la siguiente tabla.

Investigador	Coefficiente	Altura de ola Característica	Observaciones
CERC (Original)	0.014 0.028	Hsig Hrms	Hsig= Altura de ola significante. Hrms= Altura de ola media cuadrática.
Shore Protection Manual (1973)	0.025	Hsig	
Kanar (1976)	0.049	Hsig	
Svavsek (1969)	0.039		
Delft University of Technology Program	0.039	Hrms	

Tabla 0.6. Tabla de constante de proporcionalidad.  
Silva, 2006.

Fuente: Osorio Arias & Alvarez

Reemplazando en la fórmula se tiene:

$$S = (0.025)(1.28^2)(21.84)(0.5064^2)(\sin 3^\circ)(\cos 3^\circ)$$

$$S = (0.01194)(365)(24)(3600) = 376,676 \text{ m}^3/\text{año} \times ml$$

### 3.4.4.3 Discusión del transporte de sedimentos

El transporte calculado entre la rompiente y la orilla, utilizando la fórmula de CERC, es bajo condiciones de máximo transporte, y está de acuerdo a la magnitud del oleaje en el área. Cabe resaltar, que la fuente principal de sedimentos en la zona es el río Lurín, ubicado al Sur de la zona de estudio, a aproximadamente 25 km. Los ríos de la costa peruana durante el período de avenidas, entre Diciembre y Abril, descargan caudales mayores y grandes volúmenes de sedimento que son distribuidos por las corrientes litorales y costeras a lo largo de las playas, produciendo un ensanchamiento de las mismas a través del tiempo.

En cuanto al sedimento que circula por la zona, al parecer es casi nulo, debido a que dicho sedimento, que procede desde el río Lurín, es aparentemente retenido por una obstrucción de rocas ocasionadas por el arrojado de estas al mar durante la construcción de una pista desde el sur de la playa La Herradura hacia la playa La Chira.

Esta obstrucción del camino por donde circula el sedimento (ancho de la rompiente) aparentemente originó, que dicho sedimento esté desviándose hacia mar adentro, y tardará algún tiempo más en rebasar dicha obstrucción, facilitando nuevamente el paso del sedimento hacia el norte. Esto originó la pérdida de arena en la playa La Herradura, y el aporte de arena hacia la bahía de Miraflores.

Cabe resaltar, que en inspecciones visuales realizadas en la zona de trabajo, se ha observado que, al momento del rompimiento del oleaje, esta muestra un color marrón, es decir, que transporta la cantidad de sedimentos necesarios que podrían dar resultados esperados tras la colocación del dique exento.

En el caso que nos ocupa, la función del dique sumergido es la de disminuir la energía de las olas existentes, a tal punto que la altura y la energía de las mismas no permita los procesos erosivos y que actualmente está sufriendo dicho sector, con pérdidas de arena.

Cabe mencionar, que el dique sumergido, tiene como función principal disipar la energía del oleaje con el fin de proteger la costa frente a la erosión. Son diques de tipo bloques de hormigón con efectos en la hidrodinámica y la geomorfología (sobre las playas y el transporte litoral de arena). No obstante pueden originar alteraciones físico-químicas de la columna de agua y del sedimento. Según la profundidad, no deben afectar la visibilidad hacia la playa.

### **3.4.5 Mareas**

Para efectuar el diseño del dique sumergido, es necesario contar con información de las mareas de la zona de estudio, la cual es obtenida de la Tabla de Mareas editada por la Dirección de Hidrografía y Navegación (HIDRONAV-5023) para el Callao, y de la estación mareográfica del Callao, zona cercana al área de estudio, y cuyos valores son válidos hasta para un radio de acción de aproximadamente 50km.

La importancia de las mareas y de su estudio, radica en la necesidad de obtener planos de referencia o datums, con el fin de determinar las alturas de los accidentes topográficos y las profundidades del mar, además en la determinación de terrenos ribereños para los establecimientos de linderos y el diseño de estructuras en zonas costeras, así como, el de la dinámica del área de acuerdo principalmente a sus amplitudes.

Para determinar las características mareales de la zona en estudio se ha utilizado la tabla de mareas del 2012 que editó La Dirección de Hidrografía y Navegación de La Marina para el puerto del Callao; observándose que las mareas son del tipo semi-diurno, es decir que se presentan dos pleamares y dos bajamares en un día mareal (24 horas 50 minutos)

La amplitud media de la marea es del orden de 0.54m, mientras que la amplitud durante mareas de sicigias alcanzan valores promedios del orden de 0.97m. El establecimiento de puerto es de 05 horas 36 minutos.

## CALLAO

**Latitud: 12° 03.9' S**

**Longitud: 77° 09.9' W**

**Régimen de mareas: Mixta preponderantemente Semidiurna**

**Establecimiento de Puerto: 5h 36m**

Alturas en metros referidas al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO) correspondientes a la predicción 2012				Amplitud (m)	
Pleamar		Bajamar			
Media	Máxima	Media	Mínima	Media	Sicigia
0.92	1.31 (23/01/12)	0.39	0.02 (14/11/12)	0.54	0.97

**Tabla 0.7** Predicción Estación Callao 2012.  
Hidrografía y Navegación, 2011.

Fuente: Dirección de

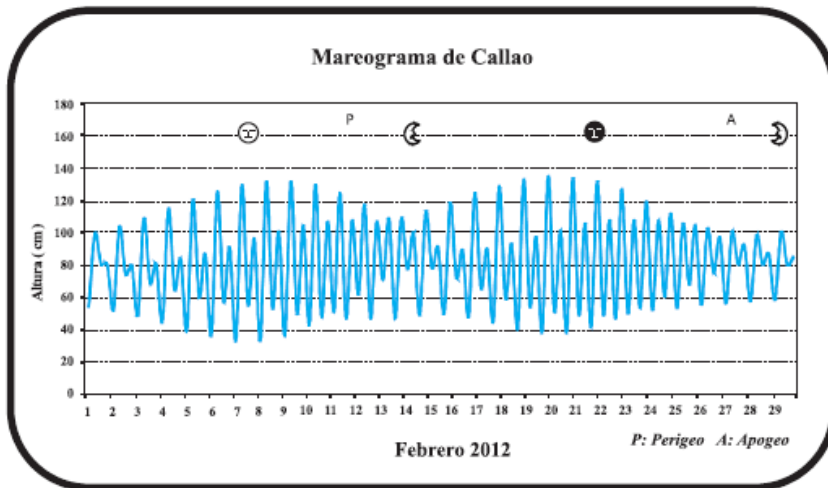


Figura 0.9. Mareograma de Callao, Febrero 2012.

Fuente: Dirección de

Hidrografía y Navegación, 2011.

### 3.4.5.1 Hora y amplitud en pleamares y bajamares en playa Regatas

Las mareas que llegan a nuestras costas proceden del Norte, es decir, que si una pleamar o bajamar pasa por un punto determinado, después de un tiempo pasarán por otro punto más al Sur. Por lo que las horas en que se presentan las pleamares y bajamares van a ser diferentes a todo lo largo de nuestro litoral.

En ese sentido, se ha determinado que para el área de estudio, la hora de las pleamares y bajamares es de 3 minutos más que a la pronosticada en la tabla de mareas para el puerto del Callao. Con respecto a la amplitud, estas son semejantes, debido principalmente a que se encuentra muy cerca al área de estudio.

### 3.4.6 Vientos

Para el análisis del viento, se tomó como base la información registrada en la estación de Chucuito, controlada por La Dirección de Hidrografía y Navegación, ubicada a aproximadamente 20 km al Norte del área de interés.

Según normas establecidas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el área de influencia de una estación Meteorológica alcanza un radio de 25 Km, desde el punto de observación, siempre que no se presenten obstáculos naturales o edificaciones mayores de 10 m de altitud. En nuestro caso no se presentan obstáculos importantes, por lo que la información de

la estación de Chucuito será tomada como valedera. El área de interés no cuenta con registros de información de vientos siendo la estación meteorológica más cercana Chucuito.

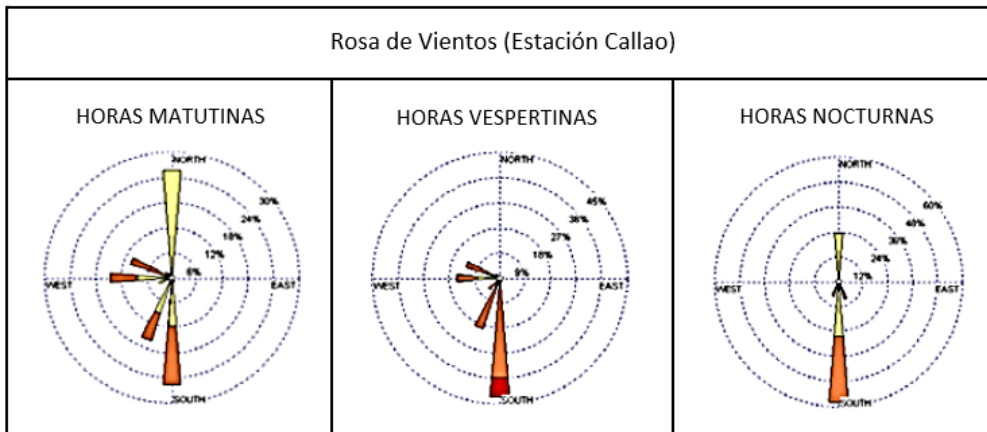


Figura 0.10. Rosa de Vientos – Estación Callao.  
Fuente: (Silva Cotrina et al., 2007)

Generalmente, la componente del viento varía ligeramente al Sur-Suroeste en horas de la tarde, y en algunas ocasiones del año, el viento presenta componentes del Norte-Oeste a Norte que se mantiene por algunas horas y en casos extremos entre 2 a 3 días. Durante la madrugada y primeras horas de la mañana el viento es débil con tendencia a la calma y se intensifica en horas de la tarde entre 14:00 a 20:00 horas.



# CAPITULO 4 : ALTERNATIVA DE DISEÑO PARA LA PROTECCION COSTERA

## 4.1 Hidrodinámica en el entorno de un dique exento

Los diques exentos inducen cambios en la hidrodinámica costera que afectan directamente a las corrientes litorales y el transporte sólido. A su alrededor tiene lugar múltiples procesos que interactúan entre sí y originan flujos de agua y de sedimentos de gran importancia, que constituyen el mecanismo dominante desde el punto de vista de la respuesta morfológica de la costa ante la presencia de este tipo de obras en el litoral.

Tras la construcción de un dique exento se genera un área a resguardo de la acción directa del oleaje; una zona en la que se genera diferentes efectos, de los cuales los principales son:

Alturas de ola y velocidades de las corrientes existentes se ven significativamente reducidas.

Retardar el proceso de erosión sedimentaria en la playa.

Incrementar la longevidad de un banco de arena presente en la zona.

Crear de forma natural una zona de playa donde no existe o que ha sido erosionada.

Al incidir el oleaje sobre un dique exento, parte de la energía incidente es reflejada (debido a la presencia de la barrera artificial que supone el dique exento), parte disipada (bien por rotura del oleaje a lo largo de la estructura, o bien por su paso a través de ella), y parte transmitida al área protegida (debido al fenómeno de difracción del oleaje alrededor de los extremos del dique o a la transmisión de la energía incidente por encima de la cresta de la estructura).

La protección que genera el dique exento es de forma parcial; éste funciona en cierta medida como una obra de abrigo, pero con él no se persigue ni se puede conseguir un espejo de agua en calma como el que puede existir en una dársena portuaria, debido a que en el área a resguardo penetra parte de la energía del oleaje incidente, fundamentalmente por difracción en los extremos del dique exento, y también por transmisión a través de la estructura y por rebase por encima de



ella. Ha de considerarse, además, que si la obra exenta se sitúa a gran distancia de la costa, la sombra ofrecida por la estructura frente a la acción del oleaje puede no recaer sobre ella, siendo entonces el efecto del dique exento sobre la morfología costera prácticamente nulo.

Cabe añadir que, dado que la mayoría de diques exentos se construyen en aguas poco profundas, el oleaje en la zona protegida está completamente condicionado por las características de la batimetría local, que no solo lo refracta y asomera sino que determina su rotura, y, con ello, el ancho de la zona *surf* o de rompientes. La refracción debida a las irregularidades batimétricas condiciona fuertemente los patrones de corrientes en el área afectada por la presencia de los diques.

Los dos principales fenómenos provocados ante la presencia de un dique exento son: la difracción y la transmisión de energía del oleaje, los cuales afectan directamente al transporte de sedimentos en la zona protegida. Además, los cambios en la línea de costa en una determinada zona se producen precisamente cuando se rompe la uniformidad del transporte longitudinal de sedimentos en dicha zona.

