

**Universidad Nacional  
Federico Villarreal**

**Vicerrectorado de  
INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LA DEFENSA COSTERA PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA AUTOPISTA COSTANERA:  
ZONA DE MARBELLA**

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

**AUTOR:**

**DÍAZ RAMOS JOSÉ JEAN PIERRE**

**ASESOR:**

**Ms. AYBAR ARRIOLA, GUSTAVO ADOLFO**

**JURADO:**

**Dr. PUMARICRA PADILLA, RAÚL VALENTÍN**

**MS. GARCÍA URRUTIA OLAVARRÍA, ROQUE JESÚS LEONARDO**

**MS. TÁBORY MALPARTIDA, GUSTAVO AUGUSTO**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiarme cada día de mi vida.

A mis padres y familiares, por estar a mi lado siempre.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, mi prestigiosa Alma Máter, a la cual  
le estaré eternamente agradecido por todos los conocimientos que me impartió en sus aulas.

## **RESUMEN**

La presente tesis titulada “EVALUACIÓN DE LA DEFENSA COSTERA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA AUTOPISTA COSTANERA: ZONA DE MARBELLA”, expone la evaluación de la defensa costera durante la construcción de un tramo de la autopista costanera, zona de Marbella (Distrito de Magdalena del Mar), construcción que se realizó tomando muchas veces criterios prácticos y del conocimiento del lugar, conceptos que el tiempo se encargó de confirmar.

Debido a la erosión causada por la exposición al embate del oleaje, se hace necesario realizar una evaluación de la defensa costera, durante la construcción de la vía, y a formular recomendaciones sobre los trabajos urgentes y aquellos que deben hacerse en un tiempo prudencial con el objeto de defender la vía.

**Palabras Clave: Evaluación de defensa costera.**

## **ABSTRACT**

This thesis entitled "EVALUATION OF THE COASTAL DEFENSE FOR THE CONSTRUCTION OF THE STREET OF THE COSTANERA MOTORWAY: ZONE OF MARBELLA", exposes the evaluation of the coastal defense during the construction of a stretch of the coastal highway, zone of Marbella (District of Magdalena del Mar), construction that was carried out often taking practical criteria and knowledge of the place, concepts that time was responsible for confirming.

Due to the erosion caused by the exposure to the swell of the waves, it is necessary to carry out an evaluation of the coastal defense, during the construction of the road, and to make recommendations on the urgent work and those that must be done in a prudential time with the object to defend the way.

**Keywords: Evaluation of coastal defense.**

## INTRODUCCIÓN

La protección de costas es un mecanismo bastante complejo y poco difundido en nuestro medio, justo por esa razón en la presente tesis se inicia con una exposición de las nociones para entender los principios en los que se basa esta rama de la ingeniería.

Para un efecto aplicativo se expone la evaluación de la defensa costera durante la construcción de un tramo de la autopista costanera, zona de Marbella (Distrito de Magdalena del Mar).

La protección con espigones puede, según sus formas, contribuir a la formación de playas o a la práctica de deportes como la vela, la tabla, y por tal motivo se hace necesario contar con el relieve del lecho del mar aún por debajo del nivel mínimo del mar además de conocer mejor el mecanismo del movimiento y características hidrodinámicas del oleaje y del propio material del lecho del mar incluyendo su origen.

La distancia entre los espigones construidos deja expuesto el terraplén de la vía a la erosión provocado por el oleaje, por lo que es acertado, en un principio, la continuación de la práctica de protección con revestimientos de enrocado cada vez que se inicia una obra de estas características.

En este sentido, parte del tramo se protege con revestimientos de enrocado, en tanto se definen medidas sobre los espigones y se considere la alimentación del material de la playa.

# Índice

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
Capítulo 1: Generalidades.....	10
1.1 Antecedentes.....	10
1.1.1 En el ámbito internacional.....	10
1.1.2. En el ámbito nacional.....	13
1.2 Formulación del problema.....	17
1.3 Justificación e Importancia.....	17
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo Principal.....	18
1.4.2 Objetivos Secundarios.....	18
1.5 Hipótesis.....	18
Capítulo 2: Marco teórico.....	19

2.1 Erosión por oleaje.....	19
2.2 Acción del oleaje.....	19
2.3 Transporte litoral.....	20
Capítulo 3: Análisis de la zona en estudio.....	21
3.1 Ubicación .....	21
3.2 Acceso .....	21
3.3 Características meteorológicas .....	21
Capítulo 4: Evaluación de la defensa contra la acción erosiva del mar .....	22
4.1 Evaluación de las obras de defensa.....	22
4.2 Trabajos oceanográficos y topográficos necesarios .....	24
4.3 Mediciones oceanográficas .....	25
4.3.1 Batimetría.....	25
4.3.2 Refracción de olas en aguas profundas .....	25
4.3.3 Refracción en aguas poco profundas.....	26
4.4 Condiciones oceanográficas y de transporte de fondo.....	26
CONCLUSIONES .....	28
RECOMENDACIONES .....	30



BIBLIOGRAFÍA.....33

ANEXO I: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ENROCADO .....35

ANEXO II: PLANOS.....37

ANEXO III: FOTOS .....42

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

#### 1.1.1 En el ámbito internacional

Gyssels (2014) señala en la tesis titulada “Optimización y diseño de estructuras de defensa costera de enrocado en el litoral argentino”, tesis para obtener el grado académico de Doctor en Ciencias de la Ingeniería – Argentina, tiene como objetivo principal, realizar la optimización y el diseño de estructuras de defensa costera de enrocado en el litoral argentino, en particular en Mar del Plata.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Los ensayos realizados en el modelo físico de la estructura marítima a escala 1:30 han validado la metodología desarrollada y han verificado el pre-diseño de la estructura mediante el cumplimiento de la condición de estabilidad de las rocas del talud exterior. La estabilidad ha sido evaluada mediante observaciones directas del daño (definido por el movimiento de las piezas) y mediante la comparación con formulaciones de estabilidad (Van der Meer y d’Angremond, 1991). Los ensayos han cubierto escalones de energía crecientes en tres niveles diferentes de marea (Bajamar, Marea Media y Pleamar), con tormentas de diseño para un período de retorno de 50 años.

