

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

# **Diseño de un arrecife artificial como estructura para modificación del oleaje**

PROYECTO DE TESIS Para Optar el Título Profesional de: INGENIERO CIVIL

AUTOR:

**Cano Ramírez, Pedro Andrés**

**LIMA – PERÚ 2007**

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN . .</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO . .</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO III. INFORMACION BASICA DE LA ZONA DE ESTUDIO . .</b>	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL ARRECIFE ARTIFICIAL . .</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: .</b>	<b>82</b>
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: . .</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .</b>	<b>85</b>
<b>APENDICE . .</b>	<b>87</b>

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Temática

Entre surfistas siempre existió sumo interés por las olas y su generación, el modo en que rompe cada una de ellas, el por qué algunas son surfeables y otras no, cómo es que algunas ofrecen buenos tubos, largos recorridos y revolcadas que parecen interminables, así mismo, explicarse como y porque es qué se produce el fenómeno de la rotura o quiebre de la ola.

Ahora, gracias a las investigaciones en ingeniería hidráulica costera, no sólo existe la posibilidad de satisfacer esa sed de conocimiento acerca de las olas, sino que además, ahora la ingeniería cuenta con herramientas como el fundamento teórico de hidráulica costera, pudiendo desarrollar una aplicación técnica para modificar la forma de quiebre, recorrido y velocidad de las olas.

## 1.2. Problemática

Si bien es cierto que el Perú es reconocido mundialmente por su diversidad y calidad de olas, las que ofrecen largos recorridos, paredes (cara de la ola) bien paradas y unos tubos que parecen interminables, estas olas se encuentran en el norte del país y rompen sobre un arrecife natural de roca, el cual sólo arena una temporada al año, siendo en esta temporada de arenamiento el momento indicado para poder gozar de sus olas, no solo debido a la calidad de las olas durante el arenamiento, sino también debido a que durante este arenamiento disminuye parcialmente el peligro que representa el surfear sobre un arrecife de rocas con un nivel de agua relativamente bajo.

Ahora existen diferentes teorías que tratan de explicar el mecanismo de la rotura, sin embargo, faltaría comprobar la aplicabilidad de ellas a nuestra costa, específicamente hablando de la costa Limeña, ya que no posee la misma calidad de olas que la norteña.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

---

Investigar acerca de las teorías de olas y su comportamiento, así como los factores que influyen en el proceso de rotura, para evaluar el estado actual del arte, en los aspectos del diseño asociado a la modificación y control de las obras civiles en la línea de costas. De esta manera plantear un diseño a nivel de perfil, para la creación de un arrecife artificial en la bahía de Miraflores.

Cabe la posibilidad de que en un futuro próximo, un proyecto de inversión privada, pueda concretar la propuesta que se hace en la tesis.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

---

Revisión de los diversos tipos de teorías de olas, conocer su funcionamiento y decidir el más conveniente para el medio local.

Analizar el efecto de los tipos de fondo y batimetría para crear la rompiente deseada.

Aplicar teóricamente los conocimientos y parámetros de diseño para arrecifes artificiales en una zona de la bahía de Miraflores.

## **1.4. Importancia**

Con la creación de arrecifes artificiales no solo se contribuye al mejoramiento de la calidad de la ola rompiente, sino que además este sirve como un nuevo ecosistema de forma de vida marina albergando una gran variedad de especies marinas, y uno de sus usos más trascendentes es el de protección contra la erosión de playas costeras, este

método ha sido probado con éxito en diferentes países, y ha permitido el ahorro de grandes costos invertidos en el mantenimiento, reparación de carreteras y playas, cada año en países como EE.UU., Inglaterra y Australia.

## **1.5. Justificación y Delimitación de la Investigación**

### **1.5.1. Justificación**

---

Ante la falta de una ola de calidad que rompa en forma tubular continuamente en la costa de Lima y debido al incremento significativo del número de surfistas que viajan continuamente en busca de éstas olas.

Nace la idea de diseñar un arrecife artificial como estructura de modificación del oleaje, el cual se espera desarrollar en un futuro no muy lejano como un proyecto de inversión privada.

### **1.5.2. Delimitación de la Investigación**

---

La presente investigación se avocará en realizar el análisis y parámetros de diseño para una playa de la costa limeña.

## 1.6. Metodología

El trabajo consistirá en seleccionar los parámetros mas importantes para el diseño de un arrecife artificial, siguiendo la metodología siguiente:

Obtención de los datos hidrográficos procedentes de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, Corpac Dirección de Aeronáutica, Imarpe, Senamhi, Enapu.

Estudios Hidrográficos :

Batimetría

Corrientes marinas

Topografía

Muestreo de partículas en suspensión.

Variación del nivel de la superficie del mar.

Mareas máximas y mínimas.

Estudios de aplicación de la teoría:

Captura de imágenes satelitales

Georeferenciación

Planos IGN, Hidrográficos

Trabajo preliminar para la introducción de métodos numéricos.

Análisis de refracción.

Análisis de difracción.

Análisis de reflexión.

Análisis de efecto de bajos.

El nivel de investigación que se realizará para el presente trabajo será de un estudio teórico y análisis de las teorías dadas, para enfocar su aplicabilidad a una playa de la costa limeña.

## 1.7. Esquema de la Investigación

- Fundamento teórico.
  - Recopilación de información existente.
  - Diseño de la estructura hidráulica con geotextiles.
  - Análisis y evaluación de resultados.
  - Conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### **2.1 Antecedentes**

Con el propósito de fundamentar la presente investigación, a continuación se muestran las principales ideas que hoy existen sobre el tema objeto del presente estudio.

#### **2.1.1 Cable station artificial surfing reef**

El arrecife artificial para surfear de Cable Station está ubicado a unos 300m. de la playa, mar adentro en Mosman Park, Perth Australia. El arrecife recibe su nombre de la estación telegráfica cerca del arrecife.

La idea de un arrecife artificial en la playa cables, fue sugerida primero en 1988 cuando fue formado un comité del gobierno. Con mas de 100000 australianos disfrutando del surfing como un pasatiempo, algunos lugares para surfear especialmente aquellos en Perth, empezaron a sobre poblarse. La competencia entre surfistas, pescadores de caña y nadadores en las áreas recreacionales empezó a agravarse. Un arrecife artificial para surfear fue visto como una salida para reducir la congestión y lesiones en estas áreas para surfear de Perth.

Fueron tomados estudios para encontrar una ubicación adecuada para el arrecife artificial, el diseño del arrecife y el impacto ambiental.

Un estudio titulado “surfeabilidad de la línea costera metropolitana de Perth: conducido por Charitha Pattiaratchi, Gerd Masselink and Paul Hurst del departamento de ingeniería ambiental, del centro para búsqueda de agua, encontró que la línea costera de Perth estaba generalmente bien protegida de olas entrantes. Solo en sitios como Trigg y Brighton beach donde olas con alta energía forman rompientes surfeables alrededor de todo el año era posible surfear. El reporte concluyó que la construcción de un arrecife artificial para surfear ubicado en Cables Station podría mejorar la “surfeabilidad” en el arrecife, especialmente en verano cuando el surfing es generalmente pobre. Hay un arrecife existente en Cable Station pero éste produce raramente buenas olas para surfear, usualmente en invierno.

El sitio en Cable Station tenía las condiciones de ola y lecho marino adecuados y estaba en un área la cual minimizaría el impacto ambiental. También estaba cerca de transporte público y estacionamiento. La creación de un arrecife artificial en Cable Station no evitaría que las personas disfruten de otras actividades recreacionales.

El arrecife artificial fue diseñado y probado por Charitha Pattiaratchi, Mark Lyons y Matt Button en el departamento de ingeniería ambiental del centro de investigación para agua.

Primeramente fue investigada la forma y pendiente del arrecife artificial y su influencia en la forma de la ola, usando un largo tanque de 50 m. y una sección transversal a escala modelada del arrecife. Diferentes formas de arrecifes fueron probadas pero eventualmente una simple pendiente de 1:20 “alrededor de 3 °” fue escogida con una inclinación al comienzo.

La inclinación influye la forma de la ola, produciendo una óptima ola tubular para surfear. Estos experimentos mostraron en general como debería ser la sección transversal del arrecife. Esta información fue utilizada en el diseño de 5 modelos distintos de arrecifes.

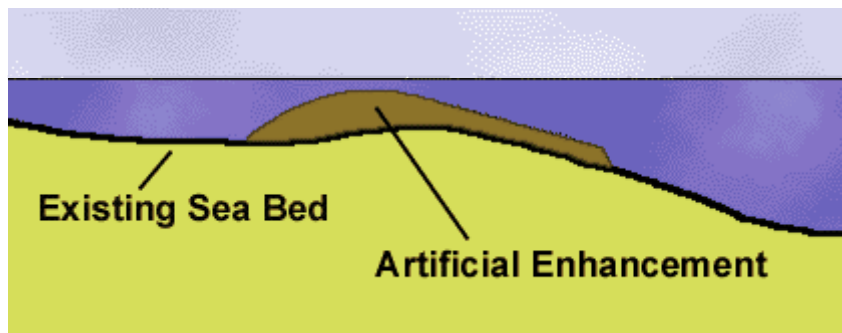


Figura 1. Sección trasversal de tipo de arrecife que produce las mejores olas

Luego de estas pruebas iniciales fueron detallados y completados modelos de la existente línea costera en un modelo a escala de 40 m. por 40 m. Una computadora generó un mapa del lecho marino original del océano, imagen siguiente:

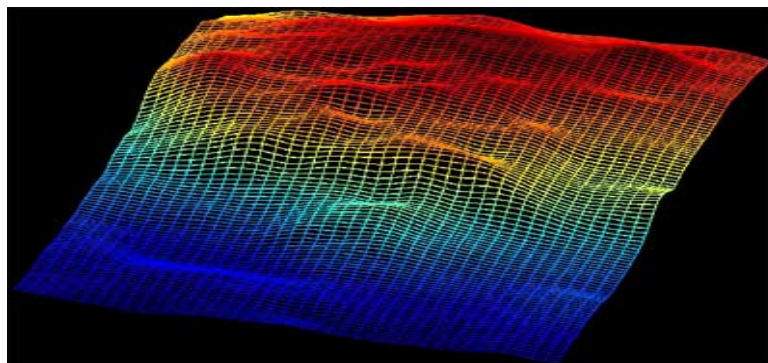


Figura 2. Imagen tridimensional del lecho marino original.



Un remo en el tanque producía olas el cual simulaba las condiciones de olas naturales en el arrecife. La actuación del arrecife existente y la de 5 diseños fueron probadas bajo un rango de condiciones de ola simuladas. La imagen del diseño siguiente fue escogida porque producía olas hacia la izquierda y hacia la derecha bajo un amplio rango de condiciones de ola.

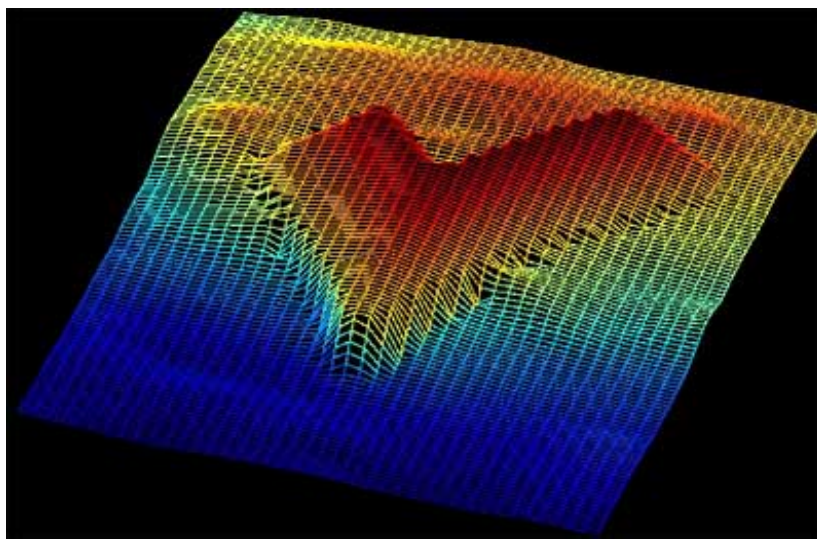


Figura 3. Imagen tridimensional que muestra el lecho marino y el nuevo arrecife.

El diseño final caracterizo:

Pendiente 1:20 (3 °).

Un ancho total de alrededor de xx m.

Peralte mínimo de 1 m. que va hasta los 3 m.

30 a 40 m. del recorrido de la ola hacia la izquierda.

50 a 80 m. del recorrido de la ola hacia la derecha.

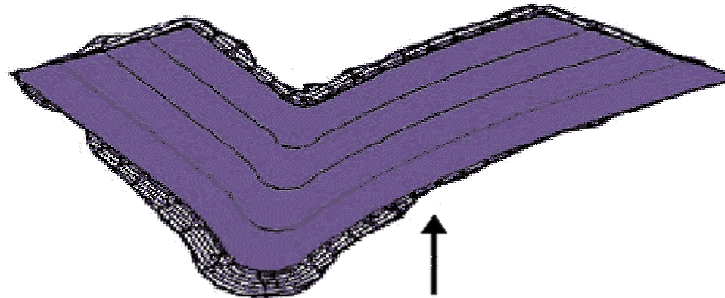


Figura 4. Vista en planta del diseño final. La flecha indica la dirección del oleaje entrante.

Luego de que el arrecife fue diseñado una oferta fue propuesta para la construcción del arrecife. El arrecife fue construido durante 1999 usando rocas de granito bajadas al sitio por una excavadora ubicada en una barca. Un láser fue usado para monitorear la inclinación durante la construcción.

Se esperaba que el arrecife produjera olas con oleajes entrantes mayores a 0.5 m. Posteriores investigaciones usando grabaciones desde una cámara web indicaron que estas expectativas fueran cumplidas, aunque el performance inicial del arrecife fue interrumpido por un nivel marino mayor al usual, consecuencia del fenómeno del niño.

### **2.1.2 Narrowneck Artificial Surfing Reef**

La construcción de Narrowneck comenzó en agosto de 1999 y fue completada en diciembre del 2000. Esta estructura es mucho más grande que la de cable station (200 m. de ancho a lo largo en dirección a la costa, 400 m. de largo de sección hacia la costa) y el nivel de diseño de la cresta es mucho menos profundo (la cresta solo tiene 0.25 m. debajo del nivel medio de marea) que el de cable station. Narrowneck está localizada al

norte de la playa surfers paradise en el Gold Coast. La ciudad del condado de Gold Coast había emprendido el ensanchamiento de la playa en el norte del Gold Coast para proveer e incrementar la playa y adicionar amenidad recreacional.

Esto incluía un programa mayor de ensanchamiento (más de un millón de metros cúbicos para ensanchamiento) el ensanchamiento se esperaba que fuese estabilizado al norte de la playa de narrowneck por la playa artificial propuesta. El programa de ensanchamiento de la playa comenzó en febrero de 1999, 6 meses antes del comienzo de la construcción de la rompiente artificial. La construcción de la rompiente artificial también fue diseñada para incrementar las condiciones para surfear en narrowneck. Estabilizando la playa y mejorando las condiciones para surfear esperaban incrementar la popularidad de este sitio, por lo tanto generar considerables beneficios económicos a través del turismo e industria local.

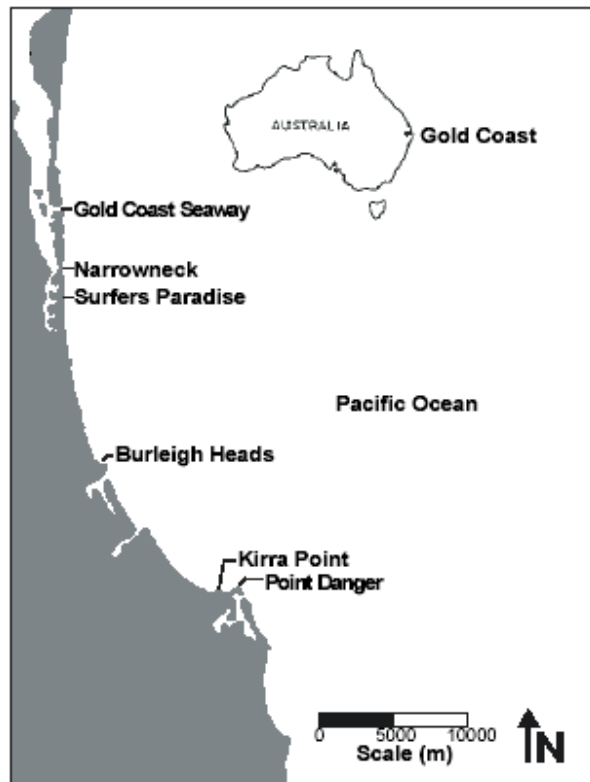


Figura 5. Ubicación del arrecife artificial para surfear de narrowneck en el Gold Coast de Australia

El arrecife artificial de narrowneck fue diseñado como una rompiente artificial multifuncional con el siguiente criterio de desarrollo:

Proveer un punto de retención para el ensanchamiento artificial de las playas en surfers paradise.

En alcanzar el equilibrio, aproximadamente no mas de 80 mil M<sup>3</sup>/año de ensanchamiento artificial debería ser requerido corriente hacia abajo de la estructura.

Antes de alcanzar el equilibrio, los ajustes de la playa deberían causar mínimo impacto en las playas adyacentes.

Proveer olas surfeables de calidad para surfistas competentes.

Proveer olas para surfistas principiantes, primeramente en condiciones para olas de pequeño tamaño.