Es importante tener presente que la respuesta de la costa ante la presencia de un dique no es inmediata ni cuestión de semanas, sino que es con el transcurrir de los años que la línea de costa va adquiriendo una disposición conforme a los efectos causados en ella por la estructura. De ahí la importancia en el diseño de este tipo de obras, ya que un pequeño error de apreciación puede dar lugar a consecuencias difícilmente reparables.

## **4.2 Respuesta de la costa tras un dique o sistema de diques exentos**

En la actualidad, existen diferentes fórmulas para determinar cuál será la respuesta morfológica ante un cuerpo extraño (diques exentos u otros). Es necesario tener en cuenta las condiciones hidrodinámicas del lugar, siendo de suma importancia, los factores geométricos para determinar cuál es la relación que más nos conviene usar, y así, poder obtener los resultados esperados.

Dependiendo de la cantidad de sedimento captado y depositado en dicha zona, a consecuencia de la presencia del dique o sistema de diques exentos, se generan distintos cambios en la línea de orilla; así, la respuesta de la costa puede clasificarse en: tómbolo, saliente o hemitómbolo y punta de arena si el efecto es limitado o prácticamente nulo. El tipo de respuesta depende, básicamente, de la cantidad de energía que penetra en el área en sombra.

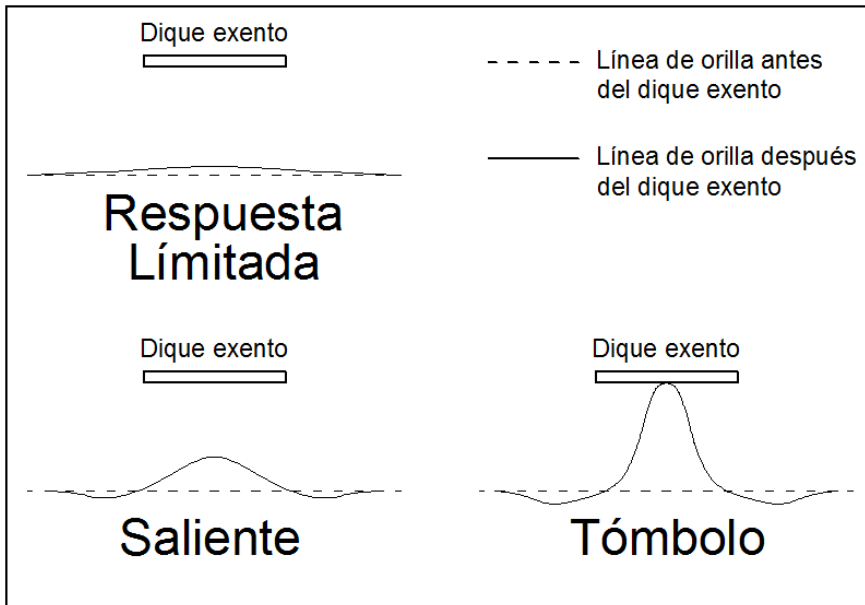


Figura 0.1. Tipos de respuesta de la costa ante la presencia de un dique exento. Fuente: Propia, 2012.

Respuesta limitada o nula: Es el tipo de respuesta que se produce cuando los cambios provocados en la línea de costa, debido a la presencia del dique, son prácticamente imperceptibles. Puede darse fundamentalmente debido a dos situaciones:

El dique no ha sido debidamente orientado en relación a la dirección del oleaje dominante y, en consecuencia, el efecto de la difracción provocado es prácticamente nulo en el tramo de costa situado en la parte posterior. Es una situación relativamente frecuente (aunque no deseable) en aquellos casos en los que únicamente se han tenido en consideración parámetros geométricos en el prediseño del dique exento, sin tener en cuenta consideraciones hidrodinámicas, esenciales para un correcto diseño.

La existencia de sedimento que puede ser movilizado es casi inexistente. El caso extremo de este tipo de situación sería aquel en el que no hay playa, sino una costa totalmente urbanizada de modo que por muchos diques que se colocasen, no habría sedimento que retener.

Hemitómbolo o saliente: Consiste en la formación de un depósito de sedimento en la zona de abrigo generada tras el dique, sin que la nueva disposición de la línea de costa llegue a entrar en contacto con la obra. Se trata de una situación en la que la acción del oleaje permite un efecto de difracción tal para que haya transporte longitudinal de sedimentos tras el dique, pero siendo este

oleaje lo suficientemente importante (al menos ocasionalmente) para llevarse de nuevo el sedimento movilizado y evitar así que se llegue a producir una conexión completa entre la playa y el dique exento.



Figura 0.2. Difracción del oleaje frente un dique exento – Formación de Saliente.  
Fuente: Google Earth, 2012.

Tómbolo: Formación de un banco de arena en la parte posterior del dique exento cuya magnitud de volumen es tal que permite la conexión con la línea de costa. Dicha formación es propia de las situaciones en las que el gradiente de altura de ola, es suficientemente alto en la parte posterior del dique como para atraer a grandes cantidades de sedimento situado en las cercanías y que paulatinamente va depositándose en las inmediaciones de la obra.



Figura 0.3. Formación de Tómbolo.  
Fuente: Google Earth, 2013.

En el caso de diques exentos sumergidos, pueden presentar una gran dificultad de diseño desde un punto de vista funcional. Ello es debido a que son extremadamente sensibles a las variaciones en el nivel del mar y a las condiciones de oleaje, ya que dichas variaciones supondrán una modificación en el valor calculado inicialmente para el francobordo, haciendo que la estructura únicamente tenga el comportamiento esperado bajo un determinado rango de condiciones. Además, se debe tener en cuenta que, no siempre los cambios morfológicos experimentados en el litoral son acumulativos (como ocurre con los diques emergidos), sino que la respuesta de la costa puede ser también erosiva, en función de la distancia del dique exento a la orilla.

Un factor de gran importancia en el diseño de un dique sumergido, es la ubicación de éste (dentro o fuera de la zona de rompientes o “*zona surf*”). Ya que, cuando la estructura se encuentra dentro de la *zona surf*, al aumentar la proporción entre la distancia del dique a la costa y el ancho de la *zona surf*, los flujos de agua que pasan sobre la coronación y que salen hacia el exterior del área protegida por ambos lados de ésta aumentan. Ello conlleva una mayor turbulencia en el interior de dicha área, un mayor transporte de sedimentos hacia el exterior y, en consecuencia, una situación dominante de erosión. Sin embargo, si el dique sumergido se localiza fuera de la *zona surf*, al aproximar la estructura a la línea de rompientes gana importancia el efecto de la difracción y se produce un incremento de los gradientes de altura de ola, resultando un aumento de las tasas de transporte hacia el interior del área protegida.

Nir, en 1982, estudio el tiempo necesario para que la costa alcance de nuevo el equilibrio tras la construcción de un dique o sistema de diques exentos, este depende de las características de la obra y de las condiciones locales (clima marítimo y disponibilidad de sedimentos). Exponiendo, que la mayoría de tómbolos acumulan la mitad de su volumen final en un periodo de uno o dos años, mientras que el estado final de equilibrio se alcanza unos cinco o seis años después de la construcción del dique exento, y que el saliente o tómbolo formado puede ocupar un 25% a un 75% del área protegida. De aquí se deduce que el ratio de acumulación de arena es mucho mayor en los primeros años tras la construcción de la obra que en una segunda etapa.

Site	Time (years) for tombolo volume to go from		Total years
	0-50%	50-100%	
Carmel Beach	3.23	2.60	5.83
Netanya (south)	1.06	3.52	4.58
Netanya (north)	1.56	2.10	3.66
Tel Aviv 1	1.50	4.07	5.57
Tel Aviv 2	3.15	2.66	5.81

Tabla 0.1. Tiempo necesario para la formación de tómbolos.

Fuente: Nir, 1982.

## 4.2.1 Factores condicionantes de la respuesta de la costa

Todos los factores que influyen en la respuesta de la costa ante la presencia de un dique exento se pueden clasificar conforme a su naturaleza:

Parámetros relativos al clima marítimo local o al oleaje (agente actuante),

Factores relacionados con el dique (sus características geométricas y estructurales).

Aspectos concernientes al material sedimentario.

### 4.2.1.1 Parámetros relacionados con el dique exento

El estudio de estos parámetros es fundamental, ya que son los únicos que pueden ser controlados por el proyectista. De estos factores depende el modo y el grado de afección al oleaje incidente, la cantidad de energía en el área protegida y, en definitiva, el tipo de respuesta dada por la costa.

Características geométricas del dique exento

Distancia a la línea inicial de costa (X): Para el diseño, es necesario tener en cuenta, que la distancia entre el dique exento y la línea de la costa está condicionada por la ubicación de la zona de rotura del oleaje, su situación dentro o fuera de la zona *surf*, es la que determina si el dique se encuentra próximo o alejado de la costa.

Longitud del dique exento (B): La influencia de la longitud del dique en respuesta de la costa controla la cantidad de energía que alcanza la playa. Al aumentar la longitud del dique exento tiende también a aumentar la acumulación de sedimentos depositados en el área a resguardo de la

obra exenta, debido a la reducción de los coeficientes de difracción desde los extremos al centro de dicha área, que va acompañada de una disminución en la altura de ola.

Orientación del dique con respecto a la costa ( $\theta_s$ ): Este factor influye en el patrón de difracción del oleaje incidente. Para el diseño del dique exento, ésta debería orientarse de modo que se reduzca la energía del oleaje que alcanza la orilla, y que se altere la dirección de propagación del oleaje de tal forma que los efectos en la costa del oleaje difractado sean los deseados.

#### Características estructurales del dique exento

Para el diseño estructural del dique exento, es necesario que este sea capaz de resistir la acción del oleaje a lo largo del tiempo. Esta condición depende del tipo de diseño, variando la tipología de la obra, materiales empleados, su forma (cota de coronación, anchura, taludes, disposición o no de bermas y banquetas), etc.

La transmisión de energía por encima del dique depende de las características geométricas que definen la forma de su sección estructural, y en particular de dos: la cota y el ancho de coronación.

Cota de coronación de la estructura (CC): La cota de coronación del dique es un factor que influye de forma determinante en el coeficiente de transmisión de la estructura. Normalmente, la variable controlada en el diseño estructural de los diques es el francobordo (diferencia entre la cota de coronación de la estructura y el nivel del mar). Por este motivo, y dado que el francobordo depende del estado del mar, la respuesta de la costa es muy sensible a las variaciones del nivel del mar y de las condiciones del oleaje incidente.

Ancho de coronación (A): Es uno de los factores que influye directamente en la cantidad de energía transmitida al área protegida, ya que, a mayor ancho de coronación, mayor es la amortiguación de la energía transmitida tanto a través del cuerpo de la estructura, como por encima de ella.

Permeabilidad de la estructura (P): Cuanto mayor son el número y tamaño de los huecos, mayor será la cantidad de energía transmitida al área protegida, ya que mayor es la agitación que se produce en esta zona, lo que ocasiona una menor respuesta de la línea de orilla.

Coefficiente de transmisión (Kt): Cuanto mayor es el valor de Kt, mayor es la transmisión de energía dentro del área protegida, siendo el rango de valores entre 0 y 1 que puede tomar dicho coeficiente. En los diques sumergidos, el modo predominante de transmisión se da por el paso del oleaje sobre la coronación.

### 4.3 Propuesta de diseño

Después de haber documentado, con diferentes experiencias realizadas a través del mundo, hemos procedido a plantear una solución que, tenemos la seguridad, funcionará y protegerá nuestras costas de las bravezas del mar.

El diseño de las estructuras prefabricadas se ha realizado en función a las necesidades que tiene el Club Regatas Lima (proteger la playa N°3 de la erosión). A continuación se detallan los procedimientos y métodos utilizados para el diseño de las estructuras anteriormente mencionada.