Mediante un falso fondo se consiguió en los ensayos que la altura de ola máxima al pie de la estructura fuese la de rotura, cumpliendo la semejanza con el prototipo. Como criterio de daño se ha empleado el de Inicio de Avería, definido por el movimiento de una roca, de la capa externa del talud exterior, por más de un diámetro equivalente.

- El número total de olas en cada ensayo ha sido igual a 5000. Las piezas del talud exterior han sido acomodadas manualmente al inicio de cada ensayo, y no se encontraron diferencias con las pruebas con colocación aleatoria.

- A nivel de pre-diseño del dique, utilizando esta fórmula el resultado del dimensionamiento del manto principal queda muy del lado de la seguridad. La formulación no está calibrada para oleaje en rotura, es para oleaje sin romper frente al dique, definido con  $H_s$  y  $T_p$ . Al poner  $H_s$  coincidente con  $H_b$  (ola a rotura), el modelo seguirá asumiendo implícitamente que hay olas más grandes que la ola a rotura. En efecto la fórmula asume que habrá olas casi del doble de la altura de lo que existen sustituyendo el  $H_s$ .

Sánchez (2003) señala en la tesis titulada "Diseño de las obras de protección costera del malecón de La Libertad, provincia del Guayas", tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil – Ecuador, tiene como objetivo principal, investigar el problema erosivo, y elaborar el diseño definitivo de las obras de protección costera que son necesarias para estabilizar la costa. El diseño también abarcó la protección del nuevo muro de contención del Malecón de la ciudad.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- La solución propuesta en el presente trabajo, para controlar la erosión de la costa de La Libertad, y desarrollar el nuevo Malecón, consiste en la construcción de cinco escolleras costa – afuera, y en la reconstrucción integral del muro de contención de enrocado.

- Las obras de protección costera pueden ser desarrolladas en etapas a fin de poder ser ejecutadas en la medida que el municipio del cantón La Libertad disponga de los fondos necesarios. El costo de construcción de las escolleras es de 2'388.043 dólares, y el del muro de enrocado es de 734.246 dólares, totalizando un monto de 3'126.249 dólares.

- A la fecha, se han construido las dos primeras escolleras del proyecto. Los resultados indican que la erosión de la costa ha sido controlada en el sector de estas estructuras, y que la energía del oleaje incidente sobre el Malecón ha sido reducida considerablemente. Igualmente se ha iniciado la recuperación de la playa debido al arenamiento que producen las dos escolleras mencionadas.

- Como recomendación se indica, que el M. I Municipio de La Libertad complete la construcción del presente proyecto, y que evalúe periódicamente el cambio en la línea de costa y en las profundidades de la bahía, frente al perfil costanero del cantón, de acuerdo a las recomendaciones formuladas en el Plan de Manejo Ambiental que elaboró la ESPOL.

### **1.1.2. En el ámbito nacional**

Ramírez (2017) señala en la tesis titulada “Procedimiento constructivo utilizando la tecnología de geotextiles para protección costera en Colán-Piura”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil – Perú, tiene como objetivo principal, describir el procedimiento constructivo utilizando la tecnología de geotextiles como contenedores de arena para protección costera en la playa de Colán en el departamento de Piura.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- El procedimiento constructivo para la implementación del sistema con geo-bolsas resulta ser un proceso sencillo, con requerimientos de mano de obra no especializada y el uso opcional de maquinaria pesada para las actividades de llenado de las geo-bolsas, ya que pueden ser llenadas manualmente.
- El uso del geotextil como medio para la retención de las partículas de suelo requiere compatibilidad entre él y el suelo a utilizar. El tamaño de abertura aparente del geotextil utilizado es menor o igual a 0.075 mm, es decir que para su relleno se puede utilizar como material básico la arena de la playa de Colán, la cual contiene un porcentaje de base del tamiz #200 de 3.5%, lo que justifica su uso.

- El método de llenado e instalación de las geo-bolsas se lleva a cabo con actividades de trabajo sencillas y estas se pueden resumir en: 1) Excavación, perfilado y nivelado del terreno, 2) Trazo y replanteo, 3) Colocación del geotextil de separación, 4) Encofrado de geo-bolsas, 5) Habilitación de geo-bolsas, 6) Llenado de geo-bolsas, 7) Cierre de geo-bolsas.

- Para la instalación de geo-bolsas para protección costera en playas, donde durante la ejecución del proyecto, la obra está en constante interacción con el oleaje, es necesario una planificación del trabajo. Esto es, utilizar una tabla de mareas en donde se visualice las horas de marea alta y de marea baja, para de esta forma trabajar en horarios donde la incidencia del oleaje no genere inconvenientes ni dificultades tanto para el personal como para la maquinaria.

- La facilidad constructiva en la aplicación de este sistema genera un alto rendimiento de trabajo, siempre y cuando el trabajo esté planificado, esto se manifiesta en que sólo es necesaria una cuadrilla conformada por un maestro de obra y cinco peones (mano de obra no especializada) y el uso de una sola excavadora. De esta forma, se logró construir 140 metros lineales del 82 revestimiento con geo-bolsas en solo 25 días hábiles de trabajo, alcanzando un rendimiento máximo diario de 12 bolsas/día.

- Durante el proceso de construcción hubo distintos inconvenientes y dificultades, generalmente durante el inicio de la obra. La solución de estos problemas permitió que el rendimiento de trabajo mejore continuamente con la calidad técnica prevista en el diseño de la defensa.

- Es importante, debido a que estas estructuras están expuestas al vandalismo, implementar dentro de su construcción un acabado de protección, el cual puede ser de piedra u otro material. Esta protección en la defensa del local comercial Costa Bonita no pudo realizarse debido al reducido tiempo restante para el funcionamiento del local, quedando pendiente su implementación en un futuro cercano.