Proveer rompientes hacia la izquierda y hacia la derecha.

Proveer olas surfeables en el más amplio rango posible de altura de olas, periodos y dirección para maximizar el número de días surfeables por año.

Black et al. (2001) emprendió un amplio estudio de modelamiento numérico para diseñar la forma del arrecife artificial de Narrowneck. Un modelo hidrodinámico (3DD) y un modelo de refracción (WBEND) fueron usados en este estudio. La ubicación de la rompiente, altura de la ola, y ángulo de peladura fueron determinados por el programa WBEND mientras que el programa 3DD fue usado para examinar la propagación de la ola sobre el arrecife artificial incluyendo la difracción de la ola al pie de la estructura.

Tras considerar un amplio rango de diferentes opciones de diseño, el diseño que finalmente alcanzo el criterio deseado fue el de una estructura sumergida en forma de V. la gradiente del lecho marino fue de 1 en 12 a lo largo de la sección principal de la estructura, mientras que la gradiente del lecho marino en la zona donde se cogen las olas fue de 1 en 18. Toda la estructura esta orientada 5° hacia el sur de la costa normal, frente a los oleajes que fueron pensados que funcionarían mejor para surfear. El diseño de ángulo de peladura de 40° fue adoptado para el diseño de la sección principal del arrecife artificial. Una sección de 100m. con un ángulo de peladura mas lento (60°) fue provisto para los principiantes en la parte final de la estructura. El fondo del arrecife

está ubicado a 10.4 m de profundidad, mientras que la parte final del arrecife esta a 2 m de profundidad. La abertura entre el extremo final de la estructura y la línea de costa fue pensada esperando que permita el pase de más de 0.5 millones de metros cúbicos de arena por año a través de la estructura, y de esta manera prevenir la severa erosión de las playas.

Dos debilidades en la forma de diseño de este arrecife fueron identificadas por Black et (2001) las cuales fueron:

Una interferencia pronunciada en las olas en el sotavento de la estructura debido a las olas refractadas sobre ambos lados del arrecife las cuales podrían llevar a condiciones insurfeables en alta marea.

Fuertes corrientes sobre la cresta del arrecife las cuales podrían barrer a los surfistas hacia el sotavento de la estructura, además de incrementar la dificultad para coger las olas.

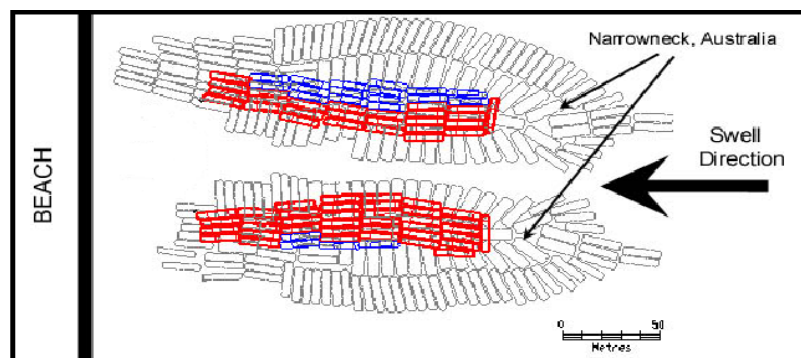


Figura 6. Diseño del arrecife artificial para surfear de Narrowneck en el Gold Coast de Australia

El arrecife artificial de Narrowneck fue construido con bolsas de geotextiles llenadas con arena. Las bolsas hechas a medida, fueron llenadas con arena dentro de una embarcación de limpieza con casco divisible. Una vez llenadas, las bolsas eran transportadas mar adentro y dejadas caer en su ubicación predeterminada en concordancia con el diseño. La proa y la popa fueron posicionadas cuidadosamente en el sitio predeterminado mediante posicionamiento satelital desde la embarcación. El peso de las bolsas oscila entre 160 y 300 toneladas y tienen longitudes típicas de 20m por 5 m de diámetro. Estas bolsas de geotextiles están prediseñadas para permanecer estables en olas de 8 a 10 m de altura. El diseño estructural requirió de 370 geocontenedores los cuales fueron ubicados para completar el arrecife artificial. Sin embargo, debido a las restricciones presupuestarias, sólo 332 bolsas fueron ubicadas en la construcción de la estructura.

El costo total de la estructura fue de 8.4 millones de dólares los cuales se dividieron entre estudio de factibilidad, construcción y ensanchamiento de la playa de la manera siguiente:

Estudio de factibilidad = 700 mil dólares.

Construcción = 2.1 millones dólares.

Ensanchamiento de la playa = 5.6 millones dólares.

### 2.1.3 Pratte's Artificial Surfing Reef

El arrecife artificial Pratte's está ubicado en El Segundo California, es la primera estructura construida en aguas americanas que fue concebida, diseñada y construida específicamente como una mejora para el surfing con la intención de mitigar la perdida de áreas para surfear, debido a la construcción de un muelle en El Segundo.

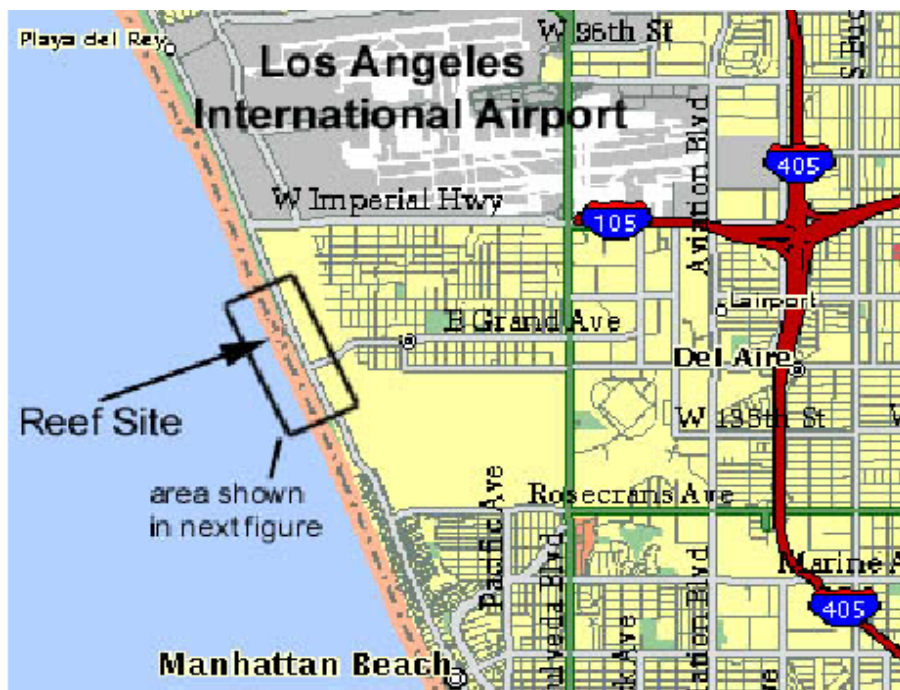


Figura 7. Ubicación del arrecife artificial para surfear de Prattes en El Segundo California

El arrecife artificial de Pratte's es una estructura diseñada para modificar las características de quiebre de una ola para que sea mas aplicable para surfear. Inicialmente el arrecife artificial fue diseñado como un rompe aguas pequeño sumergido, compuesto de 110 bolsas de geotextil llenas de arena.



La medida de las bolsas es de 4' x 7' x 10' y contiene un máximo volumen de 280 pies cúbicos (7.9 m<sup>3</sup>). Cada bolsa esta llena alrededor de 80 a 90 % de su capacidad, debido a restricciones impuestas por el uso del equipamiento para llenar y cerrar las bolsas. Cada bolsa pesa aproximadamente 14 toneladas cuando son llenadas con arena.

El 22 de septiembre del 2000 las bolsas fueron llenadas con material en el puerto de Los Ángeles, luego cargadas en una embarcación la cual viaja hacia el sitio. Las bolsas fueron colocadas en la zona de surf por una grúa montada en una barca.



Figura 8. Colocación de las bolsas de geotextil in situ desde la barca

Las bolsas fueron colocadas en forma de V con la punta hacia mar adentro. El propósito de acomodarlas de esta manera fue que las olas quiebren mas adentro de donde normalmente lo harían. La rompiente resultante tendría un mayor ángulo de peladura y seria más factible de surfear. Luego de la instalación inicial la profundidad del punto más lejano del arrecife fue aproximadamente de 6 pies (bajo la marea más baja).

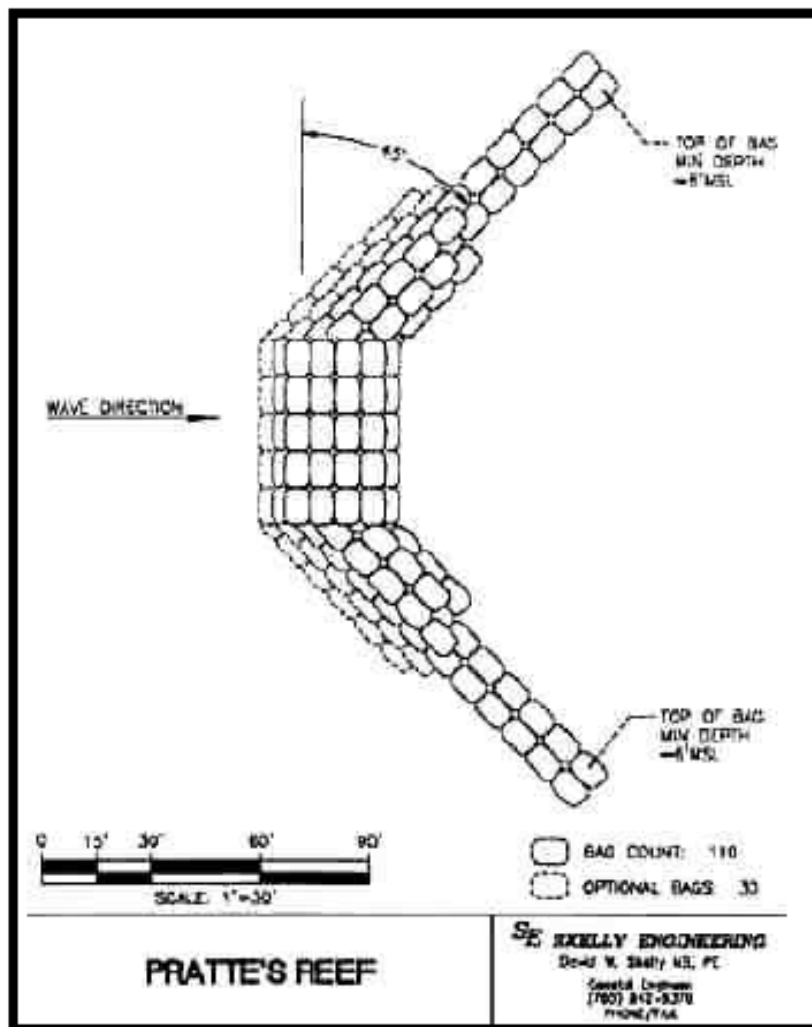


Figura 9. Diseño del arrecife artificial para surfear de Pratte's en el Segundo California

Una segunda instalación de las bolsas fue realizada el 23 y 24 de Abril, donde fueron instaladas 90 nuevas bolsas de geotextil, las cuales se incrementaron el volumen del arrecife en un 80%. El ancho de la cresta del arrecife fue hecho con bolsas nuevas y es menos profundo con alrededor de 3 pies (bajo la marea más baja). Las nuevas bolsas fueron ubicadas directamente sobre las bolsas ubicadas en la primera fase, las cuales fueron cubiertas ampliamente con arena que había sido movida por el viento durante el invierno.

## **2.2 Soporte Teórico de la Investigación**

### **2.2.1 Definición de ola**

En climatología se entiende por ola a un fenómeno atmosférico que produce variación repentina en la temperatura de un lugar. Pero la idea más común de ola se refiere a la onda de gran amplitud que se forma en la superficie de las aguas.

### **2.2.2 Tipos de olas**

La mayor parte de las olas que se pueden observar son producidas por el viento, sin embargo existen también las llamadas “olas de marea” las cuales no tienen nada que ver con las mareas, causadas en realidad por grandes perturbaciones geológicas del suelo submarino como: terremotos, erupciones volcánicas submarinas y gigantescos deslizamientos de tierras. Estas olas destructivas, denominadas “tsunamis” por los oceanógrafos, son aperiódicas y su aparición no puede predecirse a largo plazo.

#### **2.2.2.1 Olas de viento o marejada**

Estas olas son ondas que se forman en la superficie del mar debido a la acción de los vientos y la resistencia del agua. Los vientos mueven

al agua en cilindro, sin desplazarla hacia adelante, pero cuando llegan a la costa y el cilindro roza en la parte baja con el fondo inician una rodadura que acaba desequilibrando la masa de agua, produciéndose la rotura de la ola.

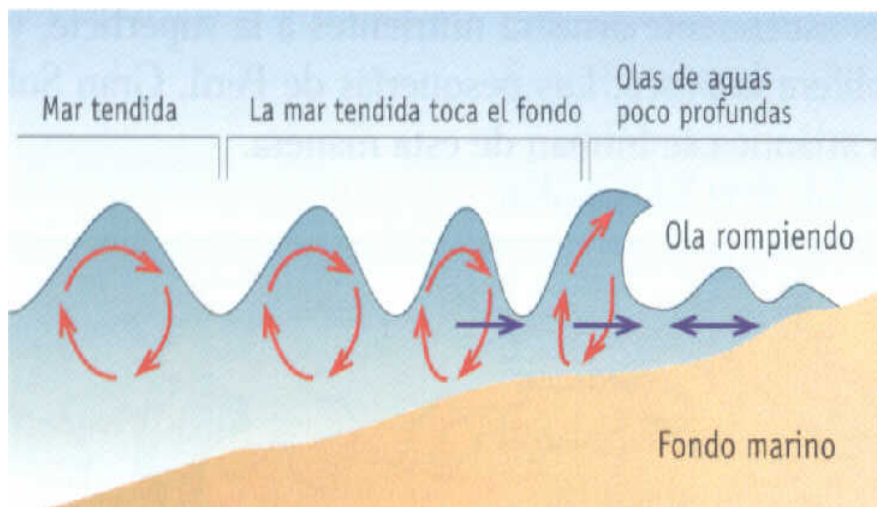


Figura 10. Desplazamiento de las olas de viento hacia la costa.

Como onda que es, tiene una cresta y un valle y se organizan longitudinalmente formando series de surcos y crestas. Las olas se mueven por la superficie del agua en trenes de ondas. Como en cualquier onda podemos distinguir: la amplitud de onda o distancia horizontal entre dos crestas sucesivas y la altura o desnivel vertical entre las crestas y los valles. La relación entre amplitud y altura se denomina arqueo. Al ser ondas que se mueven también podemos determinar su período, es decir, el tiempo que transcurre entre el paso de dos crestas consecutivas, por un mismo punto. Esto nos da la celeridad o velocidad de propagación.

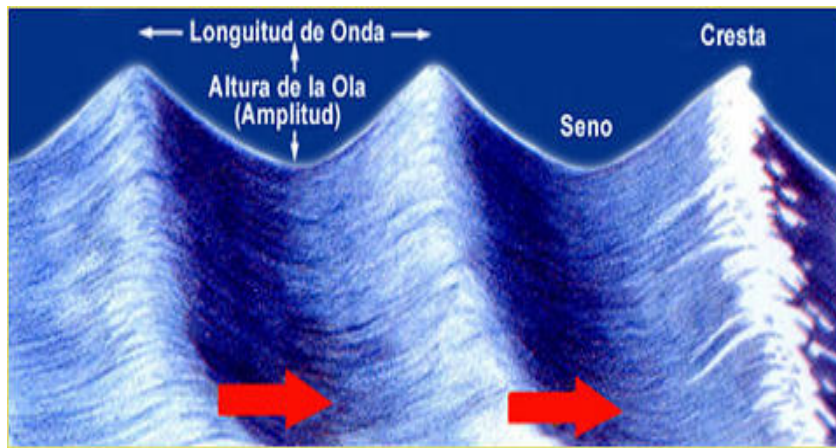


Figura 11. Componentes principales de una ola.

### 2.2.3 Modificación de la energía de las olas

Este fenómeno se da conforme el oleaje se aproxima hacia la costa, sus características se ven afectadas cuando la profundidad del agua comienza a ser menor que la semilongitud de onda, y por los efectos de la refracción.

Cuando la ola se encuentra con algún obstáculo en la superficie, se modifica según los fenómenos de difracción y reflexión; también se puede modificar por un obstáculo sumergido, alterándose el movimiento orbital de las partículas hasta una cierta profundidad.

### 2.2.3.1 Refracción

La refracción es el cambio de dirección que experimenta la ola, cuando ésta se acerca a una zona de menor profundidad, por ejemplo a una playa.