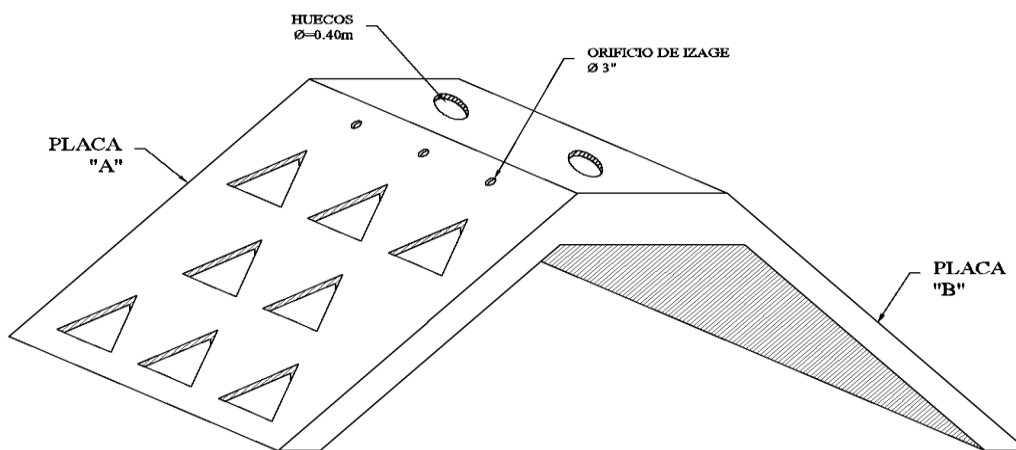


Figura 0.4. Propuesta de diseño – unidad prefabricada.

Fuente: Propia, 2012.

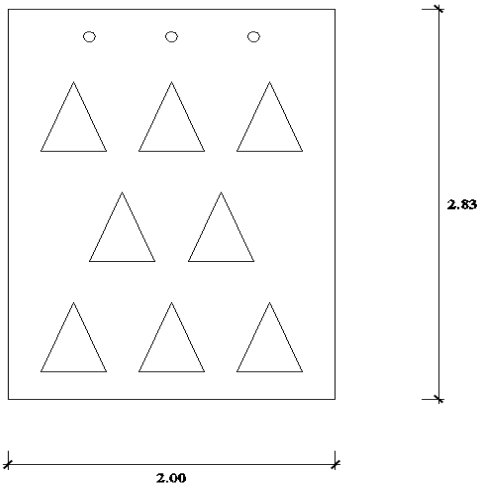


Figura 0.5. Placas “A” y “B” de la estructura prefabricada.  
Fuente: Propia, 2012.

### 4.3.1 Periodo de retorno

Para adoptar el periodo de retorno a utilizar para la propuesta de diseño de la estructura prefabricada es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad excedente de un evento (altura de ola), la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible.

El riesgo de falla admisible en función del periodo de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad \text{Fuente: Ven Te Chow et al, 1988.}$$

Si la obra tiene una vida útil de n años, la formula anterior permite calcular el periodo de retorno T, fijando el riesgo de falla admisible R, el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra.



RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
R										
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

Tabla 0.2. Valores de Período de Retorno T (años).

Fuente: MONSALVE, 1999.

Los interesados en el proyecto (Club Regatas), manifestaron que la estructura debía de tener una vida útil de 25 años, y teniendo en cuenta que se utilizará un riesgo admisible de 25 %, al ingresar a la tabla 4.2 con estos valores, obtenemos un periodo de retorno  $T = 87$  años, el cual utilizaremos como dato para calcular la altura de ola de diseño.

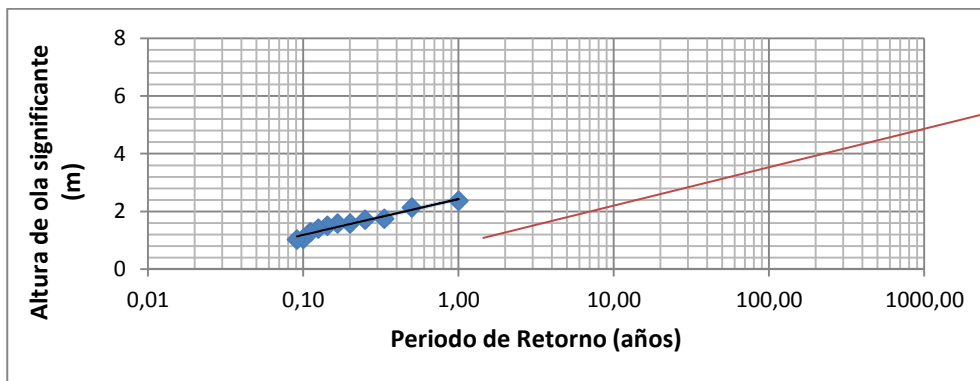


Figura 0.6. Altura de la ola de diseño a partir del tiempo de retorno.

Fuente: Propia, 2013.

En la figura 4.6, ingresamos con el periodo de retorno de 87 años, de la cual intersectamos en la línea de tendencia y obtenemos que la altura de ola de diseño es 4,80 m.

### 4.3.2 Peso de la estructura

Debido a que la estructura se encuentra sometida directamente a la acción de las olas, el diseño de la unidad prefabricada se basa en la determinación del peso requerido, para garantizar la estabilidad de la estructura.

El criterio utilizado para asegurar la estabilidad de los elementos de protección sumergidos, contra el ataque del oleaje, viene dado, según el Shore Protection Manual, por la expresión:

$$W = \frac{\rho_c H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3}$$

Donde:

$\rho_c$  = densidad del concreto (2.40 t/m<sup>3</sup>)

$\rho_w$  = densidad del agua de mar (1.025 t/m<sup>3</sup>)

$S_r$  = relación densidad material de protección / densidad del agua.  $S_r = \rho_c / \rho_w =$

**2.34**

H = altura significativa de la ola de diseño en el punto que se ubica la estructura (3.99 m)

$N_s^3$  = número de estabilidad adimensional según SPM. (Figura 4.8)

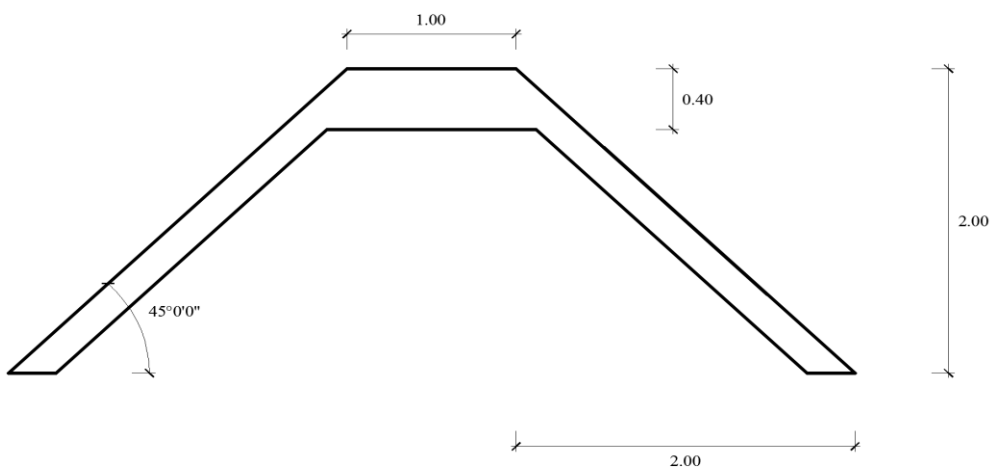


Figura 0.7. Vista lateral de la unidad prefabricada.

Fuente: Propia, 2012.

La figura 4.7 representa la solución esquemática convencional. Sin embargo, el análisis tradicional realizado está por el lado de la seguridad ya que considera que la estructura, al recibir el ataque del oleaje, no permite el paso de flujo a través de ella.

En el caso de las unidades prefabricadas propuestas, los orificios permiten el paso del flujo a través de ella, esto evidentemente incrementa enormemente los factores de seguridad contra el volteo y deslizamiento.

La altura de la unidad prefabricada es de  $h = 2\text{m}$ , y se colocará a una batimetría de  $-3\text{m}$  ( $d_s = 3$ ), es decir, se tiene un borde libre  $d_l = 1\text{m}$ . Se tiene la relación  $d_l/d_s = 0.33$ .

Para este análisis utilizaremos un valor más desfavorable el cual equivale a  $d_l/d_s = 0.2$ , con dicho valor, ingresamos en la figura 4.8 e intersectamos en la curva Rubble as Foundation, dando como resultado:  $N_s^3 = 10$ .

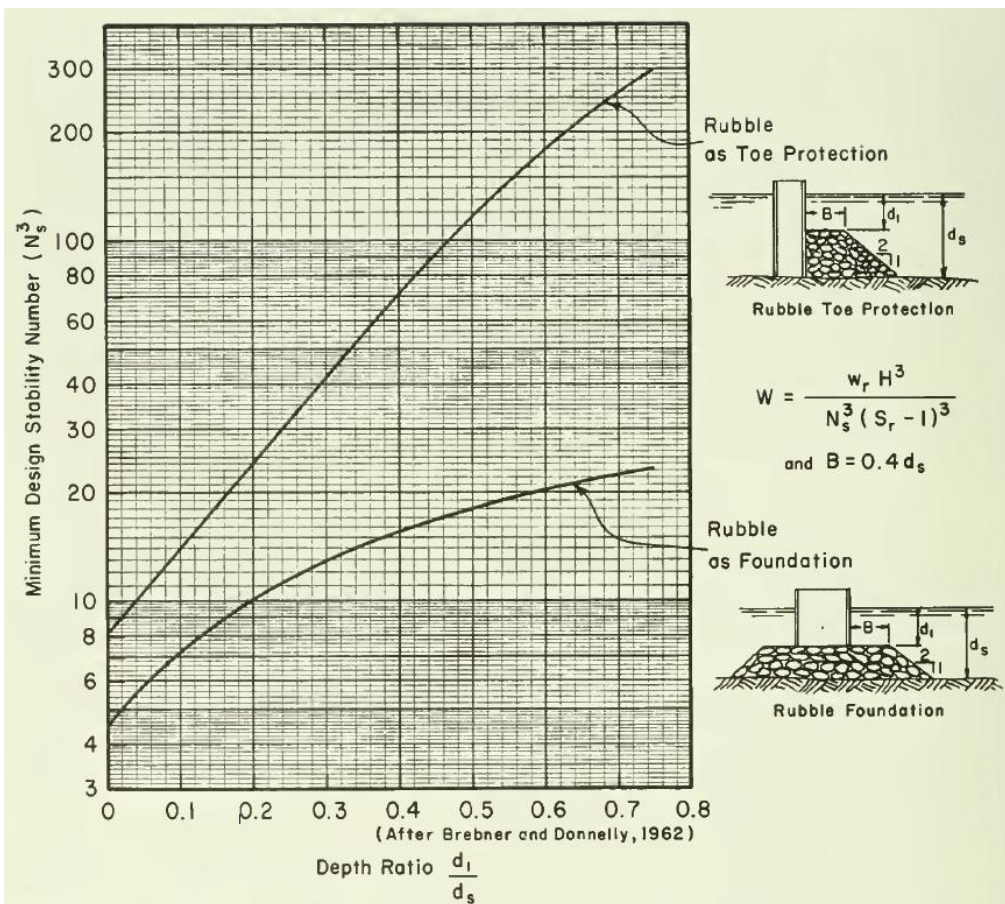


Figura 0.8. Número de estabilidad  $N_s$ .

Fuente: Coastal Engineering Research Center, 1984.

Por lo tanto:

$$W = \frac{2.40 \times 3.99^3}{10 \times (2.34 - 1)^3} = 6.32 \text{ t}$$

Sabemos que:

$$m = \rho_r \times vol_r = \rho_c \times vol_c$$

Entonces:

$$6.32 = 2.40 \times vol_c$$

$$vol_c = 2,63 \text{ m}^3$$

Las estructuras prefabricadas tienen un volumen de 2.63 m<sup>3</sup> cada una.

### 4.3.3 Transmision del oleaje

Evaluar la transmisión del oleaje es fundamental para poder controlar la estabilidad de la playa. Un exceso de transmisión de oleaje causa pérdida de material y por tanto retroceso de la línea de orilla. Una reducción descontrolada de la energía transmitida, causa falta de circulación del agua con riesgo de deterioros ambientales en el entorno.

Por otro lado, la transmisión del oleaje es un parámetro complicado de evaluar que necesita forzosamente, un análisis detallado de la propagación del oleaje y un permanente monitoreo en campo. Sin embargo, se pueden definir parámetros generales apoyados en el conocimiento de las estructuras sumergidas. Se definirá, por tanto, una metodología de diseño basada en la experiencia, que arrojaran parámetros concretos de cálculo. Estos parámetros, en la medida que se genere conocimiento local, serán ajustados y mejorados. Mientras tanto se aplicará un criterio conservador buscando controlar la energía sin causar deterioros.