Saldaña del Rio (2017) señala en la tesis titulada “Diseño de un dique de escollera para protección de la vía costa verde tramo Callao”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil – Perú, tiene como objetivo principal, realizar el diseño del dique de protección marítima para la nueva vía de la Costa Verde, la cual está proyectada sobre terrenos cercanos al nivel del mar. Este diseño se logra a través de una sección en talud con espesores, alturas y pesos de cantos acorde a las condiciones locales del proyecto. Además de ello, plantea el empleo de obras adicionales que complementen la estructura a fin de tener un diseño íntegro y funcional.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Se observó que en un análisis mecánico hay una relación directamente proporcional entre el peso de la escollera y la altura de ola con exponente al cubo. Esta es la base para el diseño de enrocados para protección y el principal factor en las fórmulas, por lo que el valor de la altura de ola debe ser hallado de la manera más precisa posible.
- La pendiente de la playa juega un papel importante al momento de la propagación del mar de fondo. Teniendo el periodo del oleaje y su altura en aguas profundas, se puede predecir las magnitudes de ola en la costa. Es por ello que es necesario un análisis de datos en un rango de tiempo considerable, que, para este tipo de proyectos, otorga información más confiable que los datos obtenidos en tiempo real.
- Se realizó un análisis estadístico utilizando datos de observaciones in situ para luego procesarlos analíticamente hasta la zona de rompientes. Estos datos luego fueron comparados con los obtenidos del régimen extremal propagados a la misma zona y se obtuvieron diferencias en altura de ola del 10% al 20%. Por lo tanto, se concluye que los resultados obtenidos de las formulas estructurales se encuentran en un orden de magnitud correcto.



- Considerar el daño de las estructuras es un hecho que hay que tomar en cuenta.

Debido a su tipo de solicitaciones, los diques de escollera deben construirse de manera que su geometría sea modificada, pero sin alterarla sustancialmente. Este hecho puede beneficiar considerablemente la economía de construcciones de este tipo.

## **1.2 Formulación del problema**

¿A través de una correcta evaluación de la defensa costera y planteando una correcta metodología de protección, se podrá llevar a cabo, de manera segura, la construcción del tramo de la autopista costanera: zona de Marbella”?

## **1.3 Justificación e Importancia**

Debido a la erosión causada por la exposición al embate del oleaje, se hace necesario realizar una evaluación de la defensa costera, durante la construcción de la vía, y a formular recomendaciones sobre los trabajos urgentes y aquellos que deben hacerse en un tiempo prudencial con el objeto de defender la vía.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo Principal**

Realizar la evaluación de la defensa costera para la construcción del tramo de la autopista costanera: zona de Marbella.

### **1.4.2 Objetivos Secundarios**

- Describir la situación actual del tramo de autopista y las obras de protección.
- Evaluar los tres espigones existentes.
- Plantear los trabajos oceanográficos y topográficos necesarios a realizarse.

## **1.5 Hipótesis**

Mediante una correcta evaluación de la defensa costera y planteando una correcta metodología de protección, se podrá llevar a cabo, de manera segura, la construcción del tramo de la autopista costanera: zona de Marbella.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Erosión por oleaje**

Erosion.com.co (2019) señala que:

La energía erosiva es función del perfil de la playa y de la altura y período de las oscilaciones. El ataque es más fuerte si el agua profunda está cerca a la orilla o a la estructura considerada. La erosión se produce por dos efectos principales: acción del oleaje que suelta las partículas y transporte litoral que mueve las partículas en forma semi-paralela a la playa.

#### **2.2 Acción del oleaje**

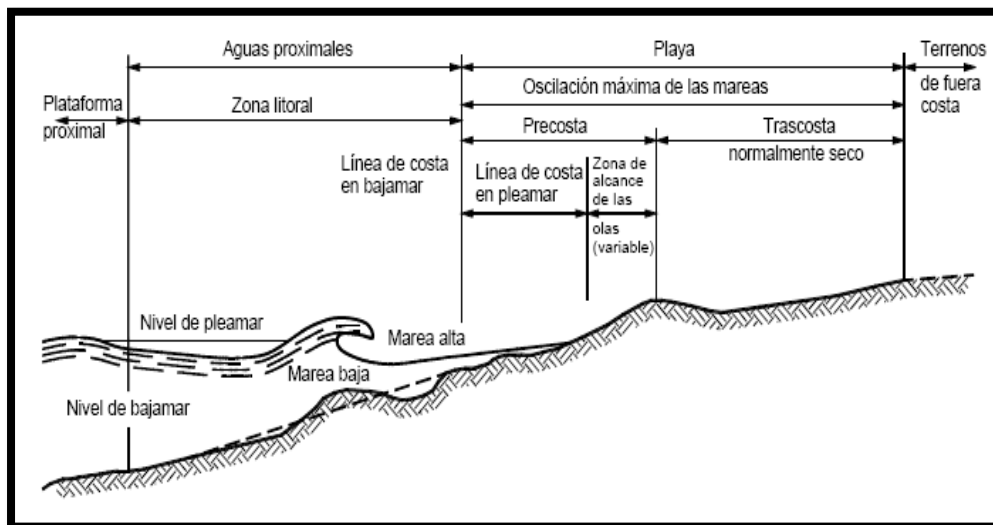
Erosion.com.co (2019) señala que:

Cuando las olas se acercan a la playa y llegan a zonas de aguas bajas, la parte inferior de la ola tropieza con la superficie del fondo del mar, lo cual hace que la ola pierda velocidad y se frene, rompiéndose en forma rápida generando una gran turbulencia. Este fenómeno produce abrasión y levantamiento de las partículas, en un proceso de acción de fuerza tractiva de la ola sobre el fondo de la playa.

## 2.3 Transporte litoral

Erosion.com.co (2019) señala que:

En este proceso las partículas de arena son erosionadas y transportadas a otro sitio de la playa en un proceso conocido como transporte litoral, el cual se efectúa principalmente siguiendo dos procesos: la ola ascendente transporta sedimentos sobre la playa en dirección diagonal de acuerdo a la dirección de la ola. Los granos de sedimentos después de ascender descienden por la línea de mayor pendiente. Este movimiento en forma de dientes de sierra, hace que los granos vayan moviéndose a lo largo de la orilla. Y debido al rompimiento de la ola los sedimentos en la zona rompiente se mueven también lateralmente por acción de una corriente longitudinal que se produce a todo lo largo de la playa.