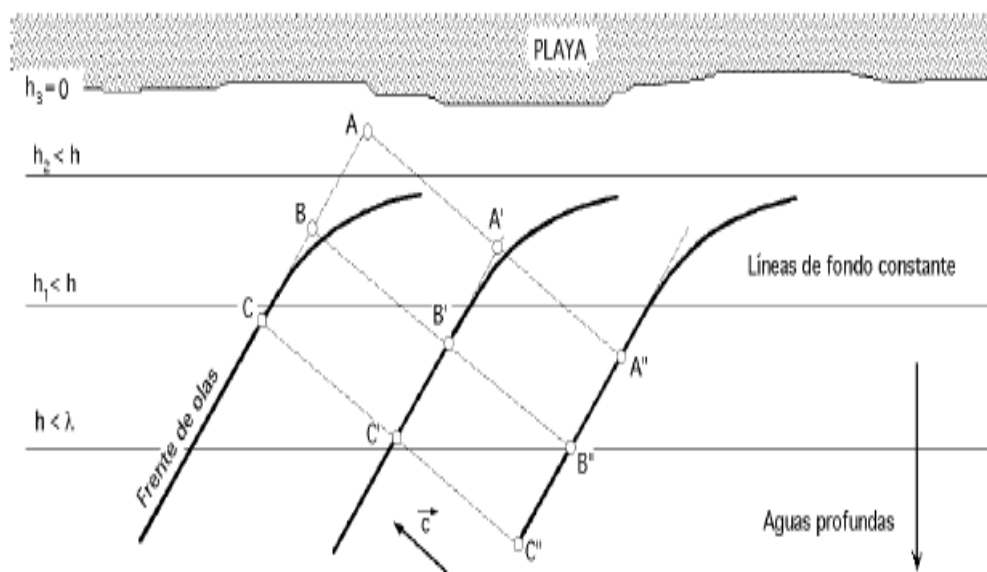


Figura 12. Ejemplo de refracción del oleaje debido a una batimetría paralela a la línea costera.

El frente de olas se frena, la altura de la ola disminuye y su dirección de propagación se modifica. La ola queda afectada cuando la profundidad del agua es, aproximadamente, igual a la mitad de su longitud de onda ( $h = \lambda/2$ ); a partir de esta zona la celeridad disminuye conforme decrece la profundidad, mientras que el período se mantiene constante, por lo que disminuye su longitud de onda; el resultado es que la ola al acercarse a la playa tiende a adaptar su frente de propagación a las curvas de nivel del fondo del mar.

El fenómeno de refracción sólo afecta a la altura del oleaje y a su dirección de propagación. Cuando la ola continúa su camino hacia la costa y la profundidad del agua disminuye, la ola modifica su velocidad y longitud de onda.

### 2.2.3.2 Reflexión

La reflexión se produce cuando la ola choca contra un obstáculo vertical (barrera); la ola se refleja con muy poca pérdida de energía. Si el tren de ondas es regular, la suma de las ondas incidentes y reflejadas originan una ola estacionaria, en la que se anulan mutuamente los movimientos horizontales de las partículas debidas a las ondas incidentes y reflejadas, quedando sólo el movimiento vertical de altura doble y, por lo tanto, de energía doble a la incidente.

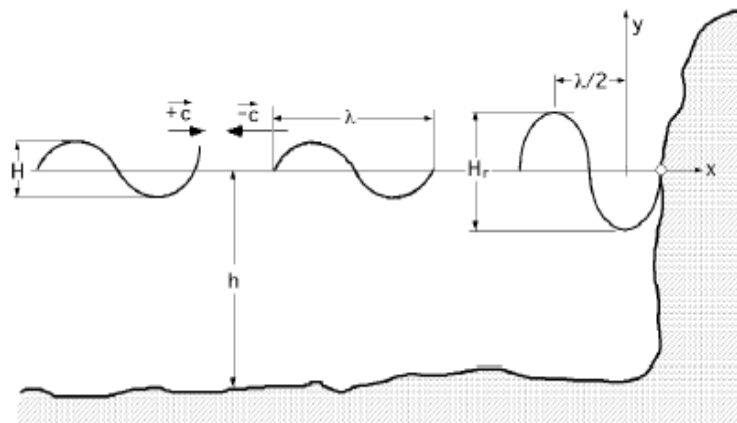


Figura 13. Reflexión de las olas en un acantilado

### 2.2.3.3 Difracción de las olas

La difracción es la dispersión de la energía del oleaje a sotavento de una barrera, permitiendo la aparición de pequeños sistemas de olas en aguas protegidas por un obstáculo.

Cuando la ola pasa al otro lado de la barrera, el frente de olas adopta una forma circular, entrando en una zona de calma por detrás de la barrera, disminuyendo su altura en esa zona, mientras que la celeridad y la longitud  $\lambda$  de la ola no se modifican.

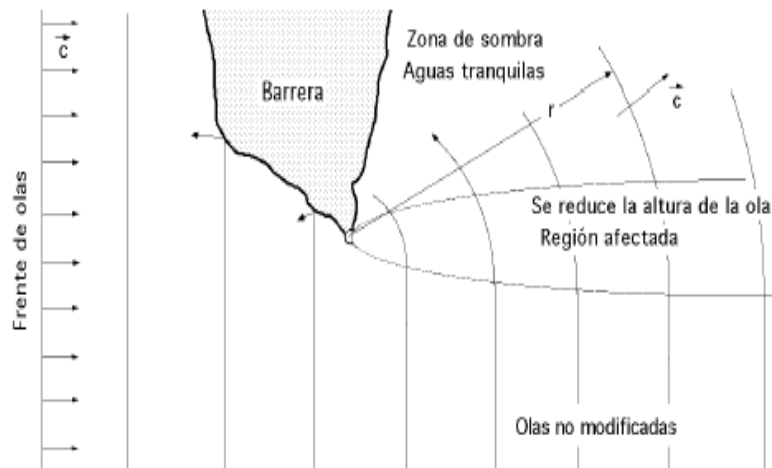


Figura 14. Difracción del oleaje en un saliente marino

#### 2.2.4 Parámetros de olas surfeables



Los cuatro parámetros más importantes de una ola, para el análisis de olas surfeables son: altura de la ola ( $H_b$ ), ángulo de peladura ( $\alpha$ ), intensidad de quiebre ( $B_i$ ) y la sección de la ola ( $S_l$ ) (SCARFE et al. 2002a & b).

Existen otros parámetros para olas surfeables (ver BLACK, 2001a; DALLY, 1990, 2001a & 2001b; MEAD, 2001; MOORES, 2001; SAYCE, 1997; SAYCE et al., 1999; SCARFE, 2002; WALKER, 1974), pero son derivados de estas cuatro variables principales. Cualquier ola surfeable puede ser bien descrita usando sólo estas cuatro variables. Es importante notar que todas estas variables están directamente influenciadas por el lecho marino (pendiente, contorno, orientación, etc.) y aunque el tamaño de la ola es controlado principalmente por el clima de oleaje local, la transformación de las olas de acuerdo a rasgos batimétricos localizados (MEAD & BLACK, 2001a & b) puede resultar en la variación significativa del tamaño de la ola a lo largo de la cresta de ésta.

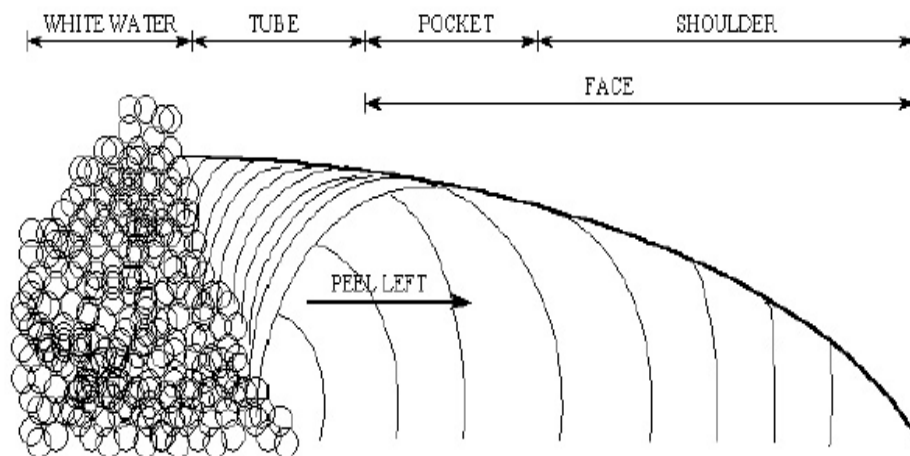


Fig. 15. Descripción de las partes de una ola surfeable usada para la investigación de la ciencia del surfing (after Hutt et al., 2001)

#### **2.2.4.1 Altura de la ola**

La altura de la ola es frecuentemente considerada como el parámetro más importante en una rompiente (RAICHLE, 1998). Los oceanógrafos miden la altura de la ola desde la cresta hasta el punto más bajo entre dos olas. Grupos de surfistas han desarrollado su propia definición de altura de la ola (BATTALIO, 1994), los cuales pueden ser ligeramente mayores o menores a la distancia de la cresta al punto más bajo entre dos olas.

El método oceanográfico es usado en el estudio científico de olas surfeables. Las olas vienen en grupos y los surfistas surfean las más largas olas en un grupo, (HUTT 1997) recomienda el uso de un promedio del 10% de la cima de las olas ( $H1/10$ ) cuando, la medida estadística de la ola para surfear, difiere del tamaño significativo de la ola ( $H1/3$ ).

#### **2.2.4.2 Angulo de peladura**

El ángulo de peladura esta definido como el ángulo entre el sendero del agua blanca (ola quebrada) y la cresta de la ola antes de quebrar mientras se propaga hacia la orilla (Fig. 16. ; WALKER, 1974; HUTT, 1997; HUTT, et al., 2001; MEAD, 2001b; SCARFE, 2002).

El ángulo de peladura varia entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , los ángulos menores crean olas más rápidas mientras que los ángulos mayores crean olas más lentas. Un ángulo de  $0^\circ$  grados es descrito como cerrado (MEAD & BLACK, 2001b).

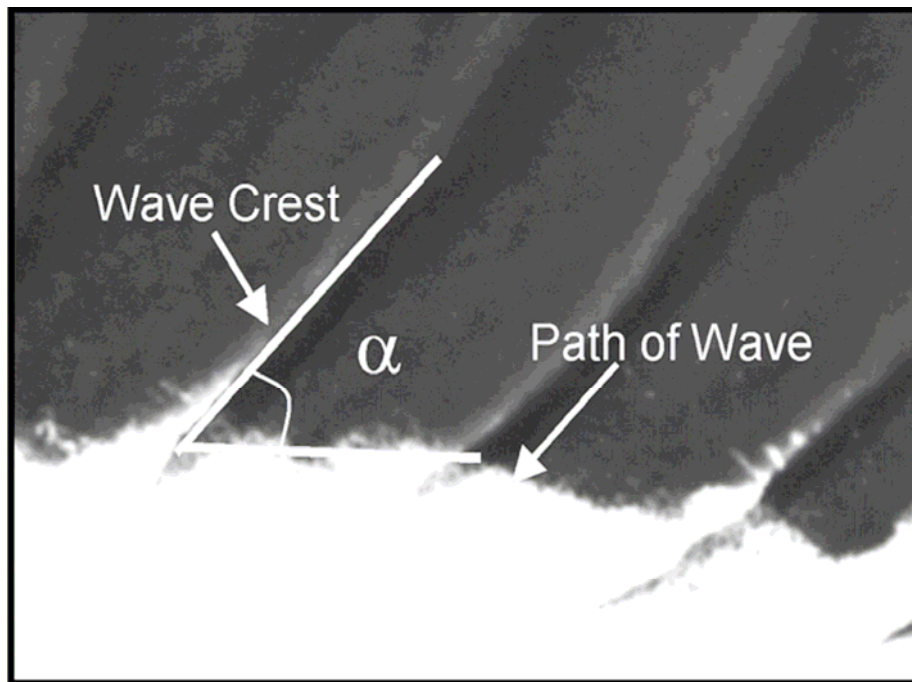


Fig. 16. El ángulo de peladura esta definido como el ángulo entre el sendero del agua blanca (ola quebrada) y la cresta de la ola antes de quebrar mientras se propaga hacia la orilla (Mead, 2001).

El incremento proporcional del cascarón de la ola describe que tan rápido avanza el punto de quiebre de la ola lateralmente a lo largo de la cresta de la ola. Los surfistas deben surfear por lo menos tan rápido como el incremento proporcional de la ola para poder estar delante del punto de quiebre de la ola. El ángulo de peladura esta cercanamente relacionado con el incremento proporcional del cascarón de la ola, debido a que ambos están relacionados con que tan rápido quiebra una ola.

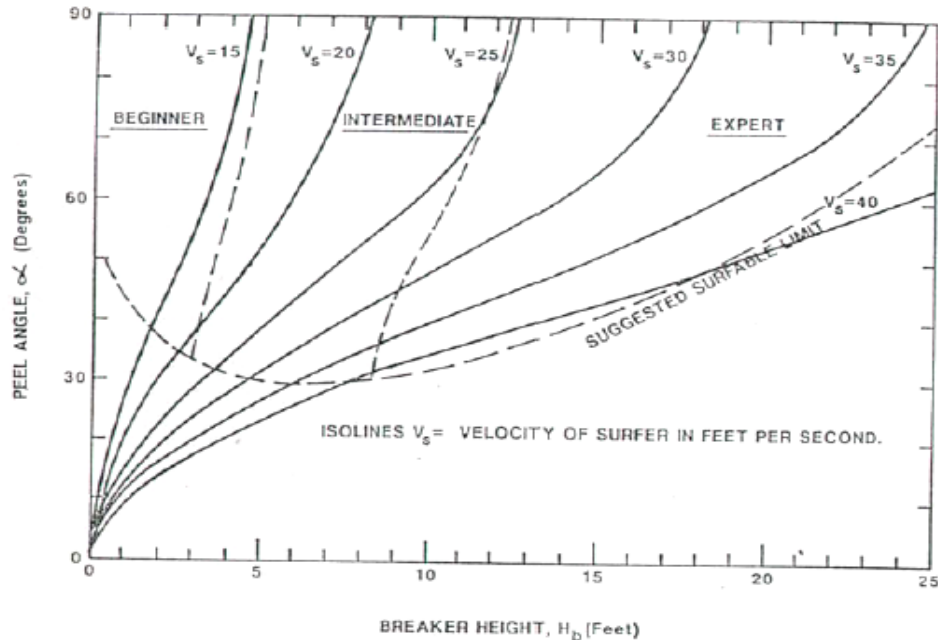


Fig. 17. Clasificación de la habilidad para surfear por el ángulo de peladura y la altura de la ola (Walker, 1974b).

Aunque han sido desarrollados modelos teóricos diseñados para relacionar el ángulo de peladura con el incremento proporcional del cascarón, (DALLY, 1990 & 2001a), SCARFE (2002) y SCARFE et al. (2002a) recomiendan usar el ángulo de peladura debido a que puede ser modelado mas exacta y numéricamente y es mas sensible al tipo de maniobras. Usando complejos campos experimentales, para los ángulos de peladura y los ángulos de incremento proporcional para diferentes tipos de maniobras, el ángulo de peladura fue encontrado para controlar el tipo de maniobras SCARFE (2002), mientras ninguna relación pudo ser encontrada para el incremento proporcional del cascarón. DALLY (2001b) y MOORES (2001) ambos han buscado la máxima velocidad del surfista que nos pueda dar una aproximación del máximo incremento del cascarón de olas surfiables.

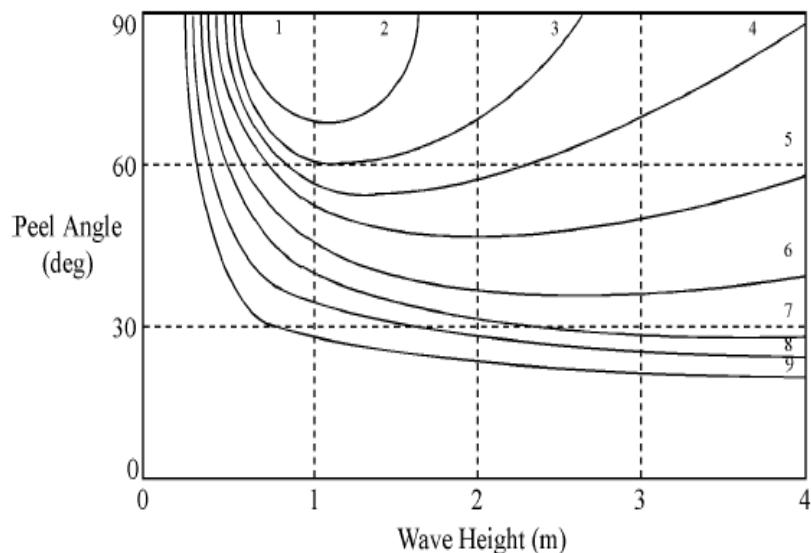


Fig. 18. Clasificación de la habilidad para surfear vs. el ángulo de peladura y altura de la ola (Hutt et al., 2001).

### 2.2.4.3 Intensidad de quiebre

La gradiente ortogonal del lecho marino es la variable dominante que controla la intensidad de quiebre (MEAD y BLACK, 2001c). Las olas quebraran como derramantes (spilling), sumergientes (plunging), expansivas (surging) o colapsibles (collapsing), dependiendo de la gradiente ortogonal del lecho marino. Las olas quiebran continuamente entre estos tipos de rompientes principales (KOMAR, 1998). Los surfistas generalmente prefieren olas con caras paradas o sumergientes (MEAD and BLACK, 2001c). Estas olas proveen de un gran poder de impulsión a los surfistas y la oportunidad de entubarse, para los surfistas mas experimentados. Un tubo es donde el surfista surfea dentro de una ola sumergiente (ver SCARFE, 2002; SCARFE et al, 2002a). Los métodos tradicionales para describir el tipo de ola, como el Iribarren number, the surf scaling parameter, o the surf similarity parameter, no han sido encontrados apropiados para olas surfeables (MEAD and BLACK, 2001c; SAYCE et al., 1999). Estos métodos son usados para describir todas las formas de las rompientes

desde derramantes hasta colapsibles y son muy generales para olas surfeables (MEAD and BLACK, 2001c).