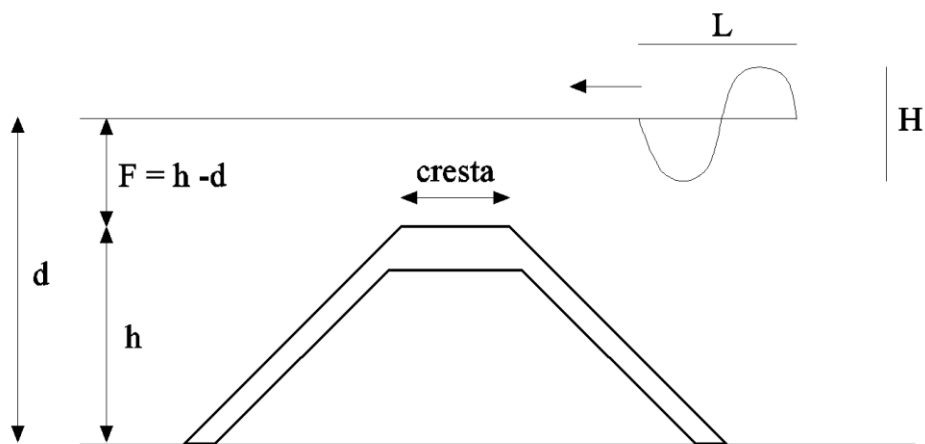


Figura 0.9. Definición esquemática de la estructura sumergida.  
Fuente: Propia, 2012.

Según la figura 4.9, el parámetro importante a evaluar, para controlar la transmisión de oleaje, es el borde libre, que en el caso de un dique sumergido, tendrá signo negativo.

$$F = h - d$$

Donde:

F = borde libre

h = altura de la unidad prefabricada

d = profundidad

H = altura significativa de la ola de diseño en el punto que se ubica la estructura (3.99 m)

El oleaje que sobrepasa la estructura, viene definido por el coeficiente de transmisión  $K_t$  dado por la expresión:

$$K_t = H_t / H_i$$

Donde:

$K_t$  = coeficiente de transmisión.

$H_t$  = Altura de ola transmitida.

$H_i$  = Altura de ola incidente antes de la estructura.

En caso de evaluar el  $K_t$  directo, se utilizan diferentes expresiones, en este caso, utilizaremos 2 fórmulas para encontrar el coeficiente de transmisión.

Fórmula de Seabrook y Hall (1998)

Mediante análisis estadístico se ajustó una fórmula para el cálculo del coeficiente de transmisión en diques sumergidos, considerando, de entre todas las variables adimensionales que influyen en el proceso, sólo las que tenían una mayor relevancia.

Autor:	Seabrook y Hall	Fecha:	1998	Referencia bibliográfica:	Seabrook y Hall (1998)
Formulación		Variables			
$K_t = 1 - \left( e^{-0,85 \frac{d_s}{H_i} - 1,09 \frac{H_i}{B}} + 0,047 \cdot \frac{B \cdot d_s}{L \cdot D_{50a}} - 0,067 \cdot \frac{d_s \cdot H_i}{B \cdot D_{50a}} \right)$		$B$ (m)	Anchura de coronación		
<u>Rango de aplicación:</u>  La fórmula no da buenos resultados para valores extremos del ancho de coronación (valores de $B$ muy grandes o muy pequeños), por lo que se recomienda no aplicarla fuera de los siguientes rangos:  $0 \leq \frac{d_s \cdot H_i}{B \cdot D_{50a}} \leq 7,08$  $0 \leq \frac{B \cdot d_s}{L \cdot D_{50a}} \leq 2,14$		$d_s$ (m)	Francobordo		
		$D_{50a}$ (m)	Diámetro medio nominal de las piezas del manto		
		$H_i$ (m)	Altura de ola significante incidente asemejada a la altura de ola espectral de momento centrado de orden cero ( $H_{m(0)}$ )		
		$K_t$	Coeficiente de transmisión		
		$L$ (m)	Longitud de onda del oleaje (no se define la profundidad)		
		$\frac{d_s}{H_i}$	Francobordo relativo (monomio que considera la rotura del oleaje)		
		$\frac{H_i}{B}$	Monomio representativo del fenómeno de rebase *		
		$\frac{d_s \cdot H_i}{B \cdot D_{50a}}$	Monomio representativo del fenómeno de la disipación de energía en la coronación del dique		
		$\frac{B \cdot d_s}{L \cdot D_{50a}}$	Monomio representativo de las pérdidas de energía por fricción interna		
<b>Ensayos</b>					
- Ensayos de laboratorio (2D y 3D): - 2D (ensayos en canal): estructura sumergida con núcleo y manto, sobre plataforma elevada de contrachapado simulando una playa sumergida (dique en aguas someras). N° de tests: 800, utilizando 13 geometrías distintas para el dique, 5 niveles de agua, oleaje regular e irregular (espectro Jonswap; 11 oleajes distintos combinando 4 alturas de ola y 3 periodos). - 3D (ensayos en tanque): estructura sumergida con núcleo y manto, sobre el fondo del tanque directamente. Tests realizados utilizando 3 geometrías distintas para el dique, 3 niveles de agua, oleaje irregular (espectro Jonswap; 11 oleajes distintos combinando 3 alturas de ola y 4 periodos; 100 repeticiones), incidencia normal (90°) y oblicua (60°).					
<b>Comentarios</b>					
- $K_t$ es muy sensible a las variables $d_s$ , $B$ y $H_i$ . El francobordo relativo ( $d_s/H_i$ ) tiene gran influencia en condiciones de sumergencia reducidas mientras que el ancho de coronación tiene más importancia que el francobordo relativo en condiciones de sumergencia mayores. - Los resultados obtenidos con esta formulación siguen las tendencias de las curvas de Tanaka, especialmente en el caso de estructuras multicapa (convencionales) y sumergidas. - Validez: diques sumergidos. Debe tenerse cuidado al aplicar dicha fórmula a diques arrefice. * El monomio representativo del fenómeno de rebase que suele considerarse en diques convencionales en talud es el de Owen (1980): $Q = \frac{q}{\sqrt{g \cdot H_i^3}}$					

Tabla 0.3. Fórmula de Seabrook y Hall.

Fuente: CEDEX, 2009.

La mayoría de los datos necesarios, son valores ya mencionados anteriormente, por otra parte, se muestran a continuación los datos faltantes:

$A_t$  =  $6 \text{ m}^2$  (Área de la sección de la estructura)

$D_{50a} = 0.86$  m. (tomando en cuenta, el volumen de la estructura)

$L_o = 305.76$  m. (Longitud de ola en aguas profundas)

Verificamos el rango de aplicación:

$$\frac{d_s \times H_i}{B \times D_{50a}} = 3.3606$$

$$\frac{B \times d_s}{L \times D_{50a}} = 0.0037$$

Entonces:

$$K_t = 1 - \left( e^{-0.65 \frac{d_s}{H_i} - 1.09 \frac{H_i}{B}} + 0.047 \cdot \frac{B \cdot d_s}{L \cdot D_{50a}} - 0.067 \cdot \frac{d_s \cdot H_i}{B \cdot D_{50a}} \right) = 0.72$$

Fórmula de Ahrens (2001)

La fórmula de predicción del coeficiente de transmisión de Ahrens considera las tres posibles formas de transmisión de energía, las cuales relaciona con el francobordo relativo  $F/H_s$  (donde  $F$  es el borde libre del dique y  $H_s$  la altura de ola significativa en aguas profundas). En el caso de un dique sumergido ( $F/H_s < 0$ ), el modo de transmisión predominante es por el paso del oleaje sobre la coronación de la estructura.

Ahrens estableció que el coeficiente de transmisión se podía estimar a partir del cálculo del flujo de energía por coronación y a través del dique, separadamente, en función de una serie de monomios adimensionales. Cabe resaltar, que esta fórmula, no tiene en cuenta adecuadamente el efecto de la anchura de coronación.

Autor:	Ahrens	Fecha:	2001	Referencia bibliográfica:	Wamsley y Ahrens (2003)
<b>Formulación</b>		<b>Variables</b>			
$K_t = \sqrt{K_{t\over} + K_{t\text{thru}}}$ $K_{t\text{thru}} = \frac{1}{1 + f_{\text{thru}}}$ $f_{\text{thru}} = \left(\frac{H_s}{D_{50}}\right)^{0.982} \cdot e^{\left(0.433 + 2.35 \frac{A_t}{L_0 h_c}\right)}$ $K_{t\over} = \frac{1}{1 + f_{\over}}$ <p>Dique sumergido: <math>f_{\over} = e^{\left(-0.646 + 0.631 \frac{F}{H_s} + 0.00137 \frac{A_t}{D_{50}^2}\right)}</math></p> <p>Dique de baja cota: <math>f_{\over} = e^{\left(0.465 + 12.7 \frac{F}{\sqrt{H_s L_0}} - \frac{17.4}{h_c D_{50}} + \frac{0.00118}{L_0}\right)}</math></p>		$A_t$ (m <sup>2</sup> ) Área de la sección del dique $D_{50}$ (m) Diámetro medio nominal de la escollera $F$ (m) Francobordo $H_s$ (m) Altura de ola significativa en aguas profundas $h_c$ (m) Altura del dique $K_t$ Coeficiente de transmisión total $K_{t\text{thru}}$ Coeficiente de transmisión a través de la estructura $K_{t\over}$ Coeficiente de transmisión por encima de la coronación $L_0$ (m) Longitud de onda del oleaje en profundidades indefinidas $\frac{F}{H_s}$ Francobordo relativo $\frac{A_t}{D_{50}^2}$ Monomio representativo del porcentaje de huecos $\frac{A_t}{L_0 \cdot h_c}$ Anchura de coronación relativa a la longitud del oleaje $\frac{A_t}{D_{50} \cdot h_c}$ Anchura de coronación relativa al tamaño de la escollera $\frac{H_s}{D_{50}}$ Altura de ola relativa $\frac{H_s}{L_0}$ Peralte del oleaje			
<b>Ensayos</b>					
- Ensayos de laboratorio con diques de diferentes características, de tipo convencional y, fundamentalmente, arrecife, para un gran rango de configuraciones geométricas, niveles de agua y condiciones de oleaje. (Sin descripción detallada de los ensayos realizados en el artículo de referencia).					
<b>Comentarios</b>					
- Da unas curvas cualitativamente similares a las de Tanaka cuando se representa el coeficiente de transmisión frente al francobordo relativo, y los resultados para estructuras de cota de coronación alta son bastante razonables. - La fórmula podría no tener en cuenta adecuadamente el efecto de la anchura de coronación en estructuras sumergidas. - Validez: todo tipo de estructuras, si bien los resultados más fiables son para estructuras de tipo arrecife, pudiendo obtenerse sobreestimaciones del coeficiente de transmisión en caso de ser utilizada la fórmula con estructuras convencionales.					

Tabla 0.4. Fórmula de Ahrens.

Fuente: CEDEX, 2009.

Tenemos que:

$$f_{\over} = e^{\left(-0.646 + 0.631 \cdot \frac{F}{H_s} + 0.00137 \cdot \frac{A_t}{D_{50}^2}\right)} = 0.45$$

$$f_{\text{thru}} = \left(\frac{H_s}{D_{50}}\right)^{0.982} \cdot e^{\left(0.433 + 2.35 \cdot \frac{A_t}{L_0 h_c}\right)} = 6.95$$

$$k_{t\over} = \frac{1}{1 + f_{\over}} = 0.69$$

$$k_{t\text{thru}} = \frac{1}{1 + f_{\text{thru}}} = 0.13$$

$$k_t = \sqrt{k_{t\over} + k_{t\text{thru}}} = 0.90$$



Por lo tanto, de las dos fórmulas mencionadas anteriormente, se obtiene un coeficiente de transmisión promedio:  $k_t = 0.81$

Entonces, para una altura de ola incidente  $H_i = 2.83$  m (ubicación del dique exento y altura de olas en condiciones normales), obtendremos una altura de ola transmitida  $H_t = 2.29$  m en la zona protegida.

#### 4.3.4 Características geométricas del dique exento

Ahrens y Cox (1990) desarrollaron una expresión empírica para un índice de respuesta de playa basada en los datos de siete proyectos de diques exentos presentados por Pope y Dean (1986). Este índice se basa en la relación de la longitud del dique ( $L_d$ ) y la distancia a la costa del dique  $X$ . Los valores de este índice para las cinco clasificaciones de respuesta de la playa de Pope y Dean (1986) se muestran a continuación:

<b>Beach Response Classifications (from Pope and Dean (1986))</b>	
<b>Beach Response Index</b>	<b>Classification</b>
1.0	Permanent tombolos
2.0	Periodic tombolos
3.0	Well-developed salients
4.0	Subdued salients
5.0	No sinuosity

Tabla 0.5. Clasificación de las playas según su respuesta.  
Fuente: Chasten M. A., Rosati, McCormick, & Randall, 1993.