Rasgos característicos de la sección de una playa. Fuente: propia.

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS DE LA ZONA EN ESTUDIO**

#### **3.1 Ubicación**

La zona de Mar Bella está ubicada al Sur Este de la provincia Constitucional del Callao y al Sur Oeste- de la Ciudad de Lima Metropolitana.; políticamente- pertenece al Departamento de Lima, Provincia de Lima, Distrito de Magdalena del Mar.

#### **3.2 Acceso**

A Mar Bella, se llega tomando la Av. Brasil hasta- llegar a la última cuadra, donde se cruza la Av. - Del Ejército y continuando per la Av. Del Ejército al final del Hospital Larco Herrera, se encuentra un desvío a la derecha que lleva directamente a la zona de Mar Bella donde se encontrará la carretera que forma parte de la Costa Verde.

#### **3.3 Características meteorológicas**

La zona de Mar Bella y áreas adyacentes, durante gran parte del año, presenta, abundante neblina y su mar en zonas localizadas presenta un fuerte oleaje y en épocas de braveza el agua debido al RUN-UP alcanza alturas significantes que llegan a la plataforma de la carretera en actual ejecución desestabilizando el relleno que constituyen el terraplén.

## **CAPÍTULO IV**

### **EVALUACIÓN DE LA DEFENSA CONTRA LA ACCIÓN EROSIVA DEL MAR**

#### **4.1 Evaluación de las obras de defensa**

Los tres espigones E-1, E-2 y E-3, son del tipo impermeable, y están contruidos con el nivel de su coronación que no pueden ser sobrepasados por el oleaje, aunque el espigón E-2 parece que puede llegar a ser salpicado en su totalidad en alta marea y oleajes fuertes.

Por ser playas conformadas con material predominantemente de gravilla y cantos, los espigones deben cubrir hasta el nivel máximo de los bancos de cantos o el nivel de la berma de invierno, lo cual parece ser correcto, aunque sujeto a una verificación de control con nivelación topográfico.

Este tipo de materiales, aún con los espigones favorecen la formación de bancos muy irregulares que no resultan atractivos para recreación y requieren de un tratamiento para mejorar las playas. La orientación de los Espigones E-1, E-2 y E-3, con relación a la línea de costa parece ser correcta al ser perpendiculares a ella.

Las formaciones semicirculares a ambos lados del espigón E-2, parece que se debe a que el ataque de las olas afecta directamente el material que proviene del relleno para ganar tierra al mar al construirse la vía costa verde y estar en proceso de estabilizarse el talud del fondo del mar.

En lo que se refiere al cuerpo de los espigones, es observable que la dimensión del enrocado de protección parece insuficiente en peso, como lo demuestran las rocas diseminadas en los lados de los tres espigones y que han sido reforzadas con enrocado de dimensiones mayores en el espigón E-2.

La distancia entre los espigones E-1 al E-2 de 450 m y del E-2 al E-3 de 950 m son exageradamente grandes para las longitudes de los espigones y por lo tanto, afectan relativamente el tamaño del oleaje y la altura con que llegan a la playa, conforme se esquematiza en la Lámina 1 inicialmente referida donde se muestran aproximadamente los tramos que requieren da un tratamiento adicional de protección.

Se observa asimismo que el relleno de protección en la base de los espigones E-1 y E-2 si bien se erosiona porque ocupa el espacio que con el tiempo debe ser zona de acumulación de material, no estado estabilizado la interacción con el oleaje se ve expuesto a la erosión y es debido a ello que, se le protege con enrocado.

## **4.2 Trabajos oceanográficos y topográficos necesarios**

Para proyectar estructuras definitivas que protejan a la autopista Av. Costanera Miguel Grau son necesarios estudios oceanográficos y topográficos, los cuales se enumeran a continuación:

Topografía de la parte baja de la carretera.

Batimetría por perfiles (Batimétricos grandes)

Batimetría de relleno (Batimetría chica)

Medición de corrientes.

Medición de mareas.

Extracción de muestras en suspensión.

Con la información de campo, se realizan los trabajos de gabinete para obtener los planos, de refracción de olas del S y SW y la velocidad de las corrientes en marea llenante y vaciante.



## **4.3 Mediciones oceanográficas**

### **4.3.1 Batimetría**

Las mediciones batimétricas deben considerar una batimetría amplia con recorrido de embarcación y/o mediciones en forma perpendicular a la carretera. Batimetría de relleno (batimetría chica) es importante para cubrir algunos vacíos que se dejan al realizar la batimetría grande.

La embarcación a usar en estos trabajos cuenta con un ecosonda de precisión, una brújula náutica para navegación, dos radios transmisores y receptores y dos tripulantes para operar estos aparatos de precisión.

### **4.3.2 Refracción de olas en aguas profundas**

Los diagramas de refracción de olas en aguas profundas, por el método de las ortogonales, se realizan en las direcciones predominantes, es decir del Sur y Sur Oeste, para olas con períodos de 14 seg establecidos para la Costa del Perú y traídas desde la profundidad de -80.00 m. M.L.W.S. hasta -13.00 m. para estos trabajos de refracción es recomendable usar el portulano de la bahía del Callao.

### 4.3.3 Refracción en aguas poco profundas

El diagrama de refracción de olas en aguas poco profundas se realiza a partir de -13.00 m. M.L.W.S., hasta la profundidad de -5.00 m, M.L.W.S. en el plano batimétrico levantado expreso para esta área, con lo cual se determina la dirección y el coeficiente de refracción. Por estudios anteriores se sabe que para las olas de dirección Sur se tienen coeficientes de refracción que varían de 0.68 a 0.79 y olas de dirección Sur Oeste coeficiente que varían de 0.79 a 1.12, todo lo cual nos indica que es un área desprotegida.

### 4.4 Condiciones oceanográficas y de transporte de fondo

El frente de olas incide sobre la playa con un ángulo del orden de los  $13^\circ$  y rompen en el tipo de derrame o "spilling" favorable para la práctica del deporte de la tabla.