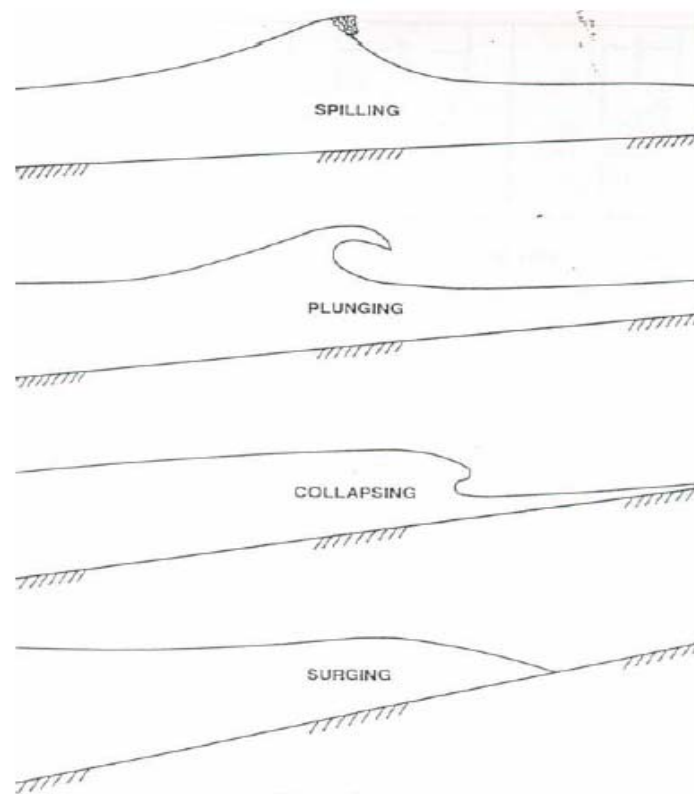


Fig. 19. Clasificación de las olas por tipo de rompientes.

Los tipos de olas sumergientes que los surfistas surfean varían grandemente. MEAD and BLACK (2001c) investigaron las formas de las veintiocho mejores olas sumergientes del mundo para surfear. Una curva cúbica fue amoldada a la forma del tubo, también llamada vórtice de la ola. El radio entre la altura y el ancho del vórtice es llamado radio del vórtice y es un buen indicador de la intensidad de quiebre (MEAD and BLACK, 2001c). Una relación lineal fue vista cuando el radio del vórtice fue delineado contra la gradiente ortogonal del lecho marino para cada sitio

El análisis de regresión por MEAD and BLACK (2001c) mostró que la ecuación 1 puede ser usada para cuantificar la intensidad de quiebre ( $R^2 = 0.71$ ), donde “X” es la gradiente octogonal del lecho marino y “Y” es la intensidad de quiebre.

$$Y = 0.065 X + 0.821 \dots \dots \dots \text{Ecuación 1}$$

MEAD and BLACK (2001c) se dieron cuenta que “la ecuación 1” es el primer intento de cuantificar la intensidad de quiebre de una ola sumergiente y es simplista. Ellos sugieren que el método puede ser mejorado incorporando la altura de la ola y periodo. En realidad los perfiles ortogonales de los lechos marinos son creados por gradientes variantes, con la gradiente del agua más profunda generalmente más bajo que el gradiente del agua poco profunda. El gradiente del agua menos profunda tiene más que un efecto en el gradiente de agua profunda. El efecto de la verticalidad en el perfil o gradiente de perfiles múltiples, en intensidad de rompientes es aun relativamente desconocido. Sin embargo, una relación simple aun puede ser usada para cuantificar el diseño característico de un arrecife artificial para surfear y para diferenciar la intensidad de quiebre de puntos de quiebre MEAD and BLACK’S (2001c). La intensidad de quiebre ha sido clasificada por MEAD and BLACK (2001c) como media, media alta, alta, muy alta y extrema. Cada clasificación fue definida por el rango de la intensidad de quiebre basado en la ecuación 1.

La fuerza y la dirección del viento afectan la intensidad de quiebre. La dirección de un viento en contra es desde la tierra hacia el mar, mientras que la de un viento a favor es desde el mar hacia la tierra. El viento en contra incrementa la intensidad de quiebre y el viento a favor la baja. Las condiciones perfectas de viento para surfear son en contra suave. Estas condiciones de viento retrasan el quiebre de la ola causando que la ola quiebre en aguas poco profundas e incremente la intensidad de quiebre. Un viento en contra fuerte hace que las olas sean difíciles de coger.






Intensity	Extreme	Very High	High	Medium/high	Medium
Vortex Ratio	1.6-1.9	1.91-2.2	2.21-2.5	2.51-2.8	2.81-3.1
Descriptive Terms	Square, spitting	Very hollow	Pitching, hollow.	Some tube sections	Steep faced, but rarely tubing
Example Break	Pipeline, Shark Island	Backdoor, Padang Padang	Kirra Point, Off-The-Wall	Bells Beach, Bingin	Manu Bay, Whangamata
Example Break Wave Profile					

Fig. 20. Clasificación de la intensidad de quiebre de las olas según el radio de vortice

#### 2.2.4.4 Sección de la ola

Es raro encontrar olas surfearables quebrando con un carácter consistente y regular. Tanto los picos en las crestas de las olas de oleajes



desorganizados, como las olas enfocadas provenientes de una batimetría ondulada causan el quiebre de las olas en secciones. Las olas que quiebran en secciones crean interesantes y desafiantes olas para surfear porque los surfistas pueden realizar diferentes maniobras en distintas secciones. Sin embargo, la sección no debe ser tan larga o rápida como para que el surfista quede atrapado detrás de la ola rompiente. Una nueva sección comienza cuando hay un cambio en la altura de la ola ( $H_b$ ), ángulo de peladura ( $\alpha$ ), intensidad de quiebre ( $B_I$ ), y es dicho que se tiene una longitud de sección  $S_L$ . Las secciones de ola han sido investigadas por MOORES (2001), SCARFE, 2002 and SCARFE et al. (2002a).

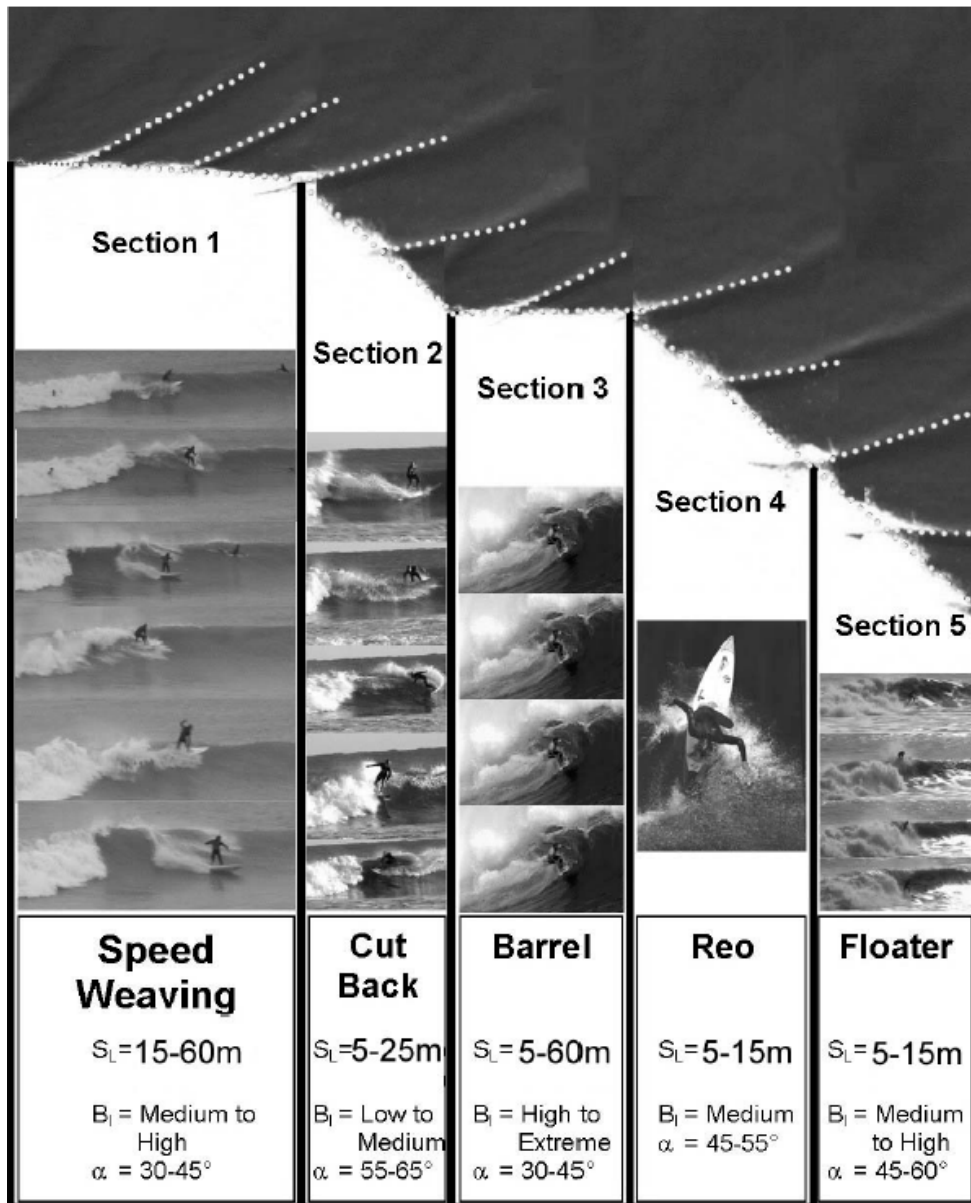


Figure 21. Posible configuración de las secciones de olas conforme a diferentes tipos de maniobras.

## **2.2.5 Relación entre surfistas y olas**

Estudios han relacionado a surfistas con olas surfeables para determinar el criterio de diseño para un arrecife artificial para surfear. Estas investigaciones se dividen en dos categorías. La primera relaciona las habilidades del surfista con los parámetros de olas surfeables. La segunda relaciona las maniobras del surf con los parámetros de olas surfeables.

### **2.2.5.1 Nivel de habilidades del surfista**

Los distintos tipos de surfistas se adecuan a diferentes tipos de olas surfeables, y los surfistas prefieren surfear olas que coincidan o desafíen sus habilidades. El rango de la altura de la ola, ángulo de peladura, intensidad de rompiente, y longitud de sección que un surfista puede escoger depende del nivel de sus habilidades. WALKER (1974) desarrollo un esquema de clasificación para describir los límites surfeables de un surfista principiante, intermedio y experto, basado en el ángulo de peladura y altura de la ola. Subsecuentemente, el esquema ha sido revalidado por estándares modernos de surfing, por HUTT et al. (2001). Las delineaciones entre las categorías del nivel de habilidades fueron hechas de manera cuantitativa en un ranking de 1 a 10 por HUTT et al. (2001).

MOORES (2001) observó como el nivel de destreza relaciona las habilidades del surfista a través de las secciones de la ola con decrementos en el ángulo de peladura. Sus hallazgos generales fueron:

Mientras más alto el nivel de destreza más largas las secciones que se puedan lograr.

Los surfistas con un alto nivel de destreza no requieren mucha velocidad entrando a una sección porque ellos son más capaces de generar velocidad.

Los surfistas con un nivel de destreza de tres o menos (principiantes) no pueden lograr las secciones porque no generan velocidad.

MOORES (2001) utilizó sus hallazgos para desarrollar la máxima longitud de sección, duración y valores de seguridad para diseño de arrecifes artificiales para surfear (figura 22). La relación entre la destreza del surfista y la intensidad del quiebre aun no ha sido cuantificada.

Ability	Wave Height (m)	Section Length (m)	Section Duration (m)	Section Speed (ms <sup>-1</sup> )
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	2.5	25	1	10
4	2.5	40	1.5	20
5	3	40	2.2	20
6	3	60	2.3	20
7	3	60	3	20

Figure 22. Valores máximos de diseño para arrecifes artificiales para Surfear de diferentes secciones de olas para surfistas con diferentes habilidades

### **2.2.5.2 Maniobras de surf en olas**

El surf es una actividad recreacional, y ejecutar maniobras es la meta de la mayoría de surfistas. El tipo de maniobras que un surfista ejecuta dependen de la habilidad, estilo del surfista y carácter de la ola, para cualquier tipo de ola, la mayoría de surfistas ejecutan maniobras similares (SCARFE, 2002; SCARFE et al., 2002a). Las primeras investigaciones en maniobras del surfing fueron emprendidas por SCARFE (2002) and SCARFE et al. (2002a). Las definiciones de cada maniobras pueden ser encontradas en SCARFE (2002) and SCARFE et al. (2002a and 2003a).

SCARFE (2002) encontró tres tipos de maniobras: funcional, expresiva y transitoria (figura 3) las maniobras funcionales son requeridas para cualquiera que surfee. Una maniobra funcional como sacar velocidad en la ola es requerida simplemente para mantenerse en la ola. Ejecuta la función de estar en la sección más poderosa de la ola. Una maniobra más expresiva como un aéreo es ejecutada únicamente para llenar la necesidad del surfista de ejecutar una maniobra difícil. Maniobras como los quiebres arriba y quiebres abajo pueden ser considerados con movimientos transitorios que son usados para enlazar maniobras funcionales con maniobras expresivas. Cada maniobra puede ser categorizada como funcional, transitoria, o expresiva, dependiendo de cuando está siendo hecha. Un quiebre abajo puede ser funcional cuando se está bajando la ola, transitoria cuando se está preparando para un aéreo o expresiva cuando es ejecutada bajo ciertas condiciones.

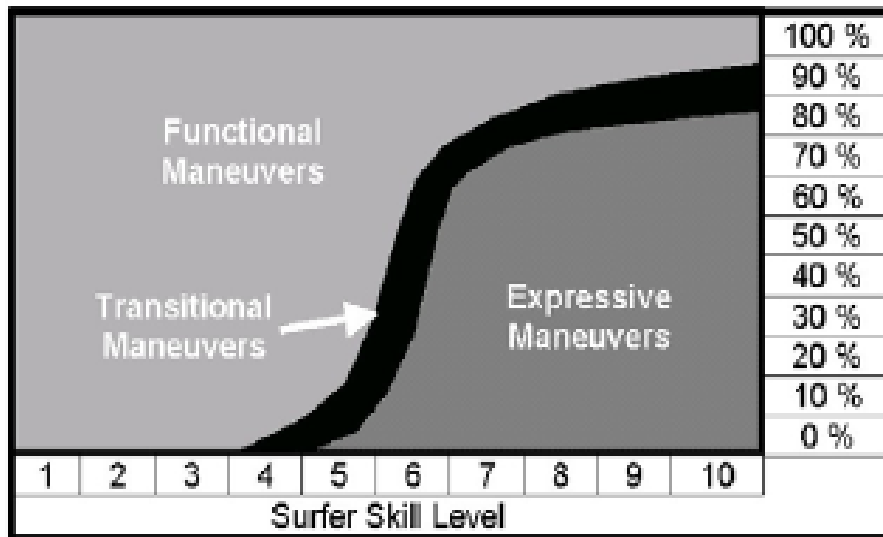


Fig. 23. Relación entre el nivel de destreza y porcentaje de los tipos de maniobras ejecutados.

La categoría de una maniobra también cambia dependiendo el nivel de destreza del surfista. Los surfistas con poca destreza ejecutan maniobras más funcionales, mientras que aquellos con un mayor nivel de destreza ejecutan maniobras más expresivas. Una maniobra básica funcional para un surfista experto puede ser una maniobra expresiva para un principiante. La habilidad de surfistas con diferentes habilidades para ejecutar cada tipo de maniobras esta tabulada en SCARFE (2002).

Análisis de los ángulos de peladura durante ciertas maniobras, presentado en criterios de diseño producidos para incorporar el tipo de maniobras en las secciones de olas de arrecifes artificiales para surfear SCARFE (2002) (figura 24). Estas

maniobras representan la división en ángulos de peladura donde la maniobra puede ser ejecutada.

El tipo de maniobra está también relacionada a la intensidad de quiebre. Para un ángulo de peladura dado, un surfista puede ejecutar un quiebre arriba en una ola con una intensidad de quiebre media, un roller o un reentre si la intensidad de quiebre es alta o un tubo si la intensidad de quiebre es extrema. SCARFE (2002) investigó cómo la intensidad de quiebre de la gradiente ortogonal de un lecho marino se relaciona con las maniobras; sin embargo, los hallazgos fueron inconclusos. La medida de intensidad de quiebre a escala sección por sección, es difícil y hubiera sido preferible usar terminología mas descriptiva.

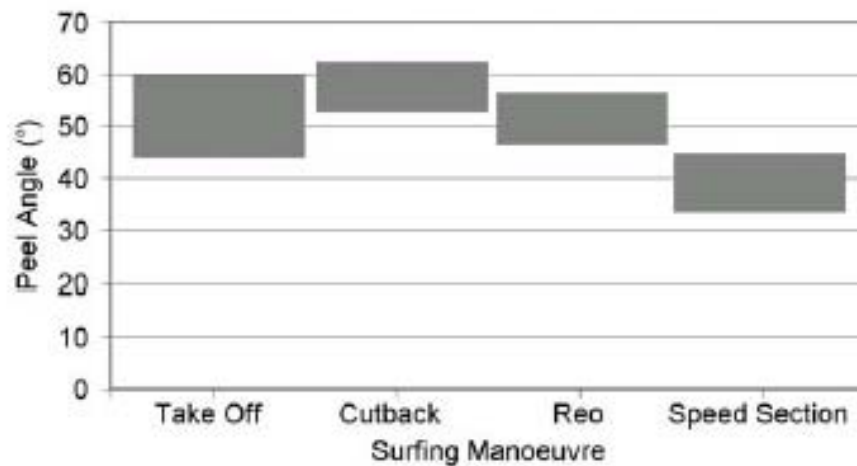


Fig. 24. Rango de ángulos de peladura conforme a diferentes maniobras de surfing (from Scarfe, 2002; Scarfe et al., 2002a).