Para la zona del proyecto, se realizaron diversas combinaciones de longitudes del dique y distancias a la línea de la costa, junto con el índice respuesta correspondiente a la playa, los cuales se evaluaron como se muestra a continuación:

Con el fin de maximizar la protección de la costa en el área del proyecto y mantener el tipo de transporte del material sedimentario, la forma en planta deseada está desde salientes tenues hasta salientes bien desarrollados (tabla 4.6). Para lograr esta forma en planta, la combinación de una longitud de rompeolas es de 85 metros y la distancia a la costa es de 110 metros.

Breakwater Length/Distance Offshore vs Beach Response							
$L_b$	X	$L_b$	X	$L_b$	X	$L_b/X$	Beach Response (Ahrens and Cox 1990)
50	200	75	300	100	400	.25	5.0/no sinuosity
50	100	75	150	100	200	.50	4.5/no sinuosity
50	75	75	112	100	150	.67	4.2/subdued salients
50	67	75	100	100	133	.75	4.1/subdued salients
50	50	75	75	100	100	1.00	3.7/subdued salients
50	40	75	60	100	80	1.25	3.3/well-developed salients
50	33	75	50	100	67	1.50	3.0/well-developed salients
50	29	75	43	100	57	1.75	2.7/well-developed salients
50	25	75	38	100	50	2.00	2.5/periodic tombolos

Tabla 0.6. Comparación de longitud del dique y la distancia a la línea de la costa vs la respuesta esperada. Fuente: Chasten M. A., Rosati, McCormick, & Randall, 1993.

Ranasinghe y Turner profundizaron en el estudio de los diques exentos sumergidos y, en 2004, propusieron un criterio de clasificación de la respuesta de la costa para este tipo de obras. Estos autores propusieron una relación empírica para predecir, de forma preliminar, el tipo de respuesta de la costa protegida por un dique sumergido:

Acreción en la costa :  $\frac{S_a}{SZW} > 1.5$

Erosión en la costa :  $\frac{S_a}{SZW} < 1.0$

Siendo:

$S_a$  = distancia del dique sumergido a la línea de orilla inicial.

$SZW$  = ancho de la zona *surf*.

Asimismo, Ranasinghe y Turner observaron que los efectos en la costa eran tanto más reducidos cuanto mayores eran la sumergencia y la oblicuidad del oleaje.

En el caso de las unidades prefabricadas, estas estarán a una distancia de 110m de la orilla, lo cual es mucho mayor a la diferencia entre la zona de rompiente y la orilla (zona *surf*, de 35 a 45m), es decir, el dique sumergido provocará acreción en la playa. Además el dique exento estará perpendicular al oleaje incidente.

#### 4.3.5 Socavación en la estructura prefabricada

Tomando como ejemplo el diseño de los arrecifes artificiales llegamos a la conclusión que, para evitar la socavación al pie de la estructura, es de suma importancia los orificios cerca del fondo de la playa. Además, estos deben ser lo suficientemente amplios para impedir la socavación.

Otra alternativa, sería usar un tablestacado con una profundidad de 1 metro, dejando una saliente de 10 cm.

#### 4.3.6 Colocación de unidades prefabricadas

Una de las ventajas que cuenta es la parte constructiva, es decir, la colocación de las unidades prefabricadas. Estas unidades prefabricadas pueden levantarse mediante una grúa hidráulica, hasta el espigón de 200m a la derecha de la playa.

Luego, para colocarlas en el mar, se moverán mediante flotadores (barriles de aire), hasta llegar a la posición deseada. Una vez que las unidades prefabricadas estén en posición, simplemente, se les va quitando el contrapeso (aire a los barriles), hasta tocar el fondo.

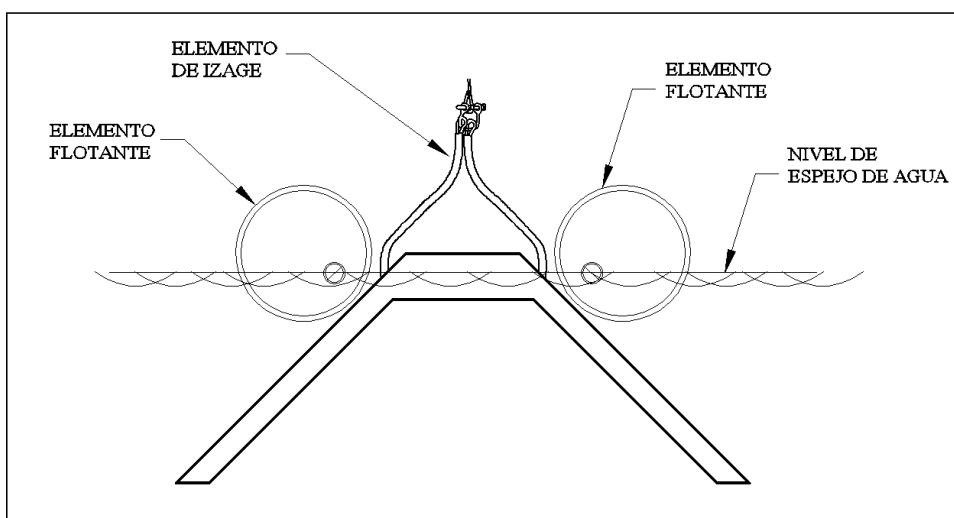


Figura 0.10. Colocación de las unidades prefabricadas.

Fuente: Propia, 2012.

Otra de las ventajas más significativas, al usar este tipo de unidades prefabricadas, es que se pueden reutilizar en niveles sucesivos en la medida en que el arenamiento se produzca. Para esto será necesario el uso de gatas hidráulicas y los flotadores.

#### **4.4 IMPACTO AMBIENTAL**

Es necesario realizar un Estudio de Impacto Ambiental como parte de un estudio definitivo. Considerando todos los impactos ambientales posibles que pudieran ser causados por las actividades que se realicen en el dique exento, basado en la experiencia de otros proyectos similares (tomando en cuenta la experiencia de los Arrecifes Modulares Artificiales – AMA, tecnología de Oceanus Internacional ®, que cuenta con un certificado por la Environmental Protection Agency de los E.U. así como la Secretaria de Marina de México).

Los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) son obligatorios en todos los proyectos de obra o actividades, de carácter público o privado, que puedan provocar daños no tolerables al ambiente. La obligación de hacer estos estudios constituye una medida de carácter preventivo para conciliar la conservación con el desarrollo.

Este estudio debe elaborarse siguiendo los “Lineamientos para el desarrollo de Estudios de Impacto Ambiental relacionados con proyectos de construcción de muelles, embarcaderos y otros similares”, establecidos por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Perú mediante R.M. N° 0283-96/DCG del 25.10.96.

Además, este tipo de proyectos también está sujeto a las leyes ambientales y leyes internacionales adoptados por el Perú, que también son relevantes para la evaluación de impactos. Siendo algunas de estas:

Constitución Política del Perú (1993)

Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

Ley de los Recursos Hídricos (Ley N° 29338)

Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 27446)

Ley de Control y Vigilancia de las Actividades Marítimas, Fluviales y Lacustres (Ley N° 26620)

Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada (D.L. N° 757)

Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley N° 26821)

Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica (Ley N° 26839)

Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314)

#### **4.4.1 MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA**

El concreto que se usa para la fabricación de las estructuras prefabricadas estará preparado con los siguientes materiales:

Cemento Tipo V

Agregados

Micro-silica (Microsilica Z; ASTM C 204), aditivo no-tóxico que permite que la estructura alcance un pH semejante al agua de mar.

Súper plastificante (Z Fluidizante SR; ASTM C-494 Tipo F), aditivo que da consistencia homogénea al concreto.

Incorporador de aire (Z Aer; ASTM C-260).

#### **4.4.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

En el año 2009, el Club Regatas Lima, realizó un Estudio de Impacto Ambiental para la colocación del geotubo, en el cual se realizaron diversos ensayos para obtener las características ambientales de la zona en estudio.

Para la evaluación del Impacto Ambiental de las estructuras prefabricas propuestas en la zona de estudio, se tomaron en cuenta los siguientes estudios:

EIA para el proyecto “*Construcción de Rompeolas en la Playa N°3 del Club Regatas Lima*” en el 2009. (condiciones del sitio)

EIA para el proyecto “*Campo demostrativo de arrecifes artificiales Reef Balls en la zona costera de Santa Clara, Dzdzantún, Yucatán, México*” en el 2005.

Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Particular del proyecto “*Arrecife Artificial frente al Hotel Dorado Royal & Spa*” ubicado en Quintana Roo, México en 2010.

Las estructuras prefabricadas fueron evaluadas mediante la aplicación de una Matriz, la cual se puede observar en el Anexo 02. A continuación se muestra el resumen de la evaluación:

CONSTRUCCION		INSTALACION		OPERACIÓN	
Duración	Influencia	Duración	Influencia	Duración	Influencia
0.50	1.32	0.75	2.64	11.25	11.57

Tabla 0.7. Resumen de Evaluación de Impactos.

Fuente: Propia, 2013.

De los datos obtenidos tras la evaluación de impactos, es posible observar que las actividades que generan mayor impacto en el medio se dan en la etapa de Operación, con un impacto positivo en general.

# CAPITULO 5 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 Conclusiones

El tramo en estudio es la Playa N° 3 del club Regatas ubicado en el distrito de Chorrillos, esta playa se encuentra flanqueado por el lado derecho mirando hacia el mar, por un espigón diseñado como retenedor de arena de unos 200 m de longitud.

Definición de la situación físico-oceanográfica del área en estudio:

$T = 13.7 \text{ s}$

$H = 3,99$ . Altura de la ola de diseño

$Lo = 305,76$ . Longitud de la ola en aguas profundas.

$D_{90} = 0,283 \text{ mm}$

$D_{50} = 0,206 \text{ mm}$

$D_{10} = 0,150 \text{ mm}$

Dirección del oleaje: Sur (S) y Sur Oeste (SW)

Dirección de corrientes = Sur (S) a Norte (N)

Celeridad de Corriente =  $11,3 \text{ cm/s}$

Densidad del agua de mar =  $1.025 \text{ gr/cm}^3$

Salinidad = 2%

Variación del viento = Sur (S) a Norte (N)

Para recomendar una solución viable al problema costero, fue necesario identificar el sistema hidromorfológico y oceanográfico del sector. Este sistema ha sido observado como muy particular dada la ubicación del sector de interés:



Figura 0.1. Sistema Hidromorfológico en las Playas de Chorrillos.  
Fuente: Google Earth, 2013.

Del análisis morfológico, se aprecia que la mayor parte del sedimento no ingresa a la playa La Herradura ni a la playa N° 03 del Club Regatas; esto por motivo de una zona rocosa en la zona sur, produciendo que dicho sedimento esté desviándose hacia mar adentro.

Debido al levantamiento batimétrico – topográfico en la playa N°3 que realizó el Club Regatas, se tiene la presentación del área levantada, la cual se muestra en el Plano 04 elaborado en escala 1:500.

La solución propuesta en el presente trabajo, para controlar la erosión y recuperar la playa N° 3 del Club Regatas Lima, consiste en la construcción de un dique exento con unidades prefabricadas.

Dadas las características oceanográficas y físicas del área en estudio, y debido a que en la zona a intervenir ya se han probado en años anteriores el alargamiento del rompeolas situado en la



margen derecha de la playa N° 3 y la colocación de un geotubo sin poder dar una solución definitiva al problema, consideramos que el diseño del dique exento es la alternativa más viable para reclamar la playa anteriormente mencionada.

Las unidades propuestas ofrecen diferentes ventajas, al ser sumergidos dejan pasar una cierta cantidad de oleaje, lo cual supone un menor impacto en la morfología de la costa, además no provocan un impacto visual tan acusado como el de los diques convencionales emergidos. Se elaboró una matriz cromática, la cual presenta resultados favorables tras la colocación de la estructura:

CONSTRUCCION		INSTALACION		OPERACIÓN	
Duración	Influencia	Duración	Influencia	Duración	Influencia
0.50	1.32	0.75	2.64	11.25	11.57

Tabla 0.1. Resumen de Evaluación de Impactos.  
Fuente: Propia, 2013.

Para el cálculo de la altura del oleaje, se tomaron en cuenta estadísticas del oleaje de los datos obtenidos en Ventanilla, datos del WaveWatch III del Proyecto Naylamp y la que difunde el Sailing Directions for South America.

El Club Regatas Lima, en el año 2009, realizó un estudio hidro-oceanográfico, obteniendo registros de mediciones durante 12 meses consecutivos, en la cual se observó una altura significativa promedio de 1.12 m, y una altura de 3.41m correspondiente a un estado de braveza del mar.