Para fines del diseño de las obras complementarias de defensa pueden asumirse los valores siguientes, estos valores se han obtenido de observaciones preliminares in situ:

Altura de olas frente a la playa	$H = 1.85 \text{ m}$
Longitud de ola	$L = 75.00 \text{ m}$
Periodo de las olas	$T = 16.1 \text{ seg}$
Rumbo	$193^\circ \text{ NG}$

Longitud de olas en aguas profundas,  $H'o$ .

con las tablas de refracción de Wiegel y

$$H/L = 1.85/75 = 0.0247; \quad H/H'o = 1.173$$

$$H'o = 1.58 \text{ m}$$

Profundidad de agua para el rompimiento de olas:

$$P_b = H/0.78$$

$$P_b = 2.37 \text{ m}$$

El material que compone el lecho del mar entre la zona de rompimiento y la línea de playa, es la gravilla y los cantos rodados, aunque en las cercanías a los espigones se ha encontrado arena gruesa, aunque su origen parece ser de los rellenos, puesto que, en los rompeolas al sur, como el Regatas, Agua Dulce, etc. la arena es fina.

## CONCLUSIONES

Las dimensiones del enrocado y la sección de los muros, resultan de aplicar la fórmula siguiente:

$$W_r = (\gamma_r H^3) / ( [K(Sr-1)]^3 \cot^2 \alpha )$$

Donde:

$W_r$ , es el peso del enrocado en libras

$H$ , 6.56 pies, o altura de olas, asumiéndola de 2.00 m

$K$ , coeficiente igual a 3.2

$\alpha$ , Talud del enrocado de 2:1

$\gamma_r$ , Peso específico del enrocado 209.8 lb/ [pie] <sup>3</sup>

$W_t = 1.884$  libras = 856 kg

Peso al que le corresponden dimensiones de 0.75 m en un cubo equivalente, que son el promedio de las rocas colocadas.

La altura del muro de protección debe cubrir con un margen de seguridad la altura del corrimiento de la ola al romper en la playa, run up,  $R$ , que se calcula en función de la relación entre la altura y la longitud, de la ola ( $H/L$ ) y/o del ángulo de incidencia del tren de olas, que resulta de 4.25 m y por lo tanto puede asumirse que la altura de muros de 5.00 m, colocada, es la correcta.

Lámina 4.

Las observaciones posteriores nos han demostrado que las medidas adoptadas, en cuanto a defensa costera fueron las adecuadas, cabe destacar que estas medidas se tomaron considerando fundamentalmente el conocimiento de la actividad marina en esta zona por personal con mucha experiencia en la materia.

La descarga de desmonte limpio de construcción, permitida por la municipalidad de Magdalena en la zona, ha sido muy beneficiosa incluso actualmente se cuenta con una zona ganada al mar equivalente a varias veces la zona que había inicialmente lo cual vuelve a corroborar la eficiencia del trabajo realizado.

## RECOMENDACIONES

Continuar con la protección con enrocado iniciada entre los espigones E-2 y E-3 aunque con la sección tipo de la Lámina N2 04 y en los tramos señalados en principio en la presente evaluación; inicialmente; 150 m en el tramo E-1, E-2 y unos 300 m en el tramo E-2 y E-3

Para la completa protección del tramo, será preciso contar con valores obtenidos de nuevas mediciones que confirmen o afinen aquellos utilizados en la evaluación obtenidos de estudios anteriores. Entre estos valores deben obtenerse aquellos referidos a las olas como su altura, amplitud, periodo y orientación de embate sobre la playa; en el caso del material de transporte a lo largo del litoral y aquel que se encuentra en el tramo, confirmar su origen, dimensiones y cantidades que se depositan mediante observaciones fotográficas de vuelo alto.

Definir la zonificación del uso a darse al tramo por proteger, por ejemplo, como playa de veraneantes, como área de práctica de deportes, etc.

Estudiar la prolongación y forma de los espigones y la construcción de otro espigón intermedio entre E-2 y E-3

Debido a que la selección de las obras de protección del tramo estudiado es aparente para fines de recreación, el diseño de las defensas definitivas debe de ser el resultado de un estudio complementario y detallado el cual debe empezar por los estudios oceanográficos mencionados en este trabajo.

La protección con espigones puede según sus formas, contribuir a la formación de playas o a la práctica de deportes como la vela, la tabla, y por tal motivo se hace necesario contar con el relieve del lecho del mar aún por debajo del nivel mínimo del mar además de conocer mejor el mecanismo de movimiento y características hidrodinámicas del oleaje y del propio material del lecho del mar incluyendo su origen

Es beneficioso el aporte de desmonte limpio de construcción, recordemos que justo así se iniciaron las playas de la costa verde cuando se depositó en la costa verde el material producto de las excavaciones para la construcción del zanjón de la vía expresa.

Programar la extracción de los enrocados de revestimiento, y de espigones, una vez que la línea de playa se estabilizo para ir usando este material en futuros trabajos de defensa.

Antes de ejecutar una obra de defensa costera que interrumpa considerablemente el transporte litoral debe hacerse un estudio detallado, realizado por especialistas en la materia, ya que su ejecución podría impedir el reabastecimiento de transporte litoral hacia el norte.

Se recomienda que la Autoridad del Proyecto Costa Verde haga un intenso programa de difusión de conocimiento sobre los pocos estudios que existen sobre la defensa costera en la zona.

Sería interesante analizar la posibilidad de construir las defensas costeras con elementos prefabricados, lo cuales son recomendables por diversas razones, por ejemplo, facilidad constructiva, fácil extracción, mejor funcionalidad, etc.



## BIBLIOGRAFÍA

Berg, D. & Watts, G. (1967). *Variations in Groin Design*. Washington, D.C., U.S. Army Engineer Coastal Engineering Research Center, Dept. of the Army, Corps of Engineers.

Gyssels, P. (2014). *Optimización y diseño de estructuras de defensa costera de enrocado en el litoral argentino* (Tesis de Postgrado), Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Ramírez, A. (2017). *Procedimiento constructivo utilizando la tecnología de geotextiles para protección costera en Colán - Piura* (Tesis de Pregrado), Universidad de Piura, Piura, Perú.