### **2.2.5.3 Configuración de la sección de la ola**

La ondulación en la forma del lecho marino resulta en variaciones de los cuatro parámetros principales de olas surfeables, creando una nueva sección de ola. Diferentes maniobras pueden ser ejecutadas dependiendo de la configuración de la sección de la ola. La figura 21 ilustra como la longitud de la sección de la ola, ángulo de peladura e intensidad de quiebre, pueden afectar el tipo de maniobras. Los surfistas comúnmente ejecutan las maniobras mostradas en la figura 21, para las secciones de olas correspondientes. Incorporando secciones variadas e interesantes en arrecifes artificiales para surfear se desafiará a los surfistas y mantendrá sesiones de surf interesantes.

El tipo de maniobra para una sección es también dependiente de la sección anterior (SCARFE et al., 2002a). Por ejemplo, un surfista surfeando una sección con un bajo ángulo de inclinación, estará cruzando la ola rápidamente para mantenerse delante de la ola y si la siguiente sección incrementa su ángulo de inclinación drásticamente, el surfista tendrá que ejecutar un movimiento como un cutback o reducir la velocidad para mantenerse en el bolsillo de la ola.

### **2.2.6 Característica de las rompientes**

Las playas planas con contornos paralelos no producen buenas rompientes para surfear (SCARFE et al., 2003a) ya que el quiebre de la ola depende de la profundidad y generalmente sigue el contorno marino (HUTT, 1997). El ángulo de peladura es demasiado pequeño y las olas simplemente se “cierran” es decir, la cresta de la ola quiebra de golpe, en vez de reventar de manera ordenada, envolventemente. Características batimétricas más onduladas son necesarias para causar que la ola quiebre



a lo largo de la cresta de la ola en vez que quiebre toda de golpe. Las mejores rompientes para surfear poseen componentes preacondicionados y/o bajo nivel de agua, características que causan que la ola quiebre de manera ordenada, envolventemente. Es por eso que los mejores sitios para surfear están cerca de características morfológicas prominentes, como bocas de ríos con deltas menguantes, arrecifes de coral/roca, rocas salientes, muelles, rompeolas o playas donde barras rompientes características son creadas por las olas entrantes. La mayoría de las olas que rompen sobre las líneas costeras no son convenientes para surfear. La altura de la ola, el ángulo de peladura y la intensidad de quiebre deben estar dentro de los rangos surfearables para que las olas quiebren adecuadamente para surfear (HUTT et al., 2001; MOORES, 2001; SCARFE 2002; SCARFE et al., 2002a). Los mejores surfistas pueden surfear olas en un amplio rango, tanto en intensidad de quiebre como en altura de olas, 1 – 50 pies. De hecho, aparentemente ahora los mejores surfistas están hábiles para surfear casi cualquier tamaño e intensidad de ola. El mayor parámetro que diferencia una ola surfearable de una no surfearable es el ángulo de peladura. Por ello, el rol de una rompiente para surfear es incrementar el ángulo de peladura dentro de los límites surfearables. Aunque los ángulos de peladura pueden ser muy altos para desafiar a los más experimentados surfistas, altos ángulos de peladura no impiden necesariamente que los surfistas surfeen, mientras que los bajos ángulos de inclinación sí.

### **2.2.7 Componentes de una rompiente de arrecife**

MEAD y BLACK (2001a) identificaron la mayoría de características batimétricas que causan que las rompientes formen buenas olas para surfear. Los componentes de una rompiente de arrecife fueron clasificados, basados en los levantamientos topográficos marinos y modelos numéricos de las mejores rompientes para surfear en nueva Zelanda, Australia, Indonesia, Hawaii, California y Brasil. Cada

componente fue distinguido por su forma y función. MEAD and BLACK (2001a) se refirieron a estas características como componentes de una rompiente de arrecife, pero éste término también incluye características de rompientes hechas de otro material que no sean arrecife. Los componentes identificados son rampa, enfoque, plataforma, cuña, anaquel, lomo, pináculo. Diagramas esquemáticos de cada componente son mostrados en la figura 25.

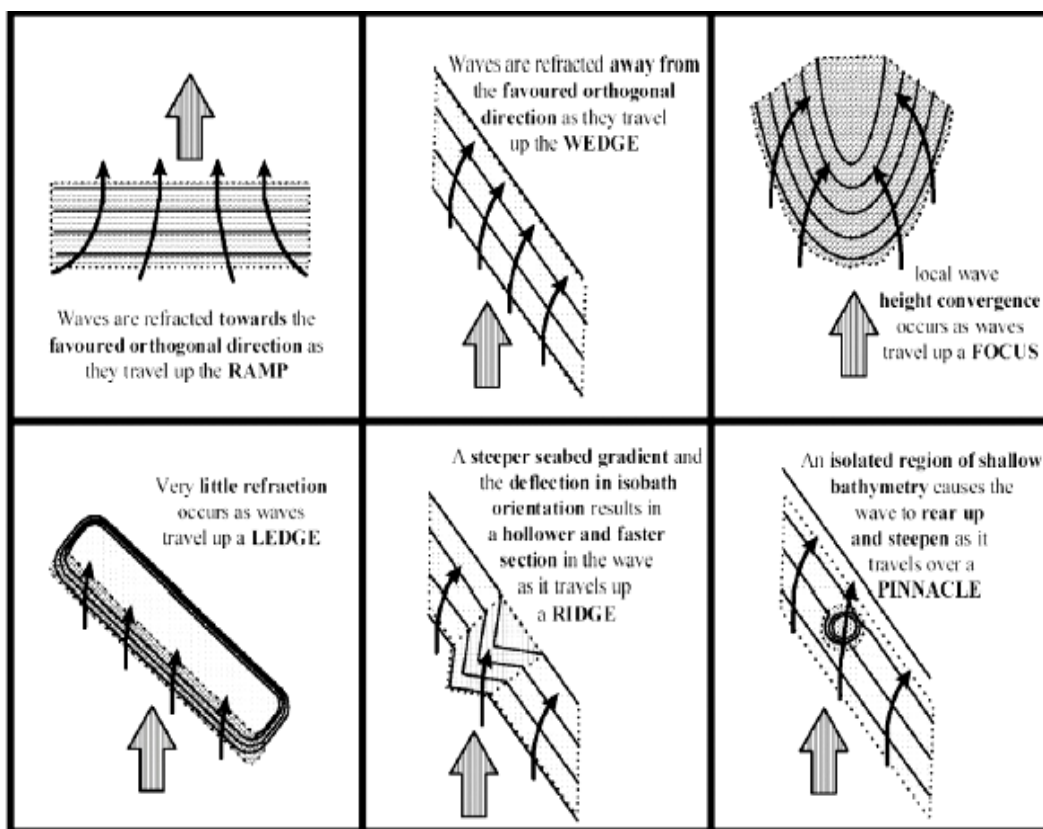


Fig. 25. Diagramas esquemáticos de distintos componentes de arrecifes

Dependiendo de la configuración, orientación y tamaño de éstos componentes, MEAD and BLACK (1999b and 2001b) encontraron que éstos producen distintos tipos de olas. Cualquier alteración de éstos componentes ya sean causados por la naturaleza o por el hombre cambiarán los parámetros de las olas surfeables en la rompiente.

La “dirección ortogonal favorecida” es el alineamiento de la ola que produce mejor calidad de olas surfeables sobre un componente de arrecife (MEAD and BLACK, 2001a). Cualquier desvío del alineamiento óptimo causará un incremento o decremento del ángulo de inclinación ideal. Esto lleva a que la ola quiebre más rápida o lentamente de lo deseado para un alto desempeño al surfear.

#### **2.2.7.1. Rampa**

Una rampa causa que la ola se refracte y organice por sí sola. La propagación direccional de las olas mar adentro, está ortogonalmente alineada al contorno de la rampa, antes de quebrar en otro componente morfológico. Las olas para surfear de buena calidad no quiebran sobre una rampa.

#### **2.2.7.2. Enfoque**

Un enfoque es una protuberancia del lecho marino que causa un pico en la altura de la ola y minimiza el gradiente efectivo del lecho marino, haciendo más fácil para un surfista tomar la ola. Los enfoques también pueden ocurrir en cualquier sección de la ola. Dependiendo de la extensión del enfoque y la profundidad relativa del agua al oleaje, los picos pueden causar el incremento o quiebre de una ola avanzando, antes que otro componente del arrecife.

### **2.2.7.3. Plataforma**

Una plataforma es un plano horizontal chato, por ello sólo tiene un pequeño efecto en las olas que avanzan. Las plataformas unen diferentes componentes sin alterar la orientación o causar excesiva disminución de la profundidad. Las dos funciones principales de una plataforma son mantener la ola ortogonal, establecida por una rampa o enfoque y permitir una profundidad de agua suficiente para que la ola quiebre por encima del anaquel. En el primer caso, una plataforma óptima es solo más profunda que la profundidad en la cual quebrarán las olas en un sitio en particular.

### **2.2.7.4. Cuña**

Una cuña es un componente planar inclinado hacia abajo en la dirección mar adentro, similar a una rampa. Difiere porque está en ángulo con la dirección ortogonal favorecida y en agua poco profunda, suficiente para causar que quiebre la ola. Este es el componente de quiebre principal de la mayoría de rompientes. La orientación de la cuña determina la cantidad de refracción y por ello el ángulo de peladura.

### **2.2.7.5. Anaquel**

Un anaquel es una cuña bien empinada con una plataforma que se extiende hacia la costa desde el tope de su borde. Puede o no, ocurrir una pequeña refracción y por ello la orientación del anaquel es crítica. Un anaquel debe tener una pendiente  $>1:4$ , o las olas surgirán y colapsarán. Las olas sumergientes son comunes en los anaqueles.

#### **2.2.7.6. Lomo**

Un lomo es similar en forma al enfoque, pero orientado de manera tal que no causa la convergencia de la ola. El lomo provee una sección de la pendiente del lecho marino más parada, causando un decremento del ángulo de peladura y un incremento de la intensidad de quiebre. Los lomos no refractan significativamente las olas en comparación con las cuñas. Un enfoque se puede volver un lomo cuando el ángulo de la ola cambia significativamente y la profundidad del agua es lo suficientemente baja para causar el quiebre de la ola.

#### **2.2.7.7. Pináculo**

Un pináculo incrementa la intensidad de quiebre de manera similar a un lomo, excepto que es más abrupto y afecta a un área más pequeña. Tanto el pináculo como el enfoque a menudo definen la zona de tomar las olas y ayudan a los surfistas a agarrar las olas.

MEAD and BLACK (2001a) subcategorizaron componentes por sus funciones. Rampas, enfoques y plataformas preacondicionan la ola antes que quiebre, alineándola y disminuyéndola en profundidad. Cuñas, anaqueles, lomos y pináculos causan que la ola quiebre. Los componentes de quiebre son a menudo características a pequeña escala que son anidadas en otras más grandes, preacondicionando componentes. Aunque la mayoría de investigaciones se han enfocado en la rotación y enfoque de la ola, BLENKINSOP (2003) discute que el tipo de quiebre e intensidad de quiebre son dependientes del pre acondicionamiento sobre componentes.

### **2.2.8 Configuración de componentes**

Distintos tipos de olas pueden ser producidas dependiendo de la configuración de los componentes del arrecife. Los componentes se combinan holísticamente para producir olas surfeables de calidad, y dependiendo de su orientación, tamaño y configuración, producen distintos tipos de olas (MEAD and BLACK, 1999b). Un análisis de la configuración de componentes de arrecifes por MEAD and BLACK (2001b), mostró cuatro tipos comunes de rompientes. Estas son:

- Rampa/Cuña.
- Rampa/Plataforma/Cuña.
- Rampa/Enfoque/Cuña.
- Rampa/Anaquel/Plataforma.

En un caso estudiado en el arrecife de Bingin, Bali, Indonesia por MEAD y BLACK (1999b), el rol de los diferentes componentes del arrecife fue investigado usando modelos numéricos. En Bingin se encontró que producía ángulos de peladura surfeables y consistentes sobre un rango de altura de olas debido a la configuración de cinco componentes principales. Bingin es una configuración rampa/enfoque/cuña con un lomo superpuesto en la cuña y una plataforma terminando la cuña.

La mayoría de rompientes surfeables no producen olas perfectas para surfear durante todo el ciclo entero de la marea, especialmente cuando los rangos de marea son largos. Mientras la profundidad del agua cambia los componentes que abarcan la rompiente también cambian, ya sea en la función o en el impacto de la propagación de la ola. SCARFE (2002) mostró que el rango de marea de 3.5-4.0 m en

Manu Bay, Raglan, Nueva Zelanda se puede comportar como dos rompientes surfeables diferentes dependiendo de la marea debido a que la configuración de sus componentes cambia.

### **2.2.9 Escala de componentes**

Los siete componentes identificados por MEAD and BLACK (2001a) ocurren en macro, media y micro escala (SCARFE, 2002). En la escala más larga, los componentes mar adentro organizan y refractan las olas antes de que quiebren. Por ejemplo, una rampa puede alinear olas a lo largo de toda la costa o ser uno de los más pequeños componentes de una rompiente para surfear, o alinear una sección de la ola antes de que ésta quiebre en otro componente (MEAD and BLACK, 2001a). Los componentes en macro escala influyen en la disminución de la profundidad y dirección de la ola, pero no causan que quiebren las olas. Los componentes en escala media enfocan y orientan las olas antes de quebrar y pueden causar el quiebre de la ola. Los componentes en micro escala están superpuestos en las características de la escala media y crean secciones de ola entre 5 y 40 m. de longitud (SCARFE, 2002).

### **2.2.10 Influencia de las corrientes en las rompientes para surfear**

Las corrientes fuertes son algo con lo que los surfistas deben enfrentarse continuamente, casi cada vez que ellos reman hacia mar adentro. La mayoría de veces las corrientes son manejadas por las olas, pero los chorros de marea cerca de los ríos y las rompientes en bancos de arena, y aún las grandes corrientes oceánicas, pueden impactar en la surfeabilidad de una rompiente.

Esta bien documentado que cuando las olas se acercan a la orilla en un ángulo oblicuo, una corriente costera paralela es generada mientras las olas rompen cerca de la zona costera, transportando sedimentos a lo largo de la costa (Fredsoe & Diegard, 1992; Komar, 1998). Las salientes pueden ser clasificadas como secciones desalineadas de la costa, dónde el ángulo más grande genera fuertes corrientes generadas por las olas. Las corrientes en las salientes surfeables han sido estudiadas previamente en relación al transporte de sedimentos y la dinámica de la costa contigua, y tiene una mayor influencia en la estabilidad del lecho marino de la saliente (eg: Kirra Point, Greenmount, Noosa Heads – all in Queensland, Australia).

Las corrientes también tienen influencia en la surfeabilidad de la rompiente de una saliente, limitando el acceso a surfear y la habilidad para entrar y mantener la posición en el lugar donde entran las olas. Black and Symonds (2001) encontraron que las fuertes corrientes manejadas por olas, ocurren sobre los arrecifes cuando el arrecife es: (i) estrecho; (ii) separado; (iii) totalmente sumergido; y (iv) suave con una baja resistencia friccional. En una saliente las corrientes manejadas por las olas fluyen a lo largo de la saliente y dificultan el surfear en grandes condiciones.

Sin embargo, las corrientes pueden trabajar a favor del surfista cuando fluyen en dirección al “take-off” (lugar en que se levantan las olas) como se ve en las rompientes cercanas a puertos y bocas de ríos, con la disminución de marea, creando un fácil acceso de remada en el canal profundo. Esto está demostrado en el banco de arena



de Whangamata en la península de Coromandel en Nueva Zelanda, donde los surfistas están saliendo del mar desde la zona del “take-off” en una marea saliente. Sin embargo, la fuerte corriente que fluye hacia afuera significa que los surfistas deben remar continuamente en contra del flujo para permanecer en la zona del “take-off” de la rompiente. En los bancos de arena de Omaha al norte de Auckland, ocurre lo contrario donde los surfistas deben continuamente remar desde el punto de quiebre inicial mientras la corriente los lleva demasiado adentro en la zona de quiebre dificultándoles el agarrar las olas. La corriente también puede incrementar la disminución en profundidad de la ola mientras quiebra, con un flujo saliente significativo “chupando” la cara de la ola, posiblemente creando una ola tubular. Esto es visto en lugares como Whangapoa en Great Barrier Island, New Zealand.

Levantamientos batimétricos y análisis por Black et al. (1998) mostraron que Kirra y Burleigh Heads tienen pendientes de lecho marino empinadas bajo la profundidad aproximada de 6 m. formada por grandes bancos de arena que corren paralelos a lo largo de la saliente. Estos bancos de arena lineares son probablemente rompientes formadas por la interacción del quiebre de la ola y la corriente que viajan bajo éstas salientes cuando se da un gran oleaje. La pendiente del lecho marino se reduce bajo los 6 m. de profundidad y podría ser en parte debido a la fuerte corriente que discurre hacia abajo en las salientes.