En un estudio de corrientes realizado por el Club Regatas en la playa N° 03 (Plano 02), se pudo observar que las velocidades sub-superficiales tienen una velocidad promedio de 8.9 cm/s y las velocidades en superficie tuvieron como promedio 11.3 cm/s.

Se tomaron 3 muestras de sedimentos del fondo marino en la zona de estudio; con estas muestras se llevó a cabo el estudio granulométrico por tamizado en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Ricardo Palma.

Para el cálculo del transporte de sedimentos, se tuvo en cuenta varias fórmulas, ya que por aplicabilidad y resultados dentro de un rango aceptable solo se utilizó la fórmula del CERC, dando como resultado:  $S = 376,676 \text{ m}^3/\text{año}$ .

Debido a la poca información acerca del diseño de una estructura de este tipo, se adaptaron metodologías combinadas (peso de la estructura, transmisión de oleaje, características geométricas, socavación en la estructura, colocación de las unidades prefabricadas) para dar el mejor resultado posible.

En esta Tesis, no se ha realizado un modelo predictivo físico ni numérico, ya que el costo que estos implican son muy elevados y superiores a la ejecución del proyecto, además es necesario tener en cuenta que el área en estudio es relativamente pequeña y por lo general este tipo de modelos se realizan para proyectos y áreas grandes. Además, tampoco se tomó como consideración un análisis sísmico, debido a que el costo de reparación ante este tipo de fenómeno natural no sería elevado.

Debido a que la estructura se encuentra sometida directamente a la acción de las olas, el diseño de la unidad prefabricada se basa en la determinación del peso requerido, para garantizar la estabilidad de la estructura, que según el Shore Protection Manual, viene dado por:

$$W = \frac{\rho_c H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3}$$

Cada unidad prefabricada tendrá el mismo peso (7 toneladas aprox.), lo que dará una mayor estabilidad a la misma, ya que cada unidad será capaz de soportar los embates del oleaje.

El diseño geométrico de la estructura viene definido en primer lugar por el peso de la estructura. Además, se tomaron en cuenta las experiencias de algunos autores (Seabrook y Hall, Ahrens), los cuales han descrito fórmulas (publicadas por el CEDEX - España) que permiten hallar el

coeficiente de transmisión de energía. Por lo descrito anteriormente, se ha diseñado una estructura capaz de soportar los embates del mar con un dimensionamiento adecuado teniendo como altura libre  $H = 2\text{m}$ .

Mediante el cálculo del coeficiente de transmisión para una estructura sumergida, es posible definir el borde libre necesario para mitigar la energía incidente, y así, poder obtener resultados satisfactorios. Se obtuvo un coeficiente de transmisión promedio:  $k_t = 0.81$ , por ende para una altura de ola incidente  $H_i = 2.83\text{ m}$  (ubicación del dique exento y altura de olas en condiciones normales), obtendremos una altura de ola transmitida  $H_t = 2.29\text{ m}$  en la zona protegida.

Con el fin de maximizar la protección de la costa en el área del proyecto y mantener el tipo de transporte del material sedimentario, la forma en planta deseada está desde salientes tenues hasta salientes bien desarrollados. Para esto, las estructuras serán colocadas fuera de la zona de rompiente a una distancia de 110 metros del geotubo (línea de la orilla actual), y con una longitud de 85 metros.

Para evitar la socavación al pie de la estructura, es de suma importancia los orificios cerca del fondo de la playa. Además, estos deben ser lo suficientemente amplios para impedir dicha socavación.

Las estructuras prefabricadas pueden ser llevadas hasta el espigón de 200m con una grúa hidráulica, y colocadas en posición mediante flotadores de barriles de aire.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Es necesario establecer nuevas rutas de investigación abocadas a este tipo de estructuras, ya que este tipo de investigación permitirá proponer estas alternativas como obras de protección a las costas nacionales.

De ser posible y para dar mayor seguridad al proyecto se podría realizar un modelo numérico.



# Referencias

BOSLAN Ingeniería y Consultoría S.A. (2011). Anejo N°3. Estudio de Dinámica Litoral. En *Restauración Integral del Estuario Superior de la Ría del Oka. Fase II*. País Vasco.

Bricio Garberí, L., Negro Valdecantos, V., & Díez Gonzáles, J. J. (2007). Parámetros geométricos de diques exentos en el litoral catalán. *Revista de Ingeniería Civil*(147), 91-103.

Bricio Garberí, L., Negro Valdecantos, V., Díez González, J. J., & López Gutiérrez, J. S. (2010). Diseño Funcional y Ambiental de Diques Exentos de Baja Cota de Coronación. *Revista de Ingeniería Civil*(158), 53-61.

Centro SCT Campeche. (2002). Obtenido de Calculo del peso de los Elementos de Protección: <http://www.reefball.com/map/campeche/11-02sct-memsf.htm>

Chasten, M. A., Rosati, J. D., McCormick, J. W., & Randall, R. E. (1993). *Engineering Design Guidance for Detached Breakwaters as Shoreline Stabilization Structures. Technical Report CERC-93-19*. Vicksburg (Mississippi): U.S. Army Engineering Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Center.

Climate Institute. (2013). *El Clima Extremo*. Obtenido de <http://www.climate.org/topics/extreme-weather/index.html>

Club Regatas Lima. (2009). *Estudio Oceanográfico*. Lima.

Club Regatas Lima. (2011). *Levantamiento Batimétrico y Topográfico en la Playa 3*. Lima.

Coastal Engineering Research Center. (1984). *Shore Protection Manual (SPM)* (4th ed.). Washington DC: Waterways Experiment Station, CERC, Government Printing Office.

Coastal Engineering Research Center. (1992). *Coastal Groins and Nearshore Breakwaters*. Washington DC: U.S. Army Engineering Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Center.

CPPS/PNUMA. (1997). *Implicancias Socioeconómicas del Incremento del Nivel del Mar en Lima Metropolitana y el Callao como Cónsecuencia del Calentamiento Global*. CPPS/PNUMA/PSE/IE(97)10.

Dirección de Hidrografía y Navegación. (2011). *Tabla de Mareas 2012, Puertos de la Costa del Perú*. Callao: Dirección de Hidrografía y Navegación.

Dirección de Hidrografía y Navegación. (Noviembre de 2012). *Modelo Wave Watch III Naylamp Perú-Centro*. Obtenido de Proyecto Naylamp: <http://www.naylamp.dhn.mil.pe/>

Fuentes Ortíz, C. A. (2001). Ingeniería Costera. En C. A. Fuentes Ortíz, *Ingeniería Portuaria* (1a ed., págs. 23-153). Lima: Coper & Asociados.

García Naranjo, M. (19 de Abril de 2012). *Transporte Longitudinal de Sedimentos*. Obtenido de Principios de Ingeniería de Costas: <http://www.slideshare.net/mgarcianaranjo/principios-de-ingeniera-de-costas>

Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. (2000). *Documento de referencia: Dinámicas* (Vol. I). Santander: Universidad de Cantabria.

Inman, D. L., & Frautschy, J. D. (1966). Littoral Processes and the Development of Shorelines. *Proceedings of the 10th International Conference on Coastal Engineering, 1966, Tokio (Japan)*, 511-536.

Kliucininkaite, L., & Ahrendt, K. (2011). Modelling different artificial reefs in the coastline of Probstei. *RADOST Journal Series*(5).

Marenter, S.A. (s.f.). *Aplicaciones diversas de Arrecifes Artificiales a base de elementos de Concreto tipo ReefBall*. Obtenido de Arrecifes Artificiales - Reef Ball Artificial Reefs: [http://www.artificialreefs.org/ScientificReports/Aplicaciones%20Diversas%20de%20%20Arrecifes%20Artificiales.htm#\\_Toc535472980](http://www.artificialreefs.org/ScientificReports/Aplicaciones%20Diversas%20de%20%20Arrecifes%20Artificiales.htm#_Toc535472980)

National Geospatial-Intelligence Agency. (2012). *Sailing Directions for West Coast of South America*. Virginia: National Geospatial-Intelligence Agency.

Nir, Y. (1982). Offshore Artificial Structures and their influence on the Israel and Sinai Mediterranean Beaches. *Proceedings of the 18th International Conference on Coastal Engineering, November 1982, Cape Town (South Africa)*, 1837-1856.

OCEANUS Construcción y Tecnología Marina. (2013). *Arrecifes Artificiales Modulares*. Obtenido de [http://www.oceanusinternacional.com/arrecifes\\_modulares\\_ama.html](http://www.oceanusinternacional.com/arrecifes_modulares_ama.html)

Osorio Arias, A. F., & Alvarez Silva, O. A. (2006). *Introducción a la ingeniería de Costas*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Peña Olivas, J. M., & Sánchez Palomar, F. J. (2008). Diques exentos: inventario y comportamiento en las costas españolas. *Revista de Ingeniería Civil*(149), 65-76.

Piulachs Lozada-Benavente, X. (2005). *Caracterización dinámica y prediseño de diques paralelos de baja cota de coronación en la costa mediterránea*. Obtenido de (Tesis de Pregrado) Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.: <http://hdl.handle.net/2099.1/3378>

Sánchez Upegui, A. A. (2012). *Guía sobre citación y referenciación de textos académico-investigativos normas APA-ICONTEC*. Bogotá: Fundación Universitaria Católica del Norte.

Sánchez Upegui, A. A. (Dirección). (2012). *Taller sobre Citación y Uso de la Herramienta "referencias" de Microsoft Word* [Película].

Silva Cotrina, J., Montoya Cabrera, Z., & Duránd Montes, R. (Febrero de 2007). Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima-Callao. *Boletín Hidrometeorológico del Perú*.

Suárez Bores, P. (1978). Clasificación de Formas Costeras. *Revista de Obras Publicas*(3158), 431-445.

Vargas, P. (2009). *El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú.

# ANEXOS

## **Anexo 1. Planos**






## Anexo 2. Matriz Cromática – Impacto Ambiental

El objeto de este Anexo es realizar una Matriz en la cual sea posible evaluar los diferentes impactos que serán producidos tras la colocación del dique exento.

Los valores de interacción estarán dados por los siguientes factores:

### Cualidad del impacto

	Impacto bajo o nulo
	Impacto medio
	Impacto alto

### Tipo de impacto

+	positivo
-	negativo

Duración	Valor
CP corto plazo	0.25
MP mediano plazo	0.50
LP largo plazo	0.75
KD permanente	1.00

Influencia del impacto	Valor
P puntual	0.33
L local	0.66
R regional	1.00

### Reversibilidad del impacto

IR	irreversible
RR	reversible

Se muestran las consideraciones de cada uno de los factores a tomar en cuenta:

<b>Físicas</b>		
1	Temperatura del agua (superficial y de fondo)	Esta variable no sufrirá variación alguna por efecto de las estructuras prefabricadas, sin embargo su monitoreo constante puede ayudar a comprender las variaciones en las comunidades de fondo asociados a cambios en las diferentes épocas del año.
2	pH	Esta variable puede sufrir cambios por efecto de las estructuras al reaccionar con el cemento con el cual son construidas, su impacto puede ser considerado alto, puntual y acumulativo por la cantidad de estructuras que sean sumergidas.
3	Corrientes	Las corrientes sufrirán cambios al momento de ser transportadas al punto en el cual serán sumergidas pero este impacto es bajo y poco significativo. Una vez en operación, las estructuras cambiarán el patrón de corrientes de fondo, siendo un impacto alto, significativo y duradero.
4	Oleaje	El oleaje se verá interrumpido en su patrón al momento de ser transportadas y sumergidas, pero será un impacto bajo, no significativo y de poca duración. Una vez en operación, las estructuras prefabricadas tendrán un efecto significativo en el oleaje, ya que estas disminuirán en su altura al impactar con la estructura sumergida.
5	Viento	El viento no se verá impactado por efecto de las estructuras prefabricadas en ninguna de las etapas.
6	Marea	La marea tampoco se verá impactada por la presencia de las estructuras ya que estas se localizarán alejados de la costa, que es en donde los efectos de la marea se presentan más fuerte.
7	Salinidad	La salinidad será impactada al momento de operación del dique debido a los materiales con los cuales serán construidos.
8	Granulometría	La granulometría no se verá impactada al momento del transporte ni en el proceso de inmersión de las estructuras. Al momento de su operación el dique exento, al interferir en los patrones de corrientes superficiales, acumularán sedimentos marinos en la superficie.
9	Turbidez	La turbidez se verá impactada sólo cuando el dique se encuentre en operación, la turbidez disminuirá por la presencia de las estructuras siendo un impacto positivo.
10	Línea de costa	La línea de costa sólo se verá impactada cuando el dique exento esté en operación. Sólo que el impacto será identificable después de un tiempo.
11	Batimetría	La profundidad se verá impactada al momento de operar las estructuras prefabricadas.