Saldaña, L. (2017). *Diseño de un dique de escollera para protección de la vía costa verde tramo Callao* (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Sánchez, E. (2003). *Diseño de las obras de protección costera del malecón de La Libertad, provincia del Guayas* (Tesis de Pregrado), Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Wiegel, R. (1965). *Oceanographical a Engeneering*. London, England: Prentice Hall, Inc.

# ANEXOS

## **ANEXO I:**

# **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ENROCADO**

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ENROCADO

El enrocado a emplearse deberá componerse de roca fresca, sin fracturas, ni micro fracturas, y no deberá mostrar minerales alterables.

La cantera para su aprobación deberá cumplir con los requisitos sobre abrasión y durabilidad que se especifican a continuación.

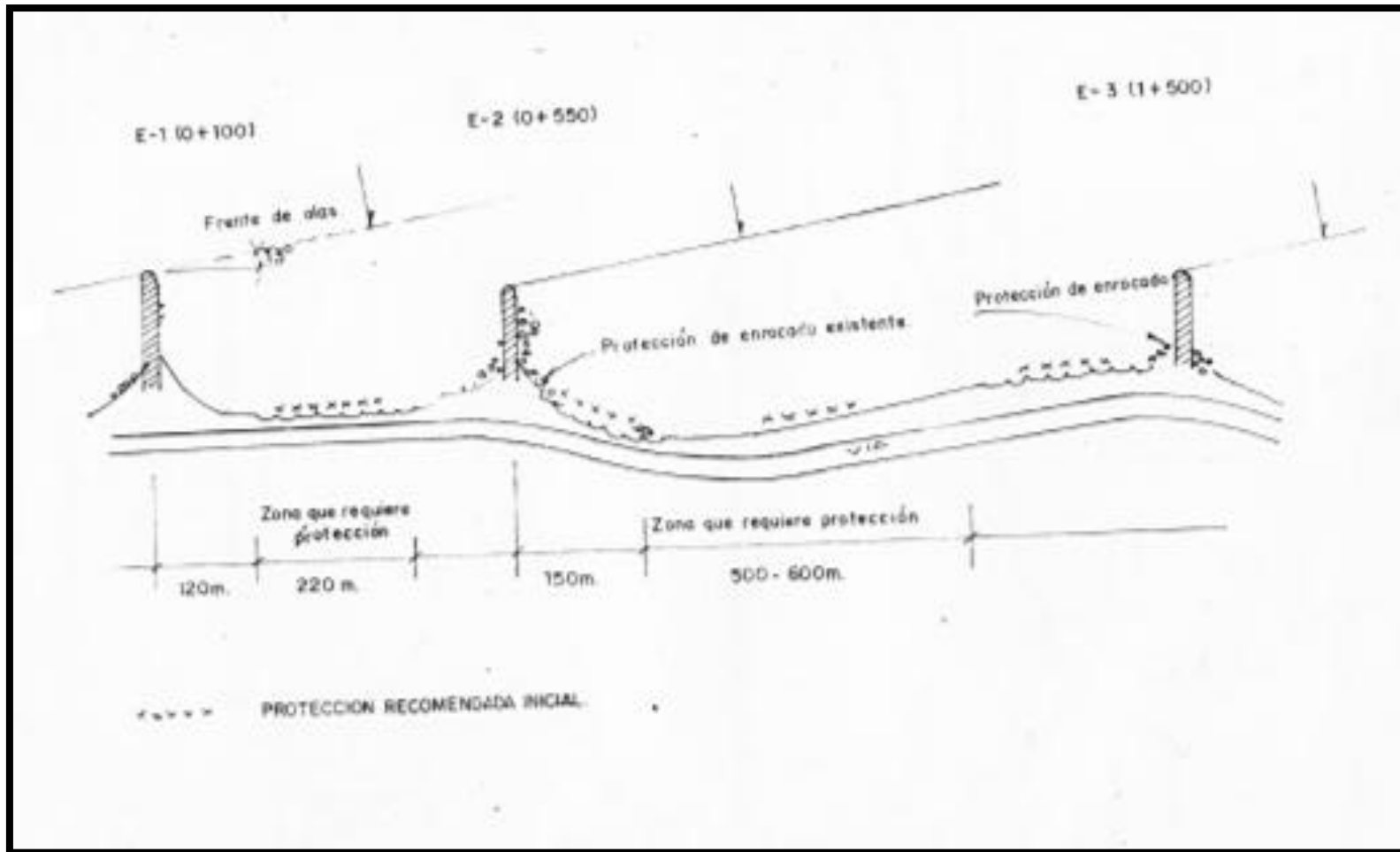
<u>Pruebas</u>	<u>Requisitos</u>	
1. Gravedad Específica	ASTM C127	
2. Abrasión	ASTM C 131-81	Pérdidas no mayores del 50%
3. Durabilidad	ASTM C - 88	Pérdidas no mayores del 10%

El enrocado deberá tener un diámetro medio de 0.75 m, una dimensión máxima de 1,50 m y la distribución siguiente:

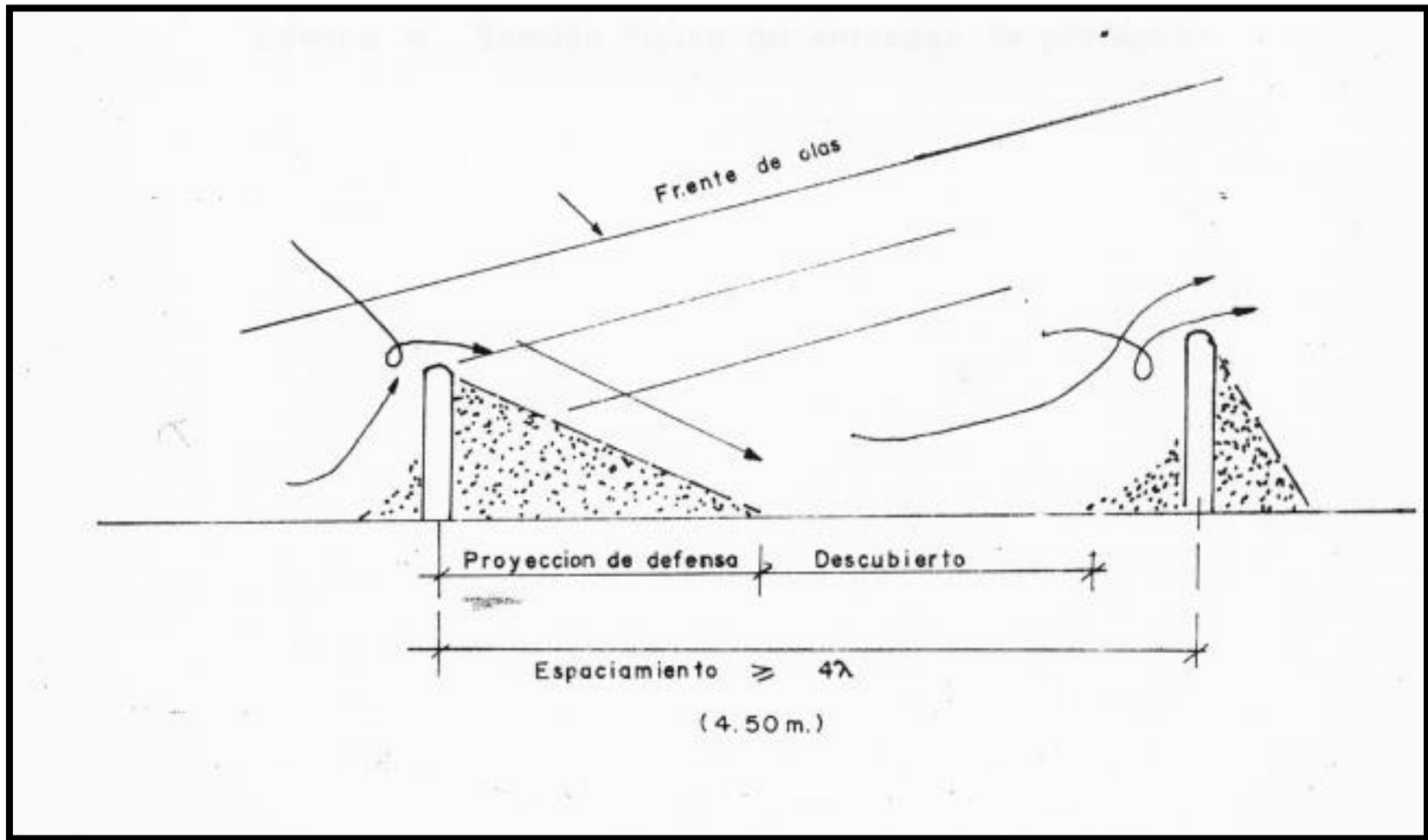
Más del 10%	1.00 -	1.50 (m)
20 - 40%	1.00 -	0.85
40 - 50%	0.85 -	0.75
menos del 10%	0.75 -	0.50