### **2.2.11. Arrecifes artificiales para surfear**

Los arrecifes artificiales para surfear presentan muchas de las características que generan fuertes corrientes manejadas por las olas, las que podrían

afectar negativamente las condiciones para surfear en la rompiente, que son: (i) estrecho, (ii) aislado, (iii) completamente sumergido, (iv) suave con suave resistencia friccionante por (Symonds and Black, 2001).

El diseño de arrecifes artificiales necesita considerar el impacto de éstas corrientes, si la comodidad para surfear va a tener un mejoramiento óptimo. Black and Mead (2001), describe los 2 tipos de arrecife hacia mar adentro, como “disipadores” y “rotadores” , trabajando con la naturaleza, modificando el proceso natural de transformación de las olas, para alterar las corrientes cercanas a la costa y obviar el proceso de erosión costera.

El arrecife actúa haciendo quebrar las olas y protege la costa reduciendo la energía de la ola al pie de la estructura, mientras que las olas rotantes también reducen el ángulo de orientación, y reducen las corrientes, dando como resultado una menor corriente generada por las olas hacia la costa y por ello un menor transporte de sedimentos a lo largo de la costa. Las corrientes reducidas cercanas a la orilla también proveen a los surfistas de la oportunidad de llegar al “take-off” de la rompiente, incrementando la surfeabilidad del arrecife.

El arrecife para surfear de Narrowneck en el Gold Coast de Australia, es esencialmente una saliente sumergida, i.e. el contorno del arrecife es casi perpendicular al contorno natural del lecho marino (Fig. 26). Esta orientación fue requerida debido a la gran profundidad en la cual está ubicada el arrecife (10.5 m de profundidad al pie del arrecife, mar hacia afuera) para compensar la gran cantidad de refracción que ocurre mientras las olas se doblan sobre el arrecife. Si el arrecife hubiese sido diseñado como se sugirió originalmente, con un contorno del arrecife de alrededor de 45° con el contorno del lecho marino (Fig. 14), la refracción podría haber reducido el ángulo de peladura tanto como para hacerlo tan pequeño que las olas hubieran quebrado muy rápido para ser surfeables por (Mead and Black, 2001b)

Black (2001) identifico una debilidad en el diseño del arrecife de Narrowneck, siendo que se generaban fuertes corrientes debido a las olas sobre la cresta del arrecife. Las corrientes que corren hacia la costa en oleajes de 3 a 4 m. fueron predecidas por Symonds and Black (2001) para exceder de 1-1.5 ms<sup>-1</sup>. Estas corrientes pueden barrer a los surfistas hacia la costa.

Una característica de diseño del arrecife artificial para surfear de Narrowneck es el canal de remada entre los dos brazos de la estructura (Fig. 26), el cual permite que los surfistas puedan remar hacia dentro evitando ser barridos por la corriente, durante condiciones de oleaje moderadas y grandes (Black and Mead, 2001b). Aunque las corrientes generadas por las olas van directamente hacia la costa desde los lados del arrecife hacia afuera la corriente es revertida a través del canal de remada, añadiendo facilidad de remada hacia adentro. Además, del arrecife hacia fuera una “zona quieta” provee una remada sin problemas desde la orilla (Fig. 26)

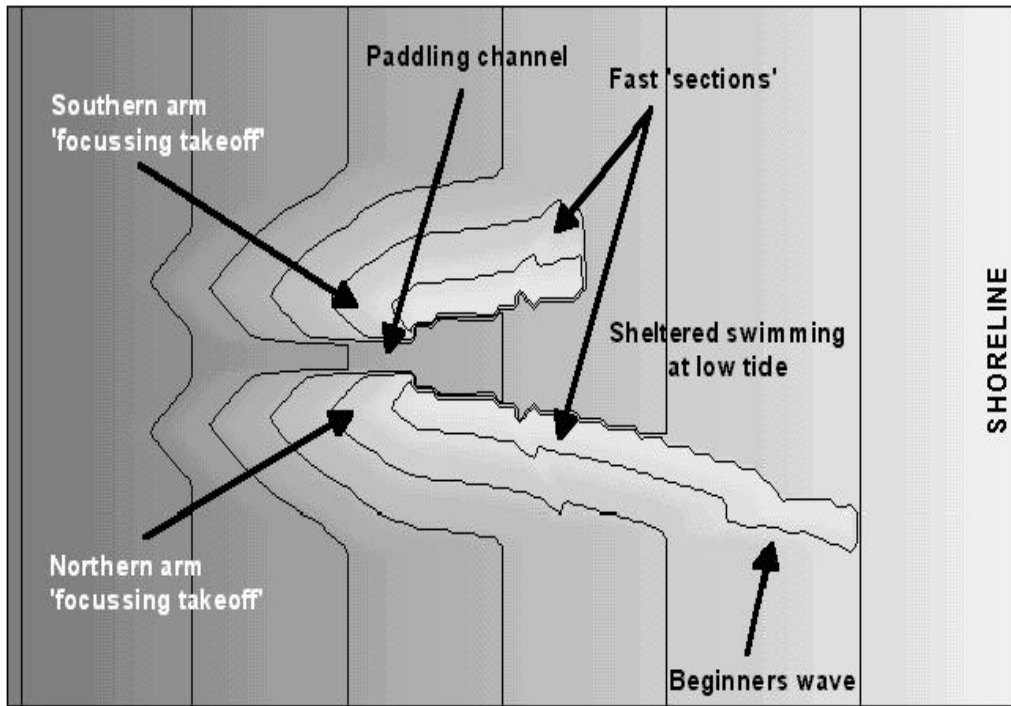


Fig. 26. arrecife artificial para surfear de Narrownwck Australia

## CAPÍTULO III. INFORMACION BASICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 3.1. Ubicación

El área de estudio esta ubicada entre los siguientes cuadrantes:

a)  $\varnothing = 12^{\circ} 07' 15.2''$  S

$$\lambda = 77^{\circ} 02' 44.0''$$
 W

b)  $\varnothing = 12^{\circ} 07' 31.5''$  S

$$\lambda = 77^{\circ} 02' 56.2''$$
 W

c)  $\varnothing = 12^{\circ} 07' 40.5''$  S

$$\lambda = 77^{\circ} 02' 41.5''$$
 W

d)  $\varnothing = 12^{\circ} 07' 27.5''$  S

$$\lambda = 77^{\circ} 02' 30.0''$$
 W

Dentro de la bahía de Miraflores la cual está comprendida entre la punta ( $12^{\circ} 04' 30''$  latitud sur) por el norte, y la Chira ( $12^{\circ} 12' 30''$  latitud sur) por el sur; es una franja

costera de 25 km por 6 km. Políticamente pertenece a las provincia de Lima y Callao del departamento de Lima, situado en la parte central y occidental del territorio peruano.

## **3.2. Generalidades**

### **3.2.1. Características dinámicas de la bahía**

#### **3.2.1.1 Mareas**

La bahía de Miraflores, desde el mar tiene un acceso natural amplio, de tal modo que las mareas llenantes y vaciantes, no generan corrientes fuertes en la entrada. Debido a que no existen diferencias significantes de altura de mareas, tenemos que para el mismo momento el nivel dentro de la bahía es prácticamente igual al nivel fuera de la bahía, sin embargo al colocar un obstáculo en las corrientes de mareas, tales como pilotes, muelles, espigones, etc. Se intentará restablecer un nuevo equilibrio con perjuicios a veces de las estructuras existentes.

#### **3.2.1.2 Corrientes de mareas**

Las corrientes de marea tienen influencia en la navegación y en el embarque, entre otros, por tal motivo un estudio oceanográfico integral, requiere de mediciones de corrientes de mareas, con el fin de determinar la influencia de éstas sobre el proyecto a efectuarse. Debido a que la velocidad del movimiento orbital de las olas es mayor a la velocidad de las corrientes marinas el uso de correntómetros estacionaros no es recomendable, toda vez que el movimiento altera su dirección, el instrumento siempre

estará cambiando de dirección y el registro así obtenido, no corresponderá a la real dirección y velocidad de corriente de marea.

### **3.2.1.3 Olas**

La morfología de una línea de costa está dada principalmente por el continuo choque de las olas que son las causantes fundamentales de los procesos de erosión y sedimentación.

Para realizar diseños de obras portuarias o cualquier tipo de infraestructura en costa es indispensable contar con información sobre las características del oleaje, tanto en su periodo, altura y dirección, a la cual están asociados fenómenos de difracción y reflexión.

Otro fenómeno importante 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 ondas. La disminución de la velocidad significa que cuando un tren de olas de un determinado periodo, 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 propaga. A este fenómeno es al que se llama refracción.

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

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

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

Determinar concentraciones (divergencia o convergencia).

Determinar los arrastres o transportes de sedimentos.

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

Definir fronteras en modelos hidráulicos.

Específicamente en el área de estudio (bahía de Miraflores) de acuerdo a una estadística de dirección de olas, de 6907 observaciones (información del sailing direction for south América), se ha determinado que el 62.9% de las olas en aguas profundas provienen del sur y un 17.4% del sur oeste principalmente. Sin embargo, a medida que se acercan a la costa, por efectos del fondo y/u obstáculos, como por ejemplo puntas e islas, el oleaje se reorienta o cambia de dirección, produciendo los fenómenos de refracción y difracción respectivamente.



En general, las alturas de olas (amplitudes) dentro de la bahía de Miraflores disminuyen de norte a sur, alcanzando alturas significantes de 1.50 m. a 1.15 m. a 10 m. de profundidad y alturas máximas alrededor de los 3.00 m.

En la parte central de la bahía, el oleaje que provienen del sur sufre ligeras refracciones, por lo que las alturas tienden a disminuir, en cambio el oleaje que procede del suroeste llega hacia la línea de costa sin sufrir mayores deformaciones. Las alturas de olas significantes, en dicha área, están alrededor de 1.40 m.

#### **3.2.1.4 Corrientes**

El sistema de corriente frente a las costas del Perú tiene dirección hacia el norte y difiere del sistema de orilla donde se presenta una alta variabilidad debida principalmente al perfil de los accidentes costeros. Específicamente dentro de una bahía, el sistema de corrientes responde también a otros factores como las mareas, la topografía del fondo, los vientos locales, etc. Esto hace que las corrientes dentro de las bahías sean muy variables y difíciles de describir.

Además, superpuesta a éstas corrientes está aquella que se produce debido al oleaje que al aproximarse a la costa del sur y sur oeste principalmente, genera las corrientes litorales que son las más importantes en el transporte de sedimentos. Esta corriente litoral es también hacia el norte.

Otra corriente importante que se genera cuando la ola rompe en playa, es la corriente de “fondo” o corriente de “resaca”, que viene a ser el retroceso del agua que llega a costa producto del oleaje.

Antes de iniciar el análisis, tenemos que diferenciar etapas o periodos de circulación que van a responder principalmente a las estaciones de invierno y verano, y a periodo de mareas ascendentes y descendentes.

Como sabemos, durante el invierno los vientos alisios son más intensos lo que origina que el sistema de corriente del Perú se dirija hacia el norte, y específicamente corriente costera peruana, al igual que el oleaje, va a ser más intensa y por lo tanto la corriente 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.

### **3.2.2. Características del fondo superficial marino**

#### **3.2.2.1. Textura**

El sedimento que constituye el fondo superficial marino del área de la bahía de Miraflores, está conformado fundamentalmente por material de grano grueso, como sigue: arena limosa 31.3%, arena (fina) 29.2%, roca o bloques 13.5%, limo arenoso 12.5%, grava 6.3%, guijarro 3.1%, grava arenosa 2.1%, limo arcilloso y solo limo 1 % en cada caso.

La distribución de las mencionadas muestras del fondo superficial, demarcaron tres áreas bastante diferenciadas: hacia el sur, predominaron arena limosa y arena formando franjas paralelas a la central, (frente a Barranco, Miraflores, Magdalena y San Miguel), abundaron material rocoso, seguido de limo arenoso; luego en menor proporción guijarro, grava, arena limosa, limo, arcilla limosa y arena. En el resto del área, predomina material arenoso, particularmente fino seguido de arena limosa, guijarro, grava y limo arenoso.

### **3.2.2.2. Sondajes**

En la bahía Miraflores, la isolínea de 10 m. (a 1 km.) y 15 m. (4 km.) recorrió casi paralela a la costa, salvo frente al distrito de Miraflores dónde se extendió apreciablemente. Hacia el lado sur de ésta bahía, las isolíneas de 20 y 30 m. se abrieron ampliamente.

El veril de los 10 m. recorre casi paralelo a la línea costera, demarcando un ancho de 2 a 3 km. Comprendidos entre los distritos de La Punta y Barranco angostándose de norte a sur; hacia el sur el veril se estrecha a costa rápidamente. El veril de los 15 m. sigue la tendencia anterior, prolongándose inmediatamente desde la playa Agua Dulce (distrito de Chorrillos), hasta inmediaciones de las Islas San Lorenzo y El Frontón, esta vez con un ancho promedio de 4 km. Ambos veriles se reducen a escasa distancia desde la playa La Herradura hasta Punta La Chira.

Los veriles de 20 y 30 m. tienden a ampliarse rápidamente hacia mar afuera, de tal forma que el veril de los 30 m. frente a La Chira, se ubica solo a poco más de 2 km.

### **3.3 Tipos de arrecifes artificiales**

#### **3.3.1. Definición de arrecife**

Los arrecifes son estructuras geológicas de origen biológico, sólidas, masivas y con formas variadas, que cubren la matriz rocosa de algunos fondos marinos tropicales y subtropicales. Estos son creados por organismos fijados al fondo que forma esqueletos pétreos de carbonato de calcio (principalmente corales pétreos). Este hábitat es el más diverso y rico de los biotipos marinos, comparado sólo con las grandes selvas tropicales.

La mayoría de los arrecifes crecen en aguas poco profundas de mares tropicales, su crecimiento óptimo se lleva a cabo en aguas de menos de 50 m. de profundidad, con una salinidad de entre 27 a 40 partes por mil, y con temperaturas de mas de 20° C.

Por su forma se distinguen dos grandes grupos de arrecifes: lineales, dispuestos a lo largo de la costa y paralelamente a ella; y anulares, constituidos por un cinturón de coral encerrando un lago central o lagón. Estos arrecifes muchas veces son lo suficientemente grandes como para proteger la costa del efecto del oleaje. Pueden formar lagunas, atolones o grandes formaciones alejadas de la costa, por ejemplo, el Arrecife de la Gran Barrera en Australia.

### **3.3.2. Definición de arrecifes artificiales**

Con el aumento de las actividades del hombre en las costas como la pesca, deportes, turismo, contaminación, etc., los arrecifes naturales han sufrido deterioro, se encuentran bajo gran presión y en algunos casos amenazados por el uso y explotación excesiva. Cada día se populariza más el empleo de arrecifes hechos por el hombre empleando una gran variedad de elementos como barcos, barcazas, aviones, autos y hasta llantas.

Sin embargo, esto sólo se hacía con propósitos de piscicultura, turismo y rehabilitación de habitats para especies marinas, posteriormente se empleo el uso de arrecifes artificiales como disipadores de energía de las olas para la protección costera de la erosión marina y en los últimos años se visualizó ésta modalidad como un medio efectivo para mejorar las condiciones surfeables de una rompiente.

### **3.3.3. Arrecifes artificiales de oportunidad**

Estos arrecifes son creados por el hombre con materiales de desecho con el fin de crear un nuevo hábitat para las pequeñas especies marinas, sin embargo actualmente existe un movimiento internacional en contra de los arrecifes artificiales de oportunidad basados en enseres de desecho como llantas, autos viejos, barcazas, aviones, etc. La mayoría de estos, no están diseñados para tener larga duración en las adversas condiciones marinas de corrosión, corrientes, marejadas, etc. Estos elementos al corto

plazo se convierten más perjudiciales al medio ambiente y al ser humano que benefactores.

Los elementos de arrecifes artificiales deben de poderse fabricar en forma repetitiva mediante técnicas de construcción que ofrezcan el control confiable de la producción y de asegurar la calidad de los elementos, para que soporten la acción del medio marino como son las sales, corrientes y marejadas

Ahora existe una creciente demanda por arrecifes artificiales que cumplan ciertos requerimientos mínimos como el que sean:

Estables

Duraderos

Seguros

Reversibles

Económicos

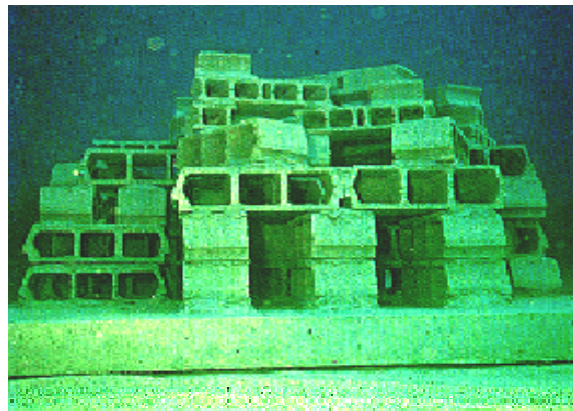


Fig. 27. Ejemplos de arrecifes artificiales formados con materiales de oportunidad

### **3.3.3.1. Arrecifes artificiales de concreto:**

El uso de arrecifes artificiales de concreto se ha enfocado en la creación de arrecifes artificiales como rompeolas sumergidos para prevenir la erosión a causa del oleaje y para crear habitats de diversas especies marinas con los llamados Reefballs.