<b>Químicas</b>		
12	Oxígeno Disuelto	La cantidad de oxígeno disuelto en la columna de agua se verá impactada al momento de estar en operación por dos principales razones: 1) El aumento de organismos en el punto por efecto de colonización de las estructuras, 2) Por efecto de que las estructuras al estar sobre el fondo marino se opondrán a las corrientes de fondo. Este impacto será alto y permanente.
13	Materia Orgánica	La cantidad de materia orgánica se verá fuertemente impactada ya que aumentará la concentración en la columna de agua por el aumento de la presencia de organismos en el punto en el cual se instalen las estructuras, este impacto será gradual y permanente.
14	Nutrientes	Igualmente, los nutrientes se verán impactados en el tiempo ya operando el dique. El impacto será gradual y permanente debido al aumento de organismos en el punto en el cual se ubiquen las estructuras.

<b>Biológicas</b>		
15	Tipo de fondo	El tipo de fondo se verá permanentemente impactado por la inmersión de las estructuras.
16	Plancton abundancia	La abundancia de las comunidades de zooplancton y fitoplancton se verán impactadas de manera constante y permanente por el aumento de la abundancia de diversos organismos ya sea porque se alimentan de ellos o porque tienen formas larvarias zoopláncticas.
17	Plancton diversidad	La diversidad se verá impactada alta, constante y permanentemente por el aumento de la diversidad de organismos con formas larvarias en el zooplancton así como por organismos que se alimentan de él.

<b>Económicas</b>		
18	Transporte	Las actividades de transporte serán impactadas a mediano plazo y constante. Tanto por el transporte de las estructuras para llevarlas al Club Regatas como para su inmersión.
19	Pesquerías	Las pesquerías (ubicadas a unos metros del Club Regatas) tendrán un impacto alto, de mediano a largo plazo y de manera constante.

20	Actividades recreativas	Las actividades recreativas tendrán un impacto alto, a mediano plazo y de manera constante, tanto en la zona en la cual se sumergirán las estructuras como en el Club.
----	-------------------------	--

<b>Sociales</b>		
21	Información del proyecto	La información del proyecto será un factor importante durante el diseño y la operación de las estructuras, de larga duración en la percepción de la población en general sumando el interés de la comunidad científica peruana.
22	Generación de empleos	Durante la etapa de construcción de las estructuras no se verá impacto sobre las poblaciones costeras ubicadas cerca de las zonas en las cuales se sumergirán las estructuras prefabricadas. Se observará un impacto medio, puntual y de mediano plazo por el transporte de las estructuras a su zona de inmersión. El impacto será alto y constante por efectos de la operación de las estructuras por pesca comercial (Muelle de pescadores - Chorrillos), como por el aumento de actividades recreativas, promoviendo la diversificación de las actividades productivas.
23	Paisaje	El paisaje submarino se verá impactado por la presencia de las estructuras prefabricadas, este impacto será alto, local y permanente. En la zona, se verá un impacto en el paisaje costero al ayudar en la minimización de los procesos erosivos.
24	Modo de vida	El impacto será a largo plazo y gradual, al producirse la diversificación de las actividades tradicionales como eventos realizados por el club.
25	Densidad de población	El aumento de la población impactará a mediano plazo, y constante por el aumento del flujo de población flotante que quiera conocer las estructuras a través de actividades científicas y turísticas.

Tomando en cuenta las consideraciones generales anteriores, se generó la siguiente Matriz cromática:

N°	CONSTRUCCION		INSTALACION		OPERACIÓN	
<b>Físicas</b>						
1						
2			-CP	-P	-CP	-P
3			-CP	-P	-KD IR	-R IR
4			-CP	-P	-KD IR	-R IR
5						
6						
7					LP IR	L IR
8					LP	L
9			-CP	-P	LP IR	L IR
10					KD IR	R IR
11					KD	R
<b>Químicas</b>						
12					KD IR	R IR
13					KDIR	L IR
14					KD IR	L IR
<b>Biológicas</b>						
15			CP RR	L RR	KD IR	L IR
16			CP RR	P RR	MP IR	L IR
17			CP RR	P RR	MP IR	L IR
<b>Económicas</b>						
18			CP	L	MP IR	L IR
19					MP IR	L IR
20					MP IR	L IR
<b>Sociales</b>						
21	CP	L	CP	L	MP	L
22	CP	L	CP	L	MP	R
23			CP RR	L RR	CP RR	L RR
24					LP IR	L IR
25					LP	L

Poniendo los valores numéricos se produce la siguiente Matriz:

N°	CONSTRUCCION		INSTALACION		OPERACIÓN		
	Duración	Influencia	Duración	Influencia	Duración	Influencia	
<b>Físicas</b>							
1							<b>0.00</b>
2			-0.25	-0.33	-0.25	-0.33	<b>-1.16</b>
3			-0.25	-0.33	-1.00	-1.00	<b>-2.58</b>
4			-0.25	-0.33	-1.00	-1.00	<b>-2.58</b>
5							<b>0.00</b>
6							<b>0.00</b>
7					0.75	0.66	<b>1.41</b>
8					0.75	0.66	<b>1.41</b>
9			-0.25	-0.33	0.75	0.66	<b>0.83</b>
10					1.00	1.00	<b>2.00</b>
11					1.00	1.00	<b>2.00</b>
<b>Químicas</b>							
12					1.00	1.00	<b>2.00</b>
13					1.00	0.66	<b>1.66</b>
14					1.00	0.66	<b>1.66</b>
<b>Biológicas</b>							
15			0.25	0.66	1.00	0.66	<b>2.57</b>
16			0.25	0.33	0.50	0.66	<b>1.74</b>
17			0.25	0.33	0.50	0.66	<b>1.74</b>
<b>Económicas</b>							
18			0.25	0.66	0.50	0.66	<b>2.07</b>
19					0.50	0.66	<b>1.16</b>
20					0.50	0.66	<b>1.16</b>
<b>Sociales</b>							
21	0.25	0.66	0.25	0.66	0.50	0.66	<b>2.98</b>
22	0.25	0.66	0.25	0.66	0.50	1.00	<b>3.32</b>
23			0.25	0.66	0.25	0.66	<b>1.82</b>
24					0.75	0.66	<b>1.41</b>
25					0.75	0.66	<b>1.41</b>
	0.50	1.32	0.75	2.64	11.25	11.57	

## Anexo 3. Especificaciones Técnicas Productos

18/06/13

Cementos Lima



[Inicio](#) [La Empresa](#) [Productos](#) [Noticias](#) [Hechos de Importancia](#) [CellSistemas](#) [Subsidiarias](#) [Contáctenos](#)

ENGLISH VERSION

Productos

En esta sección



### Cementos Portland Tipo V

#### Especificaciones Técnicas

- Norma técnica: ASTM C-150 y Norma Técnica Peruana 334.009.
- Presentación: granel y bolsas de 42.5 Kg.
- Fecha de revisión: junio 2009.

#### Características

- Producto obtenido de la molienda conjunta de clínker tipo V de bajo contenido de álcalis y yeso.
- Bajo en contenido de álcalis.
- Se logran altas resistencias a tempranas edades.
- Por su buen desarrollo de resistencias a la compresión, es usado en muchas aplicaciones, además tiene la capacidad de utilizarse en variados diseños de mezclas del concreto.
- Presenta buena resistencia a los sulfatos.
- Sus cualidades son ampliamente conocidas por el sector construcción civil peruano y extranjero.

#### Usos y Aplicaciones

- Para las construcciones en general y de gran envergadura, especialmente para cuando se desea una resistencia moderada a la acción de los sulfatos y un moderado calor de hidratación.
- Cemento resistente a la reacción álcali/ agregado.

#### Comercialización

- Dirigido al mercado local y de exportación y comercializado a granel y en bolsas de 42.5 kg.

- Cemento Portland Tipo I (Cemento Sol)
- Cemento Portland Tipo I BA (bajo contenido de álcalis)
- Cemento Portland Pozolánico Tipo IP
- Cementos Portland Tipo II BA (bajo contenido de álcalis)
- Cementos Portland Tipo V
- Clínker Tipo I
- Clínker Tipo I BA (bajo contenido de álcalis)
- Clínker Tipo II BA (bajo contenido de álcalis)
- Clínker Tipo V BA (bajo contenido de álcalis)



**Z ADITIVOS S.A.**  
El Mejor Amigo del Concreto



# MICROSILICA Z

## DESCRIPCION

- Silica compacta en polvo. Material ultra fino llena las micro estructuras porosas. ASTM C 204. Reacciona químicamente en el concreto para formar más gel del silicato del calcio para mejorar la resistencia y la impermeabilidad del concreto. Físicamente llena los vacíos entre las particulares de cemento obteniéndose un concreto extremadamente impermeable.

## VENTAJAS

- Concretos más lisos, menos rugosos, sella los poros
- Aumenta la resistencia a la Compresión.
- Resistencia química sulfatos, nitratos, ácidos, cloros.
- Concretos más permeables.
- Resistente a la abrasión, flexión.
- Concreto mas fluido por su finura.
- Impide la evudación
- Resistente al fuego
- Utilizados en bombeos elevados sin segregación.

## USOS

- Estructuras marinas.
- Para gunitado. Mayor cohesión del concreto menor revote.
- Puentes, pavimentos, estacionamiento.
- Concretos con estructuras metálicas.
- Reservorios.
- Se dosifica en planta de premezclado con Z Fluidizante ZR Súper Plastificante o Z Ferro inhibidor corrosiva con una relación a/c bajas.

## APLICACIÓN

	<b>% de aplicación</b>
- Mejorador de cementos pretensado, prefabricado	5 - 8%
- Bloques o mampostería de Hormigón	5 - 8 %
- Mezcla para frizado con acabado profesional	5 - 8%
- Mortero proyectados	5 - 8 %
- Prefabricados	5 - 8 %
- Construcción de obras públicas (Pilares de apoyo de puentes, etc.)	5 - 8%
- Construcciones expuestas al ataque por agua de mar, salitre, etc. Reduce, permeabilizadas Iones del cloruro de agua marina.	5 - 8%







# Z ADITIVOS S.A.

## El Mejor Amigo del Concreto



- Zonas de alto tránsito y contacto con productos químicos 5 - 8%
- Cementos para perforaciones petroleras 3 - 4%
- Zona de confinamiento de residuos tóxicos 5 - 3%

### PROPIEDADES

#### ISO

	Límites	Métodos
- Si O % 98		
- Densidad (g/ml) Max.	160	278/11
- PH ( 5g 100 ml H <sub>2</sub> O)%	6.0 - 7.0	
- Absorción de Aceite D.B.P.	280-300	ASTM - D 2414-65T
- Residuo sobre malla 325 Mesh (%Max.)	5	787/7
- Perdidas por ignición 1050 c (%)	4-6	3262/17
- Perdidas por humedad a 105 C	3 - 6	
* Base Calcinada 2 horas a 1050 C		
Registro CAS 11296 - 00 - 8(7631 - 86 -9)		
Numero EIDNECS 231 - 54543		

### ENDURECIMIENTO DEL CONCRETO

- Dependerá de la composición física, química del concreto, temperaturas, realizar ensayos previos de acuerdo a su dosificación en su aplicación.

### ALMACENAMIENTO

- Aproximadamente 2 años, en envase original y bajo techo.
- Sacos de P/E o papel de 20 Kg.
- Efectos Fisiológicos: NO TOXICO

### ENVASES

- Bolsa de 20 Kg.
- Tiempo de almacenaje indefinido

### SEGURIDAD

- Usar guantes, lentes, respiradores de polvo.
- No es toxico.

Certificado SENCICO

Análisis Granulométrico por Tamizado

Análisis para Sedimentación

Ensayo físico ARPL Tecnología Industrial S.A.





# Z ADITIVOS S.A.

El Mejor Amigo del Concreto



## Z AER

### DESCRIPCION

- Es un producto incorporador de aire, no contiene cloruros, cumple con las normas ASTM C-260, reduciendo un entrapamiento uniforme de aire entre 4% y 6% de acuerdo a la dosificación recomendada controla micro-burbujas.
- Resina Vinsol.