**ANEXO II:**

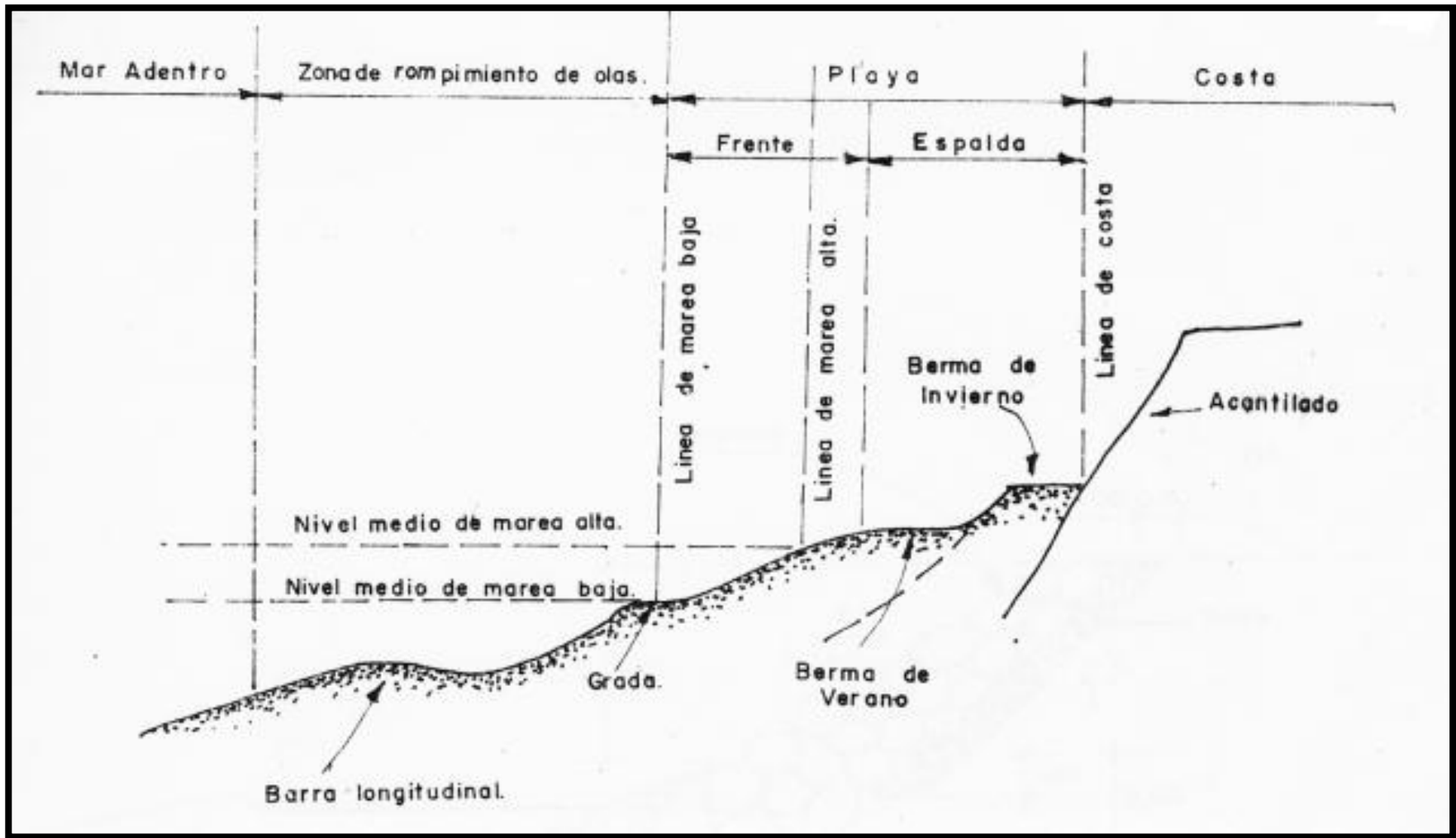
**PLANOS**



Ubicación de epigones, Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

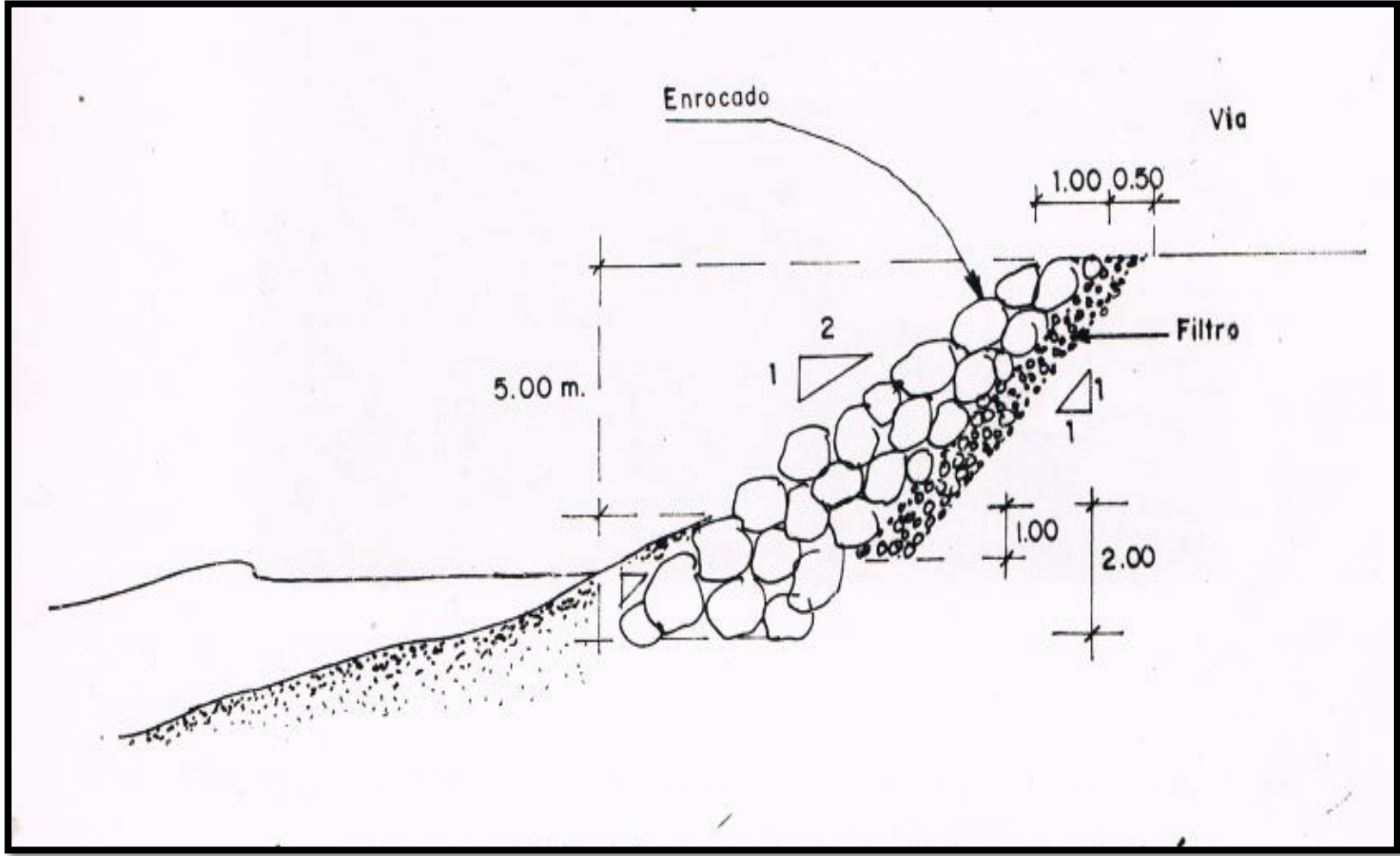


Interacción de oleaje, espigones y playa. Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



Nomenclatura típica en la playa, Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.





Sección típica de enrocado. Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

**ANEXO III:**

**FOTOS**



Foto 1: Espigón E1. Fuente: Propia.



Foto 2: Playa refractada y en curva cerca al espigón E1. Fuente: Propia.





Foto 3: Tramo E1-E2, parte en curva y con erosiones semicirculares. Fuente: Propia.



Foto 4: Vista hacia el espigón E2 mostrando cusps. Fuente: Propia.





Foto 5: Tramo con talud 1:1 expuesto al embate de las olas. Fuente: Propia.



Foto 6: Movimiento del material en un cusp. Fuente: Propia.





Foto 7: Frente de ola. Fuente: Propia.



**Foto 8:** Protección con enrocado mayor y rocas menores desparramadas. Fuente: Propia.





Foto 9: Frente de olas tramo E2-E3. Fuente: Propia.



Foto 10: Revestimiento en el tramo E2-E3. Fuente: Propia.





Foto 11: Tramo E2-E3 visto desde el espigón E3. Fuente: Propia.



Foto 12: Olas reventando al pie del relleno erosionado, espigón E3. Fuente: Propia.



**Foto 13 (a):** Vista panorámica tramo E1-E2, desde Marbella. Fuente: Propia.





**Foto 13 (b): Vista Panorámica E2 – E3. Desde Marbella**