El diseño de los Reefballs se ha ido mejorando continuamente; asemeja una semiesfera hueca con agujeros de distintos tamaños en su cuerpo, que por la técnica empleada en su fabricación, cada una será única y diferente al resto, ya que el personal encargado del colado de los moldes controla la localización y tamaño de los agujeros que va dejando en cada molde al vaciar el concreto. Tanto el hueco central como los agujeros del cuerpo se conforman con la ayuda de globos de hule especiales que permiten variar el espesor de la pared al poder modificar su volumen inflándose a voluntad del encargado del moldeo.

Los agujeros tienen una abertura mayor en la cara exterior y menor en el interior y varios agujeros se pueden comunicar entre sí si se desea. En la parte de la corona del elemento se tiene una abertura de mayor tamaño. Estas características agregan estabilidad a los elementos al neutralizar el efecto hidrofoil de las corrientes.

Las corrientes al pasar por los agujeros de los elementos Reefballs producen un gran número de corrientes secundarias en diferentes direcciones que tienden a minimizarse entre ellas. Por la abertura superior se produce una corriente ascendente que arrastra gran cantidad de nutrientes. Estos efectos provocan la atenuación efectiva del oleaje a la vez que inducen a los organismos a establecerse alrededor de los elementos, por lo que pronto se convierten en atractivos naturales que alojan gran



diversidad de vida. Los Reefballs forman un entorno que atrae vida marina, da refugio y fomenta el desarrollo de la cadena trófica. Una vez cubiertos por algas y corales son un gran atractivo visual para los nadadores.

La mayor parte del peso de cada elemento se localiza en la parte inferior para mejor estabilidad. Cuando los elementos se colocan en zonas de oleaje de alta energía como el caso de arrecifes colocados a baja profundidad o cercanos a la costa, los elementos son anclados convenientemente para evitar ser arrastrados por la acción del oleaje.

En arrecifes artificiales con Reefballs se alcanzan productividades espectaculares de desarrollo de biomasa. Por ejemplo, en promedio cada uno de los elementos ReefBall produce alrededor de 180 Kg. de biomasa (animal o vegetal) cada año. Agregando que la vida esperada de los elementos es de 500 años se puede decir que más de 9 mil millones de kilos de biomasa se agregarán a los océanos del mundo por los siguientes cinco siglos.

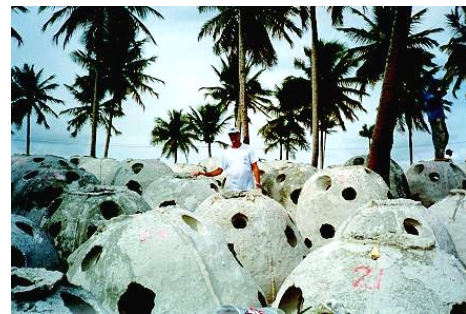
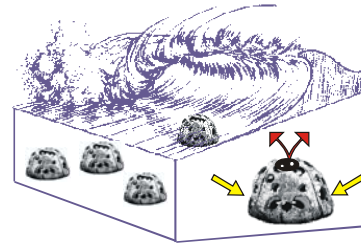


Fig. 28. Arrecifes artificiales de concreto

### 3.3.3.2. Arrecifes artificiales de geotextil

El uso geotextiles ha sido probado en los últimos 50 años, siendo efectivo en una variedad de aplicaciones alrededor del mundo (Heerten 1984). Sin embargo, su aplicación hasta la fecha casi siempre ha sido limitada a condiciones que son muy estables. En estos proyectos el geotextil es usualmente enterrado bajo tierra donde las condiciones existentes son bastante predecibles, es por ello que las especificaciones del producto pueden ser personalizados a medida (Davis and Landin, 1997). Los usos tradicionales para geotextiles han sido mayormente desarrollados en proyectos de drenaje, pavimentos, estabilidad de taludes, contenedores y rellenos.

El ambiente marino ofrece un mayor reto para los productos del geotextil. Este es dinámico, demandando una mayor dificultad para predecir su comportamiento. Como

resultado, un gran número de materiales de construcción son considerados inapropiados y otros no pueden sobrevivir en este ambiente por un número de razones (Pilarczyk, 1995). Los geotextiles han probado ser efectivos en proyectos marinos a la fecha, aunque el progreso en el diseño con materiales de geotextil específicamente para ambientes marinos como arrecifes artificiales para surfear, ha sido limitado debido al hecho de que su aplicación está al borde de la tecnología.

El proceso de fabricación del geotextil permite mayores ventajas en relación a otros materiales debido a los siguientes puntos clave: producción en fábrica a estándares específicos bajo un ambiente controlado, economía, fabricado para proyectos específicos y condiciones requeridas, muy flexible lo cual permite un diseño efectivo, procesos modelados y ensayados, un alto nivel de demanda y suministro confiable. Hay muchos tipos de geotextiles disponibles y es posible agruparlos por polímeros y tipos de fibra, y sean o no tejidos, trenzados o cocidos. Los varios tipos de geotextiles tienen muchas aplicaciones y algunos pueden funcionar mejor que otros para ciertos tipos de proyectos.

Los geotextiles son tejidos muy durables y resistentes a químicos y han sido utilizados satisfactoriamente en el arrecife artificial para surfear de Narrowneck en Australia (Restall et al, 2002).

Los diseños de proyectos marinos deben admitir posibles fallas debido a la naturaleza del ambiente. Siempre hay un riesgo basado en el bajo promedio de experiencia a la fecha (Kamphuis, 2000). Los sistemas de arrecifes artificiales a base de geotextiles expuestos a condiciones marinas son relativamente improbados en muchos aspectos. El geotextil es ideal en esta situación como un factor “trasladable” y puede ser

aplicado con mucho menor grado de dificultad comparado con otros materiales como rocas y concretos.

El contenido de los geocontenedores está terminado insitu con materiales de arena. Si alguno de los contenedores son dañados por falla por alguna razón en particular una fuga, no deteriorara para nada el área alrededor. El impacto seria insignificante comparado con el daño causado por importar materiales de otro sitios tales como rocas, troncos o estructuras de concretos. El uso de arena local alivia la necesidad de transporte de materiales al sitio, la cual puede ser, costosa e inconveniente para el público.

La elongación puede ocurrir en geotextiles y es un aspecto importante de la fase de construcción del proyecto, especialmente cuando los geocontenedores están siendo hidráulicamente llenados y luego bajados a su posición. Es una posibilidad que el material de arena dentro de los contenedores pueda migrar durante el proceso de posicionamiento y si esto es significativo ocurrirían problemas de elongación. Los arrecifes artificiales para surfear están construidos sobre bases inclinadas de arena entonces si el material de relleno migra hacia abajo la elongación puede ocurrir de acuerdo a esto, pudiendo resultar en el desmoronamiento de la estructura. Consecuentemente la estructura pierde su forma y no encuentra las tolerancias requeridas para olas surfeables de calidad. El tipo apropiado de geotextil necesita ser seleccionado para el proyecto de manera que minimice la elongación.



Fig. 29. Embarcación de los geotextiles para su posterior relleno



Fig. 30. Presentación de la dimensión del arrecife con geotextiles en tierra



Fig. 31. Arrecife de geotextil posteriormente cubierto por algas marinas

# CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISEÑO DEL ARRECIFE ARTIFICIAL

## **4.1. Análisis del oleaje predominante**

Según el Sailing Directions for South América, el oleaje predominante en la costa limeña, es el que proviene de la dirección sur con un porcentaje de incidencia del 62.9 %, sin embargo, el oleaje suroeste con un porcentaje de incidencia del 17.4 %, es el oleaje con mayor energía, ya que este entra perpendicular a la línea costera del área de estudio.

Ahora, si bien es cierto que ambos oleajes (sur y suroeste) se refractan completamente diferente en aguas profundas, esta refracción se va haciendo mas similar en aguas intermedias hasta llegar a aguas poco profundas, donde la refracción de ambos oleajes es muy similar debido a que el área de estudio presenta un fondo marino con una configuración del tipo rampa, como se podrá observar en los planos adjuntos. Permitiéndonos realizar un diseño para el 80.3% de incidencia del oleaje.

## **4.2. Análisis de las corrientes**

Considerando lo descrito y las mediciones efectuadas por el departamento de hidrografía y navegación de la marina de guerra del Perú, en su informe técnico de la bahía de Miraflores, se observó que la corriente superficial ingresa a la bahía de Miraflores por el lado sur. Uno de los flujos se desplaza en forma costera siguiendo la forma de la bahía.

Durante la presencia de una marea descendente, el flujo principal es hacia el norte, lo que origina que la corriente litoral sea más importante. Cuando la marea pasa a una ascendente, la corriente costera se debilita notoriamente.

A 5 m de profundidad el patrón de circulación se torna menos complicado. En general, la circulación es en dirección opuesta a la playa y hacia el sur hasta salir de la bahía. Esta circulación es típicamente originada por la corriente de retorno de “fondo” (resaca).

Las velocidades de las corrientes en la bahía de Miraflores varían entre 0.3 a 0.01 m/seg. En la superficie se registraron los valores más altos, obteniéndose un promedio de 0.11 m/seg. A 5 y 10 m de profundidad, el cual es un valor relativamente bajo en términos de velocidades de corrientes y por lo cual no causará mayor efecto en la estructura del arrecife.

En términos generales, las velocidades de las corrientes no muestran una clara diferenciación entre las diferentes etapas y fases de mareas, mientras que las direcciones, en este caso, están influenciadas por etapas de mareas.



### **4.3. Análisis batimétrico:**

Como se puede observar en los planos, la configuración del fondo marino del área de estudio esta conformada por una rampa con una pendiente muy suave (1%) lo cual nos da como resultado una ola derramante de muy baja calidad, ya que como se sabe las olas de buena calidad no revientan sobre rampas. Además los ángulos de peladura que se encuentran en dicho fondo son mayores a 45° y presentan irregularidades (cambios suaves de dirección) lo cual explica el porqué las olas de dicha zona se tornan lentas y gordas durante el recorrido de estas mismas.

Por lo cual, para poder incrementar la calidad y surfeabilidad de estas olas se deberá alterar el fondo del lecho marino, incrementando la pendiente de dicho fondo, y reduciendo los ángulos de peladura, mediante la colocación de la estructura (arrecife artificial para modificar el comportamiento de las olas).

### **4.4. Parámetros de diseño de la estructura:**

Los parámetros fundamentales para el diseño de un arrecife artificial para surfear son:

Altura de la ola rompiente (Hr)

Batimetría (configuración, pendiente y ángulo de peladura del fondo del lecho marino)

Análisis de corrientes (transporte de sedimentos)

#### **4.4.1. Diseño del arrecife artificial para surfear:**

##### **4.4.1.1. Cálculo de la profundidad de rompiente:**

Para la amplitud ( $a$ ) promedio, de la ola rompiente ( $H_r$ ) en el área de estudio tenemos:

$$\begin{aligned} a &= 1.5 \text{ m.} & H_r &= 3.0 \text{ m} \\ H_r/dr &= 0.6 & dr &= 1.8 \text{ m.} \end{aligned}$$

Sin embargo para alturas de olas menores, esta estructura no funcionaria ya que la ola quebraría delante de la estructura, lo mismo sucedería con oleajes mayores, solo que estos quebrarían antes de llegar a la estructura; por lo cual se considerará para este diseño una amplitud de ola 1.0 metros y otra de 2.0 metros en la rompiente, para oleajes menores y mayores al promedio.

$$\begin{aligned} a &= 1.0 \text{ m.} & H_r &= 2.0 \text{ m} \\ H_r/dr &= 0.6 & dr &= 1.2 \text{ m.} \\ a &= 2.0 \text{ m.} & H_r &= 4.0 \text{ m} \\ H_r/dr &= 0.6 & dr &= 2.4 \text{ m.} \end{aligned}$$

#### **4.4.1.2. Configuración de componentes del arrecife artificial para surfear**

Debido a la configuración natural del lecho marino de la zona de estudio, se aprovechará esta misma para el diseño del arrecife artificial, utilizando la rampa natural del lecho marino, la cual organiza y permite viajar el tren de olas a través de ella, sin causar mayores efectos de refracción que el del incremento de la altura de la ola a través de ella, mas no cambios significativos en el ángulo de peladura.

Ubicaremos un enfoque que definirá la zona para tomar las olas, las cuales quebrarán hacia izquierda y derecha sobre una cuña, que a su vez contará con un lomo hacia el final de la sección de la ola y causará un incremento en la intensidad de la ola provocando una sección tubular.

#### 4.4.1.3. Selección del ángulo de peladura del arrecife artificial para surfear:

Rating	Description of Rating	Peel Angle Limit (deg)	Min/Max Wave Height (m)
1	Beginner surfers not yet able to ride the face of a wave and simply moves forward as the wave advances.	90	0.70 / 1.00
2	Learner surfers able to successfully ride laterally along the crest of a wave.	70	0.65 / 1.50
3	Surfers that have developed the skill to generate speed by 'pumping' on the face of the wave.	60	0.60 / 2.50
4	Surfers beginning to initiate and execute standard surfing manoeuvres on occasion.	55	0.55 / 4.00
5	Surfers able to execute standard manoeuvres consecutively on a single wave.	50	0.50 / >4.00
6	Surfers able to execute standard manoeuvres consecutively. Executes advanced manoeuvres on occasion.	40	0.45 / >4.00
7	Top amateur surfers able to consecutively execute advanced manoeuvres.	29	0.40 / >4.00
8	Professional surfers able to consecutively execute advanced manoeuvres.	27	0.35 / >4.00
9	Top 44 professional surfers able to consecutively execute advanced manoeuvres.	Not reach	0.30 / >4.00
10	Surfers in the future	Not reach	0.3 / >4.00

Clasificación de la habilidad de los tablistas para surfear. La clasificación es independiente de la calidad de la rompiente o grado de dificultad de las olas ( Hutt. et al., 2001)

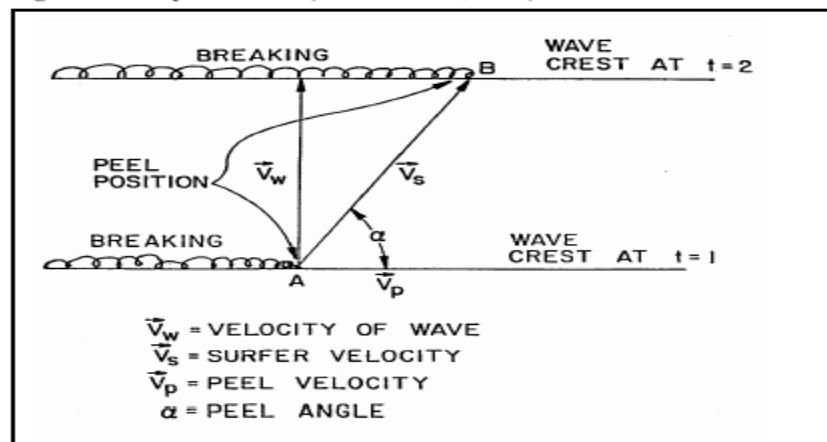
De la tabla mostrada, seleccionamos un ángulo de peladura promedio que permita crear una ola rápida y surfeable para tablistas cuyos niveles van desde intermedio hasta avanzados.

Walker definió también una relación entre el ángulo de peladura la velocidad de la ola y la velocidad del surfista:

Haciendo:

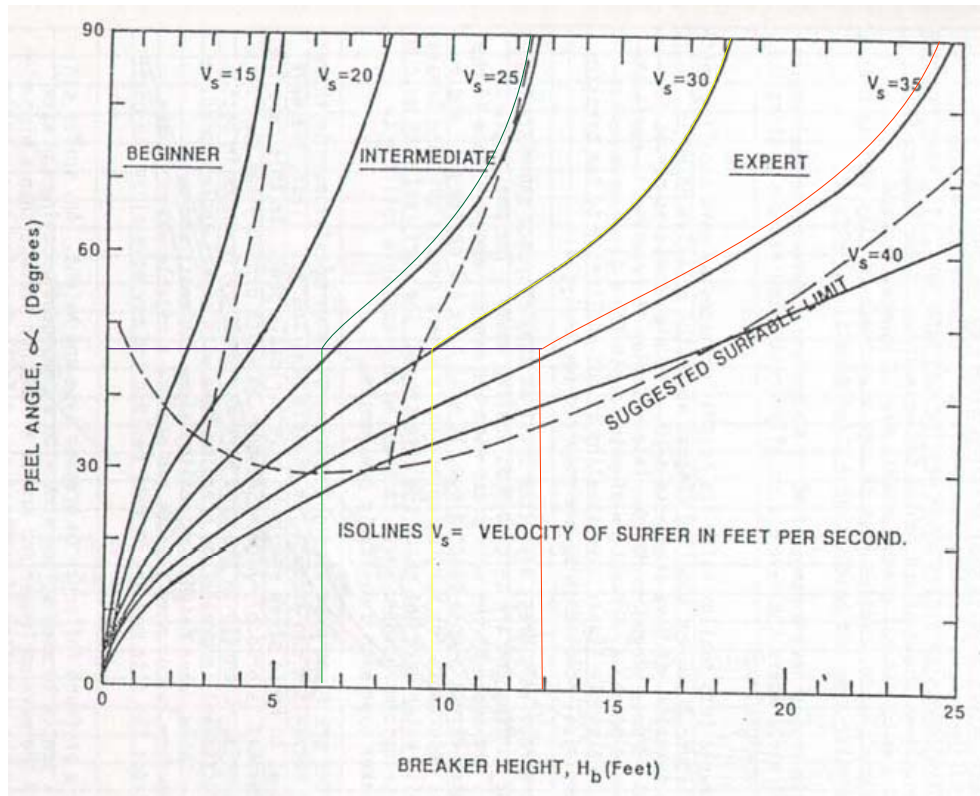
$$\sin\alpha = \frac{V_w}{V_s} \qquad \tan\alpha = \frac{V_w}{V_p}$$

Figure 2. Peel parameters (after Walker, 1974)



Parámetros de peladura (Walker, 1974)

Con el ángulo seleccionado vamos al gráfico siguiente:



Del gráfico obtenemos que para una profundidad de 4 m.  $\approx$  13 pies con un ángulo de peladura de  $45^\circ$  tendremos una velocidad de surfista de 35 pies/s  $\approx$  10.67 m/s.