### VENTAJAS

- Resiste las variaciones fuertes de temperatura, la acción de los sulfatos, salitres, agua de mar, alcalina y de ciertos productos químicos.
- Aumenta la impermeabilidad del hormigón y su resistencia a las heladas.
- Plastifica la mezcla y aumenta la manejabilidad de todo tipo de concreto.
- Mejora el aspecto arquitectónico del hormigón concreto caravista.
- En construcciones de losas sin juntas de dilatación, ya que cada burbuja actúa como una cámara de expansión semi-microscópica.
- Se convierte en un buen aislante térmico y reduce el peso del concreto.
- Su compatibilidad es con todos los aditivos, siempre y cuando se agregue separadamente.

### USOS

- Construcciones marítimas e hidráulicas, pavimentos, pistas de aterrizaje transporte y bombeo de hormigón, obras sometidas a heladas o aguas agresivas y concretos prefabricados.

### APLICACION

- Disminuir el agua de la mezcla, según la cantidad de entrapaire que utiliza por bolsa de cemento diluir el Z AER en el agua, batirlo por 5 minutos.
- Recomendamos reducir el agregado fino entre 30-80 kg/m<sup>3</sup>, ya que las burbujas de aire aumentara entre la ultima el volumen del concreto.
- Recomendamos hacer pruebas en el campo por la variedad de agregados en el pais temperatura, tiempo de mezclados, finos, gruesos, tipo cemento a/c.
- Aumentar el tiempo de mezcla de lo normal Por 25" más para obtener una mejor formación de burbujas.



**Z ADITIVOS S.A.**  
El Mejor Amigo del Concreto



### **CUIDADOS**

- Cuando se utilice plastificante o retardador de fragua aumentan las acciones del entrapa aire, por lo que habrá que reducir la dosis de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{8}$  de lo normal.
- Reducir el agua y el agregado fino.
- Usar anteojos al aplicarlos, si cae a la vista lavarse bien con agua.
- Si persisten las molestias consultar con un médico.
- Si produjera congelamiento caliéntelo.

### **RENDIMIENTO**

- 1 Gal. por 134 bolsa de cemento.
- 1 Onza por bolsa de Cemento
- $\frac{1}{4}$  onza por bolsa de cemento
- Incorporara aire 5%, B.C. al diseño de la mezcla.

### **ENVASES**

- 1 Gal. , 5 Gal. y 55 Gal.
- Densidad 1.01 kg. /lts.

### **NOTA**

- En altura trabajar con una dosificación de 1.5 onzas x B.C.
- 1 Onz. 28.35 Gr.      1 Onz = 29.57 CC      1 Gal. 3750 CC
- Tiempo de Almacenamiento 1 año A 28° C hasta 42° C
- Temperatura Aplicación: 8° C hasta 42° C

### **INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- La Piel.- Usar Anteojos, guantes.  
Respiradores.

Los Ojos.- Lavar con



# Z ADITIVOS S.A.

El Mejor Amigo del Concreto



## Z FLUIDIZANTE SR

### DESCRIPCION

- Aditivo súper plastificante para hormigón y reductor de agua, economizador de cemento, Cumple con las especificaciones ASTM C 494, Tipo A y F no contiene cloruro, no es tóxico, no es inflamable, a base de lignosulfanados.

### VENTAJAS

- Mayor trabajabilidad del concreto.
- No necesita aumentar el contenido del cemento y agua por m<sup>2</sup>
- Evita la formación de cangrejeras.
- Mayor facilidad de enviar el hormigón a alturas con bomba de concreto.
- Se acomoda mejor el concreto al fierro corrugado.
- No altera el tiempo de fragua inicial del concreto.
- Reduce el drenaje del agua al ser más hermético.
- Resistente a ácidos, alkális, sulfatos.

### USOS

- Aditivo dispersor y reductor de agua en toda mezcla de concreto. De fácil colocación donde se desee reducir un 10 a 20% de agua (opcional), trae a su vez el aumento de resistencia y durabilidad.

### APLICACION

- Como súper plastificante agregar al concreto o mortero ya listo para ser vaciado y remezclar por espacio de 5 minutos hasta que la mezcla quede fluida
- Como reductor de agua o cemento agregar disuelto en la última parte del agua de amasado durante el mezclado.

### CUIDADOS

- Utilizar buenos agregados y un diseño adecuado.
- En ciertas condiciones climatológicas varia la dosificación
- En caso de ser necesario usar entrapador de aire de 1/2 a 3/4 de onza de lo normal.
- Para determinar el slump deseado hacer pruebas en el campo.



**Z ADITIVOS S. A.**  
El Mejor Amigo del Concreto



### DENSIDAD

- 1.16  $\approx$  2 Kg. / Lt.

### RENDIMIENTO

- Como súper plastificante usar de 6 onzas a 12 onzas X BC
- Como reductor de agua y cemento, 18 onzas X BC
- 0.4 % = 6 Onzas.
- 0.8 % = 12 Onzas.
- 1.07 % = 18 Onzas.

### ENVASES

- 1 Galón; 5 Galones, 55 Galones
- Peso x galón 4.4 Kg. = 3.75 Lts.

**Tiempo de Almacenamiento. 1 Año.**

### SEGURIDAD

- Manipular guantes, lentes respiradores.
- En caso cayera a la vista a la piel lavar con abundante agua o consultar al medico.

## Anexo 4. Tabla de Wiegler

Tabla de Wiegler										
h	h/Lo	Tipo	tgh(kh)	h/L	L	kh	senh(kh)	cosh(kh)	G	H/H'o
152.880	0.500	Intermedias	0.996	0.5020	304.54	3.150	11.700	11.700	0.023	0.990
149.822	0.490	Intermedias	0.996	0.4920	304.52	3.090	10.110	10.110	0.026	0.990
146.765	0.480	Intermedias	0.995	0.4820	304.49	3.030	10.300	10.400	0.028	0.988
143.707	0.470	Intermedias	0.995	0.4720	304.46	2.970	9.710	9.760	0.031	0.987
140.650	0.460	Intermedias	0.994	0.4630	303.78	2.910	9.130	9.180	0.034	0.986
137.592	0.450	Intermedias	0.993	0.4530	303.74	2.850	8.590	8.640	0.038	0.985
134.534	0.440	Intermedias	0.992	0.4430	303.69	2.790	8.060	8.140	0.042	0.983
131.477	0.430	Intermedias	0.991	0.4340	302.94	2.730	7.600	7.660	0.047	0.982
128.419	0.420	Intermedias	0.990	0.4240	302.88	2.660	7.150	7.220	0.052	0.980
125.362	0.410	Intermedias	0.989	0.4150	302.08	2.600	6.720	6.800	0.057	0.978
122.304	0.400	Intermedias	0.988	0.4050	301.99	2.540	6.330	6.410	0.063	0.976
119.246	0.390	Intermedias	0.986	0.3950	301.89	2.480	5.960	6.040	0.069	0.974
116.189	0.380	Intermedias	0.984	0.3860	301.01	2.430	5.610	5.700	0.076	0.972
113.131	0.370	Intermedias	0.983	0.3770	300.08	2.370	5.280	5.370	0.083	0.969
110.074	0.360	Intermedias	0.980	0.3670	299.93	2.310	4.970	5.070	0.091	0.967
107.016	0.350	Intermedias	0.978	0.3580	298.93	2.250	4.680	4.790	0.100	0.964
103.958	0.340	Intermedias	0.975	0.3490	297.88	2.190	4.410	4.530	0.110	0.961
100.901	0.330	Intermedias	0.972	0.3390	297.64	2.130	4.160	4.280	0.120	0.958
97.843	0.320	Intermedias	0.969	0.3300	296.49	2.080	3.920	4.050	0.131	0.955
94.786	0.310	Intermedias	0.965	0.3210	295.28	2.020	3.690	3.830	0.143	0.952
91.728	0.300	Intermedias	0.961	0.3120	294.00	1.960	3.480	3.620	0.155	0.949
88.670	0.290	Intermedias	0.957	0.3030	292.64	1.900	3.280	3.430	0.169	0.946
85.613	0.280	Intermedias	0.952	0.2940	291.20	1.850	3.100	3.250	0.183	0.942
82.555	0.270	Intermedias	0.946	0.2850	289.67	1.790	2.920	3.090	0.199	0.939
79.498	0.260	Intermedias	0.940	0.2770	286.99	1.740	2.750	2.930	0.215	0.936
76.440	0.250	Intermedias	0.933	0.2680	285.22	1.680	2.600	2.780	0.233	0.932
73.382	0.240	Intermedias	0.926	0.2590	283.33	1.630	2.450	2.650	0.251	0.929
70.325	0.230	Intermedias	0.918	0.2510	280.18	1.570	2.310	2.520	0.271	0.926
67.267	0.220	Intermedias	0.909	0.2420	277.96	1.520	2.180	2.400	0.291	0.923
64.210	0.210	Intermedias	0.899	0.2340	274.40	1.470	2.050	2.280	0.311	0.920
61.152	0.200	Intermedias	0.888	0.2250	271.79	1.410	1.940	2.180	0.335	0.918
58.094	0.190	Intermedias	0.877	0.2170	267.72	1.360	1.820	2.080	0.353	0.916
55.037	0.180	Intermedias	0.864	0.2080	264.60	1.310	1.720	1.990	0.384	0.914
51.979	0.170	Intermedias	0.850	0.2000	259.90	1.260	1.610	1.900	0.410	0.913
48.922	0.160	Intermedias	0.835	0.1920	254.80	1.200	1.520	1.820	0.437	0.913
45.864	0.150	Intermedias	0.818	0.1830	250.62	1.150	1.420	1.740	0.465	0.913
42.806	0.140	Intermedias	0.800	0.1750	244.61	1.100	1.330	1.670	0.494	0.915
39.749	0.130	Intermedias	0.780	0.1670	238.02	1.050	1.250	1.600	0.524	0.917
36.691	0.120	Intermedias	0.759	0.1580	232.22	0.994	1.170	1.540	0.555	0.920
33.634	0.110	Intermedias	0.735	0.1500	224.22	0.940	1.080	1.480	0.587	0.926
30.576	0.100	Intermedias	0.710	0.1410	216.85	0.886	1.010	1.420	0.620	0.933
29.047	0.095	Intermedias	0.695	0.1370	212.02	0.858	0.968	1.390	0.637	0.937
27.518	0.090	Intermedias	0.681	0.1320	208.47	0.831	0.929	1.370	0.655	0.942
25.990	0.085	Intermedias	0.666	0.1280	203.04	0.803	0.892	1.340	0.672	0.948
24.461	0.080	Intermedias	0.649	0.1230	198.87	0.774	0.854	1.310	0.690	0.955
22.932	0.075	Intermedias	0.632	0.1190	192.71	0.745	0.816	1.290	0.707	0.962
21.403	0.070	Intermedias	0.614	0.1140	187.75	0.716	0.779	1.270	0.725	0.971
19.874	0.065	Intermedias	0.595	0.1090	182.33	0.686	0.741	1.240	0.744	0.981
18.346	0.060	Intermedias	0.575	0.1040	176.40	0.655	0.703	1.220	0.762	0.993
16.817	0.055	Intermedias	0.554	0.0993	169.35	0.624	0.665	1.200	0.781	1.010
15.288	0.050	Intermedias	0.531	0.0942	162.29	0.592	0.627	1.180	0.800	1.020
13.759	0.045	Intermedias	0.507	0.0888	154.95	0.558	0.588	1.160	0.819	1.040
12.230	0.040	Intermedias	0.480	0.0833	146.82	0.523	0.547	1.140	0.838	1.060
10.702	0.035	Poco Profundas	0.452	0.0775	138.09	0.487	0.506	1.120	0.858	1.090
9.173	0.030	Poco Profundas	0.420	0.0713	128.65	0.448	0.463	1.100	0.878	1.130
7.644	0.025	Poco Profundas	0.386	0.0648	117.96	0.407	0.418	1.080	0.898	1.170
6.115	0.020	Poco Profundas	0.347	0.0576	106.17	0.362	0.370	1.070	0.918	1.230
4.586	0.015	Poco Profundas	0.302	0.0496	92.47	0.312	0.317	1.050	0.938	1.310
3.058	0.010	Poco Profundas	0.248	0.0403	75.87	0.253	0.256	1.030	0.958	1.430
2.446	0.008	Poco Profundas	0.222	0.0360	67.95	0.226	0.228	1.030	0.967	1.510
1.835	0.006	Poco Profundas	0.193	0.0311	58.99	0.195	0.197	1.020	0.975	1.620
1.223	0.004	Poco Profundas	0.158	0.0253	48.34	0.159	0.160	1.010	0.983	1.790
0.612	0.002	Poco Profundas	0.112	0.0179	34.16	0.112	0.113	1.010	0.992	2.120
0.000	0.000	Poco Profundas	0.000	0.0000	0.00	0.000	0.000	1.000	1.000	