Luego:

$$V_w = V_s \times \text{Sen } \alpha$$

$$V_w = 10.67 \text{ m/s} \times \text{Sen } 45^\circ$$

$$V_w = 7.54 \text{ m/s}$$

Con el ángulo de peladura y la velocidad de la ola encontramos la velocidad de peladura.

$$V_p = V_w / \tan \alpha$$

$$V_p = 7.54 \text{ m/s} / \tan 45^\circ$$

$$V_p = 7.54 \text{ m/s.}$$

Finalmente, de los cálculos, observamos que la velocidad de peladura  $V_p$  es menor que la velocidad del surfista  $V_s$ , lo que nos asegura la surfeabilidad de la ola.

#### **4.4.1.4. Selección de la pendiente del lecho marino:**

Como se podrá observar en los planos de los cortes del lecho marino de la zona de estudio, esta suave pendiente de alrededor de 1 % es el factor principal del enchanchamiento de las olas (olas lentas y poco empinadas).

Con este valor de pendiente, la altura de la ola de diseño y la longitud de la ola en aguas profundas obtendremos el número de Irribarren, el cual es un indicativo del tipo de rompiente.

**Table 1. Dally's (1990) breaker type classification for plane beaches**

<b>Surf similarity parameter</b>	<b>Breaker type</b>	<b>Surfing terminology</b>
$\xi_o < 0.5$ $\xi_b < 0.4$	Spilling	'mushy', 'fat', or 'full' surfable
$0.5 < \xi_o < 3.3$ $0.4 < \xi_b < 2.0$	Plunging	'tube' or 'hollow' surfable
$\xi_o > 3.3$ $\xi_b > 2.0$	Surging or Collapsing	'cruncher' unsurfable

$$J_b^* = \frac{S}{(H_b/L_o)^{1/2}}$$

Para:

t = 14 seg.

$L_o = (g \times t^2)/2\pi$



S (%)	1%			2%			3%		
Hb(m)	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Lo(m)	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02
$\xi_b$	0,1237	0,101	0,0875	0,247	0,202	0,175	0,3711	0,303	0,262

S(%)	4%			5%			5.5%		
Hb(m)	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Lo(m)	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02	306,02
$\xi_b$	0,4948	0,404	0,3499	0,618	0,505	0,437	0,6803	0,5555	0,481

Del cuadro arriba mostrado, obtenido de la hoja de cálculo, observamos que los valores obtenidos para la nueva pendiente seleccionada, cumplen para las distintas alturas de ola de diseño sin salir de los rangos establecidos para controlar el tipo de rompiente para playas con rompiente del tipo pendiente plana.

Así, el menor valor obtenido con esta nueva pendiente (0.481) es mayor que 0.4 y el mayor valor obtenido (0.68) es menor que 2.0.

# CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS:

Debido al rango de oleaje seleccionado, el cual varía de 1m a 2m en amplitud, este diseño cumplirá su función de modificar las olas para todo tipo de condiciones o tamaños de oleaje que varíen entre 1m y 2m de amplitud, siempre y cuando este oleaje provenga del sur, sur suroeste y/o suroeste. Pudiendo funcionar de igual manera para otro tipo de swell, ya que la estructura se encontrará ubicada sobre la rampa natural del lecho marino a la cual llega el oleaje ya organizado, de esta manera podría variar únicamente en la velocidad de la ola debido al cambio en el ángulo de peladura, ya sea incrementándose este, y por ende reduciendo la velocidad de la ola en una sección de la estructura e incrementando esta en la otra sección, debido al decremento en el ángulo de peladura.

De la selección del ángulo de peladura, observamos que según el gráfico de Walker para el ángulo de peladura de  $45^\circ$  seleccionado, y con las alturas de ola rompiente seleccionadas para el diseño, se obtendrá una ola lo suficientemente rápida como para que los surfistas que van desde un nivel intermedio hasta un nivel experto, encuentren en esta ola la velocidad necesaria para ejecutar todo tipo de maniobras, desde funcionales hasta expresivas.

En cuanto a la pendiente del lecho marino, el incremento en 4.5 % de pendiente del lecho marino debido a la estructura, asegura el paso de una rompiente del tipo derramante a una sumergiente, cumpliendo con mantener el número de Irribarren entre 0.4 y 2.0 y una inclinación menor a  $3.3^\circ$  para evitar convertir la nueva ola sumergiente en una colapsible.

Finalmente, en cuanto a las corrientes, suponemos que se generará una corriente desde la zona de tomar las olas hacia los lados de la estructura debido a la forma del arrecife especialmente durante la marea baja, disminuyendo esta con el incremento del nivel de agua. Esta corriente no será tan fuerte como para barrer a los tablistas fuera de la zona de tomar las olas, pero si lo suficientemente fuerte, como para crear un flujo ordenado de tablistas en las olas.

Debido a la ubicación geográfica de la estructura, no existe necesidad de dragado o monitoreo del arrecife artificial por acumulación de sedimentos, ya que la estructura está ubicada en la zona de equilibrio de la bahía de Miraflores, en cuanto al transporte de sedimentos se refiere.

# CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

De la presente investigación, se ha podido observar que gracias a los avances científicos y tecnológicos de hoy en día, la ingeniería ha avanzado tanto que ahora no solo somos capaces de construir estructuras en el mar, sino que también podemos modificar el comportamiento de las olas evitando destruirlas, y además contar con ellas como medio de entretenimiento, deporte y turismo, cosa que no era posible en el pasado, ya que solo se podía surfear y/o hacer campeonatos en zonas con rompientes naturales y para lo cual había que viajar mucho.

En cuanto al incremento de velocidad de quiebre en la ola debido a la estructura, se ha comprobado experimentalmente que un ángulo de  $45^\circ$  daría la velocidad necesaria para que los tablistas puedan surfear esta ola sin que esta se cierre demasiado rápido. Ahora, si bien es cierto, el arrecife artificial de Prattes en California, también se diseñó con un ángulo de inclinación de  $45^\circ$ , sin embargo, las olas que produce este arrecife son lentas y gordas, lo cual nos llevaría a pensar que esto también podría ocurrir en nuestro diseño.

La diferencia entre nuestro diseño de arrecife artificial con brazos de  $45^\circ$  y el arrecife de Prattes en California no es significativa, pero lo que hace una gran diferencia en el comportamiento del oleaje es la configuración del fondo del lecho marino sobre el cual se colocará la estructura. Por ello, a diferencia del arrecife artificial de Prattes, el cual se encuentra en una zona de regular profundidad, donde el oleaje no termina aun su proceso de refracción, encontrándose este de repente con la estructura, generando un proceso de refracción abrupto y repentino; dicho proceso culmina en una ola mucho más rápida o lenta de lo que se esperaba, dependiendo de la dirección proveniente del oleaje. Esta gran cantidad de refracción repentina del oleaje, también se ve traducida en un gran decremento de energía de la ola, que a su vez disminuye la intensidad de la misma, causando una ola del tipo derramante en lugar de una del tipo sumergiente, que era la que se esperaba.

A diferencia de la configuración del lecho marino de nuestra zona de estudio, que nos permite colocar la estructura del arrecife artificial sobre la rampa natural del lecho marino. El oleaje, al llegar a esta rampa ya sufrió casi todo el proceso de refracción, de manera que al viajar a través de la rampa, este oleaje solamente se organiza casi sin sufrir cambios de dirección hasta llegar a la zona de quiebre, donde una vez que empieza a quebrar, seguirá la trayectoria del ángulo de peladura de la estructura, garantizando así la surfeabilidad de la ola.

Ahora, si se requiere la construcción de un arrecife artificial para surfear en una zona de regular profundidad, en donde no se cuenta con una rampa natural que asegure la refracción y organización del oleaje antes del punto de quiebre, será necesario hacer un cálculo minucioso y exhaustivo del proceso de refracción en este fondo de lecho marino, como en el caso del arrecife artificial de Narrowneck en Australia. Este arrecife empieza desde la cota  $-10.4$  m.s.n.m. de profundidad, cota en la cual el proceso de refracción aun no ha terminado, por lo cual se hicieron varios estudios de este proceso hasta determinar que la estructura debería tener una inclinación inicial de  $5^\circ$  la cual garantice el final del

proceso de refracción para finalmente pasar al ángulo de peladura de diseño del arrecife artificial para surfear, el cual fue de 40° en la sección principal y otro de 60° en la parte final de la estructura para tablistas principiantes.

Otro aspecto importante a resaltar es el de la incidencia de las corrientes en la estructura. Estas corrientes pueden ser creadas por el quiebre de las olas o por las características de la estructura, como se expuso anteriormente, teniendo un impacto significativo en la surfeabilidad de la estructura al ser sumadas a las corrientes existentes en la zona, siempre y cuando estas sean lo suficientemente fuertes como para generar un constante esfuerzo por parte de los surfistas para llegar a la zona de quiebre. Las corrientes existentes sumadas a las corrientes generadas por el arrecife provocarían la insurfeabilidad de la estructura, causando que los surfistas no tengan opción de competir contra esta nueva corriente.

Finalmente, otro posible impacto debido a las corrientes que debemos tener en cuenta es el del arenamiento de la estructura, que se da por el conocido fenómeno de transporte de sedimentos debido a las corrientes. Sin embargo, debido a que la estructura se encuentra en la zona de equilibrio de sedimentación en la bahía de Miraflores, este fenómeno no afectaría bajo ninguna circunstancia la surfeabilidad de la estructura.

# BIBLIOGRAFÍA

- MEAD, Shaw, (2003), Surfing Science, Proceedings of the 3rd International Surfing Reef Symposium, Raglan, New Zealand, Junio 22-25, 2003, pp 1-36.
- BORRERO, J., (2002), Pratte's Reef: What's Next?, Proceedings of SASIC 2, Ventura California, 9 Nov 2002.
- HUTT, J., BLACK K., and MEAD, S., (2001), Classification of Surf Breaks in relation to Surfing Skill., Special Issue of the Journal of Coastal Research on Surfing. P66-81
- PATTIARATCHI, C. (1997), Design Studies for an Artificial Surfing Reef at Cable Station, Western Australia. Proceedings of the 1st International Surfing Reef Symposium, Sydney, Australia. Marzo, 1997.
- WALKER, J., (1974a), Recreational Surf Parameters., LOOK Laboratory TR-30, University of Hawaii, Department of Ocean Engineering, Honolulu, Hawaii, 1974.
- WALKER, J., (1974b), Wave Transformations Over a Sloping Bottom and Over a Three-Dimensional Shoal., PhD. Dissertation, University of Hawaii, 1974.
- RANASINGHE, Roshanka, HACKING, Nicole, EVANS, Peter, (2001), Multi-functionals artificial Surf breaks: A review., Centre for Natural Resources NSW Department of Land and Water Conservation, Parramatta. Agosto, 2001.
- BATTJES, J. A. (1974), Surf Similarity., Proceedings of the 14th International Conference on Coastal Engineering, Copenhagen, Denmark. ASCE, New York, pp.466-479
- BURGESS, Scott , BLACK, Kerry ,MEAD, Shaw , KINGSFORD Michael, (2003), Considerations for Artificial Surfing Reefs as Habitat for Marine Organisms., Proceedings of the 3rd International Surfing Reef Symposium, Raglan, New Zealand, Junio 22-25, 2003, pp 289-302.
- BLACK, Kerry ,MEAD, Shaw, Functional Component Combinations Controlling Surfing Wave Quality at World-Class Surfing Breaks, Special Issue of the Journal of Coastal Research on Surfing.
- BLACK, Kerry ,MEAD, Shaw, (1999), Configuration of Large-Scale Reef Components at a World-Class Surfing Break: Bingin Reef, Bali, Indonesia, Coasts and Ports '99 Conference Proceedings Vol. 2, pp 438-443.
- HILIAU, Winston, PHILLIPS, David , (2003), Artificial Surfing Reef Construction, Proceedings of the 3rd International Surfing Reef Symposium, Raglan, New Zealand, Junio 22-25, 2003, pp 378-397.
- BLINKINSOPP, Chris (2003), The Effect of Micro-Scale Bathymetric Steps on Wave Breaking and Implications for Artificial Surfing Reef Construction, Proceedings of the 3rd International Surfing Reef Symposium, Raglan, New Zealand, Junio 22-25, 2003, pp 139-155.
- WALKER, J. R.; PALMER, R. Q., and KUKEA, J. K., (1972). Recreational Surfing on Hawaiian Reefs. Proceedings 13th Coastal Engineering Conference, ASCE, Vol 3.
- SAYCE, A.; BLACK, K. P., and GORMAN, R., (1999). Breaking Wave Shape on Surfing Reefs. Proceedings Coasts & Ports .99, Vol. 2, pp 596-603.

- RAICHLE, A. W., (1998). Numerical Predictions of Surfing Conditions at Mavericks, California. *Shore & Beach*, April, 1998, pp 26-30.
- Jackson, L.A.(2001). Technical Note: Special Construction Requirements for Artificial Surfing Reefs. *Journal for Coastal Research*, Special Issue No. 29, pp147 – 150.
- Mead, S.T. and Black, K.P. (2001). Field Studies Leading to the Bathymetric Classification of World-Class Surfing Breaks. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 29, 115-130.
- Black, K. P., Mead, S. T. (2002). Multi-Purpose reefs provide multiple benefits – Amalgamated Coastal Protection, High-quality surfing breaks and ecological enhancement to maximize user benefits and development opportunities. ASR Ltd, Raglan, New Zealand.
- Barber, T. R, (2000). Reef Balls TM : An advanced technique to mimic natural reef systems using designed artificial reefs. Reef Ball Development Group, Ltd., 6916 22nd Street West, Bradenton, Florida, USA.
- Takikawa, K., F. Yamada and K. Matsumoto (1997). "Internal Characteristics of Breaking Waves Over Submerged Breakwaters." *Proceedings, 7th International Offshore and Polar Engineering Conference 3*: pp 192-199.
- WEST, A.S.; COWELL, P.; BATTJES, J. A.; STIVE, M. J. F.; DOORN, N.; and ROELVINK, J. A., (2002). Wave-focusing surfing reefs: A new concept. *Proceedings for the Second Surfing Arts, Science and Issues Conference (SASIC 2, Ventura, California, USA)*. 9 November. The Groundswell Society, pp. 31-41.
- SYMONDS, G. and BLACK, K.P., 2001. Predicting wave-driven currents on surfing reefs. In: BLACK, K. P. (ed.), *Natural and Artificial Reefs for Surfing and Coastal Protection*. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 29, pp. 102-114.

# APENDICE

Surf : Deporte en el cual se desliza sobre las olas en una tabla.

Surfear : acto de deslizarse sobre las olas.

Surfistas : personas que practican el surf

Surfeables : factibles de surfear.

Surfeabilidad : Factibilidad para surfear.

White wáter : Ola quebrada o espuma.

Tube : Tubo de la ola.

Pocket : Bolsillo de la ola.

Shoulder : Hombro o brazo de la ola.

Face : Cara o Pared de la ola.

Peel left : Pela o quiebra hacia la izquierda

Wave crest : Cresta de la ola.

Path of wave : Sendero de la ola.

Intensity : Intensidad.

Extreme : Extremo o extrema.

Very high : Muy alta

High : alta

Medium high : Media alta.

Medium : Media.

Vortex ratio : Rango de vortice.

Descriptive terms : Términos descriptivos.

Example break : Rompiente de ejemplo.

Example wave break profile : Ejemplo del perfil de ola rompiente.

Square : Cuadrado.

Very hollow : Muy hueca

Pitching hollow : Hueca

Some tube sections : Algunas secciones tubulares.

Steep faced but rarely tubing : Secciones empinadas pero rara vez tubulares.

Speed weaving : Generar velocidad al deslizarse en la tabla sobre la ola.

Cut back : Quiebre hacia atrás hasta golpear la espuma y salir hacia delante nuevamente

Barrel : Conocido también como “tube” o tubo, estar completamente tapado y avanzando dentro de la ola.

Reo : Conocido localmente como “roller” , Quiebre repentino en la parte baja de la ola en dirección a la cresta de la ola hasta golpearla y quebrar hacia abajo nuevamente.

Floater : Deslizarse sobre la cresta de la ola de manera que parezca que se esta flotando.

Ability : Habilidad.

Wave height : Altura de la ola.

Section length : Longitud de sección.

Section Duration : Duración de la sección.

Section Speed : Velocidad de la sección.

Surfer skill level : Nivel de destreza del surfista

Transitional maneuvers : Maniobras transitorias.

Functional maneuvers : Maniobras funcionales.

Expresive Maneuvers : Maniobras expresivas.

Take off : Lugar en donde se toman las olas.

Ramp : Rampa.

Wedge : Cuña.

Focus : Enfoque.

Ledge : Anaquel.

Ridge : Lomo.

Pinnacle : Pináculo.

Olas gordas : Olas que aparentemente van a quebrar y no lo hacen, Además concentran menor energía que las demás.